



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
15.06.2005 Patentblatt 2005/24

(51) Int Cl.7: **C25D 11/04**

(21) Anmeldenummer: **04026409.5**

(22) Anmeldetag: **06.11.2004**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR
HU IE IS IT LI LU MC NL PL PT RO SE SI SK TR**
Benannte Erstreckungsstaaten:
AL HR LT LV MK YU

(72) Erfinder:
• **Fledersbacher, Peter**
70619 Stuttgart (DE)
• **Schmidt, Erwin**
73666 Baltmannsweiler (DE)
• **Sumser, Siegfried**
70327 Stuttgart (DE)

(30) Priorität: **22.11.2003 DE 10354648**

(71) Anmelder: **DaimlerChrysler AG**
70567 Stuttgart (DE)

(54) **Verfahren zur Herstellung von beschichteten turbulent umströmten Leichtmetall-Bauteilen**

(57) Die Erfindung betrifft die Beschichtung eines Rohlings aus einem Leichtmetall-Basiswerkstoff und die Herstellung von turbulent umströmten Leichtmetall-Bauteilen aus diesem Rohling. Die Beschichtung wird mittels anodischer Oxidation durchgeführt. Es wird eine Oxidkeramik Schicht auf dem Rohling abgeschieden, wobei der Rohling über die Beschichtung auf Druck vor-

gespannt wird. Zur Herstellung von turbulent umströmten Leichtmetall-Bauteilen, insbesondere ATL-Verdichterräder, wird der Rohling, bestehend aus Basiskörper und Beschaukelung, aus einem Leichtmetall-Basiswerkstoff gefertigt, vorbearbeitet und/oder Teilbereiche endbearbeitet. Anschließend wird der bearbeitete Rohling mit einer oxidkeramischen Schicht beschichtet.

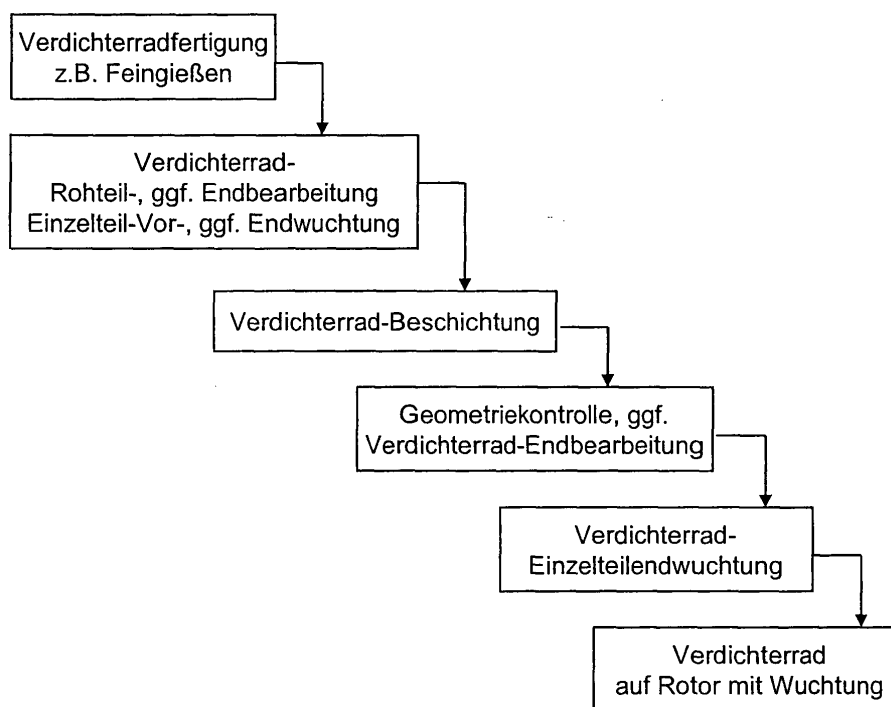


Fig. 3

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Beschichtung von Leichtmetall-Rohlingen und die Herstellung von turbulent umströmten Leichtmetall-Bauteilen aus diesem Rohling nach dem Oberbegriff der Hauptansprüche 1 und 6.

[0002] Turbulent umströmte Leichtmetall-Bauteile finden Verwendung als verschleißfeste und hochtemperaturfeste Komponenten im Maschinen-, Apparate-, Motoren- und Turbinenbau, insbesondere bei PKW- und Nutzfahrzeug- Motoren mit Abgasturboladern (ATL). Beispielsweise werden Verdichterräder von Abgasturboladern derzeit aus Aluminium-Standardlegierungen mittels Feinguss-Fertigungsverfahren hergestellt. Der Hauptentwicklungstrend der Turbomotoren geht zu einer weiteren Steigerung der Aufladegrade bzw. zu wachsenden Umlaufgeschwindigkeiten der ATL-Verdichterräder. Dies führt jedoch dazu, dass die Festigkeitsgrenzwerte betreffend Fliehkraft- und Schwingungsbeanspruchungen bei ATL (Abgasturbolader) -Verdichtungsradern mit kostengünstigen Aluminium-Standardlegierungen mittlererweile erreicht werden. Um die erhöhten Beanspruchungen der ATL-Verdichterräder zu bewältigen, ist z.B. ein Werkstoffwechsel zu Titan möglich. Jedoch führt die Herstellung von ATL-Verdichterrädern aus Titan mittels NC-Fräsung zu einer Kostenverdopplung des Abgasturboladers. Es ist deshalb kostengünstiger das Feinguss-Fertigungsverfahren für die Rohlinge des Verdichterrades aus Aluminium-Standardlegierungen beizubehalten und geeignete Beschichtungswerkstoffe für die Rohlinge der ATL-Verdichterräder zu suchen.

[0003] Ein Verfahren zur Herstellung von Metallkeramik-Verbundwerkstoffen bei dem ein oxidhaltiger Vorkörper mit flüssigem Aluminium oder einer Aluminiumlegierung derart umgesetzt wird, dass ein Al_2O_3 und Aluminid (z.B. TiAl) enthaltender Werkstoff hergestellt wird, ist in der DE 196 05 858 A1 beschrieben. Der Vorkörper ist ein Grünkörper oder ein vorgesinterter bzw. plasmagespritzter Precursor. Der Grünkörper oder Precursor ist beispielsweise schichtförmig auf einem Grundkörper aufgebaut. Anschließend wird der Grünkörper oder Precursor so lange in flüssiges Aluminium oder in eine flüssige Aluminiumlegierung eingetaucht bis er entweder vollständig oder nur im Oberflächenbereich zumindest teilweise in Al_2O_3 und Aluminide umgewandelt ist. Dabei wird der Vorkörper unter Vakuum, Normaldruck oder Gasdruck mit flüssigem Aluminium oder einer flüssigen Aluminiumlegierung infiltriert. Durch eine Nachbehandlung in z.B. einer erhitzten, sauerstoffhaltigen Atmosphäre wird eine reichere Al_2O_3 -Deckschicht gebildet. Der Formkörper wird als verschleißfeste und hochtemperaturfeste Komponente u. a. im Turbinen- und Motorenbau verwendet.

[0004] Ein Verfahren zur Herstellung von Oxidkeramik-Fluorpolymer-Schichten auf Leichtmetall-Bauteilen aus z.B. Aluminium ist in der DE 42 39 391 A1 angege-

ben. Die Leichtmetall-Bauteile sind u.a. Rotoren von Pumpen mit hohen Drehzahlen z.B. für Turbolader. Mittels der anodischen Oxidation unter Funkentladung wird eine Oxidkeramik-Polymerschicht auf die Leichtmetall-Bauteile aus z.B. Aluminium aufgebracht. Die Oxidkeramik Schichten besitzen Schichtdicken zwischen 40 bis 150 μm .

[0005] Aus der DE 41 39 006 C2 ist ein Verfahren zur Erzeugung von Oxidkeramiksichten auf Sperrschicht bildenden Metallen oder deren Legierungen durch anodische Oxidation unter Funkentladung beschrieben. Mit dem Verfahren werden Gegenstände aus Aluminium, Magnesium, Titan oder deren Legierungen mit einer Oxidkeramiksicht bis zu 100 μm Dicke hergestellt.

[0006] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zur Beschichtung von einem Leichtmetall-Rohling und ein Verfahren zur Herstellung von turbulent umströmten Leichtmetall-Bauteilen aus diesem Rohling anzugeben, mit dem verschleißfeste und hochtemperaturfeste Komponenten für turbulent umströmte Leichtmetall-Bauteile kostengünstig herstellbar sind.

[0007] Die Aufgabe wird erfindungsgemäß durch die Merkmale der Hauptansprüche gelöst. Die Beschichtung eines Rohlings aus einem Leichtmetall-Basiswerkstoff wird mittels anodischer Oxidation durchgeführt und es wird eine Oxidkeramik Schicht auf dem Rohling abgeschieden, wobei der Rohling über die Beschichtung auf Druck vorgespannt wird. Zur Herstellung von turbulent umströmten Leichtmetall-Bauteilen, insbesondere ATL-Verdichterräder wird der Rohling bestehend aus Basiskörper und Beschaukelung aus einem Leichtmetall-Basiswerkstoff gefertigt, vorbearbeitet und/oder Teilbereiche endbearbeitet. Anschließend wird auf dem bearbeiteten Rohling eine Oxidkeramische Schicht erzeugt.

[0008] Günstige Ausgestaltungen und Vorteile der Erfindung sind der Beschreibung sowie den weiteren Ansprüchen zu entnehmen.

[0009] Durch die Beschichtung des Rohlings mit einer oxidkeramischen Schicht wird die Beständigkeit des Materials gegenüber Fliehkraft- und Schwingungsbelastung erhöht.

[0010] Des Weiteren ist von Vorteil, dass das kostengünstige Feinguss-Fertigungsverfahren für die Rohlinge aus Aluminium-Standardlegierungen beibehalten werden kann.

[0011] Durch die Vorspannung von Basiskörper und Beschaukelung mittels der Beschichtung erfahren die spannungskritischen Bereiche, z.B. die Bohrungen, im Bereich des Verdichterradrückens bei hohen Drehzahlen des Turboladers geringere Zugspannungen.

[0012] Ein weiterer Vorteil besteht darin, dass der duktile Aluminium-Radkörper des Verdichters durch den stark gesteigerten Wärmedurchgangswiderstand der Oxidkeramik Schicht vor starken Temperaturschwankungen geschützt wird. Dadurch werden die spannungskritischen Stellen im Bohrbereich des Rohlings bei nicht stationären Vorgängen geringeren

Werkstofftemperaturen ausgesetzt.

[0013] Für die Beschichtung werden die Chargen der bearbeiteten Rohlinge anodenseitig in symmetrischer Anordnung zusammengestellt und im Säurebad mit einer geeigneten Kathode dem Oxidationsprozess unterzogen. Dabei wird über die gewählten Prozessparameter das zeitliche Schichtwachstum derart geregelt, dass unterschiedliche Schichtdicken für bestimmte Teile der jeweiligen Rohlinge erzeugt werden. Die Schichtdicken der einzelnen Rohlinge werden während der Beschichtung simultan gemessen, um die zu realisierenden unterschiedlichen Schichtdicken der Beschichtung des Rohlings herzustellen.

[0014] Durch die unterschiedlichen Schichtdicken für bestimmte Teile des Rohlings werden die Schwingungsbeanspruchung und die Belastung durch den so genannten Low Cycle Fatigue im Außenkonturbereich der Schaufel vermindert.

[0015] Im Folgenden wird die Erfindung anhand eines in der Zeichnung beschriebenen Ausführungsbeispiels näher erläutert.

[0016] Dabei zeigen:

Fig. 1 die Beschichtung der Chargen der vorbereiteten Rohlinge im Säurebad,

Fig. 2 ein beschichtetes Verdichterrad, und

Fig. 3 den Verfahrensablauf zur Herstellung der Verdichterräder

[0017] In Fig. 1 ist ein Gleichstrom Kathoden Säurebad dargestellt. Die Kathode 1 besteht z.B. aus Graphit. Um die Rohlinge der Verdichterräder, bestehend aus einem Basiskörper und der Beschaukelung, durch anodische Oxidation mit einer Al_2O_3 -Schicht zu beschichten, werden die Rohlinge der Verdichterräder 2 als Anode 3 in ein Säurebad 4 eingetaucht. Es erfolgt eine symmetrische Oberflächenbeschichtung der zu beschichtenden Charge der Verdichterräder. Die über den Stromfluss entstehenden Aluminium-Ionen verbinden sich dabei mit den aus dem Säurebad angezogenen Sauerstoff (O)-Ionen zu der gewünschten oxidkeramischen Al_2O_3 -Schicht. Die Schichtdicke der Al_2O_3 -Schicht wird teilweise etwa zur Hälfte durch Eindiffusion der Sauerstoffionen in den Rohling und zur anderen Hälfte als Auftragsschicht auf der Oberfläche des Rohlings erzeugt. Es wird eine Gesamtschichtdicke aus Al_2O_3 von beispielsweise mehr als 0,2 mm abgeschieden.

[0018] Durch die Beschichtung werden der Basiskörper und die Beschaukelung auf Druck derart vorgespannt, dass die spannungskritischen Bereiche des Verdichters bei hohen Drehzahlen geringeren Zugspannungen ausgesetzt werden. Gemäß Fig. 2 wird die Schichtdicke der Al_2O_3 -Schicht bezogen auf die Gesamtdicke der Schaufel 8 dabei im Außenkonturbereich 7, insbesondere im Austrittsbereich 5 der Schaufel mit über 30% der Gesamtschaufeldicke und im eintrittssei-

tigen Nabenkonturbereich 6 der Schaufel mit über 10% der Gesamtschaufeldicke abgeschieden.

[0019] In Fig.3 ist der Verfahrensablauf zur Herstellung der Verdichterräder dargestellt. In einem ersten Verfahrensschritt werden der Basiskörper und die Beschaukelung des Rohlings beispielsweise aus einer Standard-Aluminiumlegierung mit einem Feinguss-Fertigungsverfahren hergestellt. Anschließend werden z.B. folgende Bearbeitungsschritte an den gegossenen Rädern des Rohlings durchgeführt:

- Herstellung der Bohrungen im Radrücken
- Vorwuchten der Räder
- Drehbearbeitung der Radrückwand
- Schleifen der Schaufelkonturen.

[0020] Dabei können beispielsweise entweder Teilbereiche oder auch das gesamte Verdichterrad bereits einer Endbearbeitung mit einer Wuchtung der Einzelteile unterzogen werden. In den meisten Fällen wird jedoch die Vorbearbeitung der Rohling auf eine Teilbearbeitung und Vorwuchtung beschränkt.

[0021] Bei der Bearbeitung des Rohlings des Verdichterrades wird der Oberflächenauftrag der nachfolgenden Beschichtung durch Geometrie Anpassung berücksichtigt. Beispielsweise werden dünnere Schaufel- und Nabenkörperkonturen hergestellt.

[0022] Für die Beschichtung werden in einem weiteren Verfahrensschritt die Chargen der bearbeiteten Rohlinge anodenseitig in symmetrischer Anordnung zusammengestellt und im Säurebad mit einer z.B. einer Graphit - Kathode dem Oxidationsprozess unterzogen. Über die gewählten Prozessparameter wird das zeitliche Schichtwachstum derart geregelt, dass unterschiedliche Schichtdicken für bestimmte Teile der jeweiligen Rohlinge erzeugt werden. Die Schichtdicken der einzelnen Rohlinge werden während der Beschichtung simultan gemessen, um die zu realisierenden unterschiedlichen Schichtdicken der Beschichtung des Rohlings herzustellen.

[0023] Nach der Beschichtung wird eine Geometrie-kontrolle durchgeführt.

[0024] Anschließend wird für die Verfahrensabläufe, bei denen lediglich eine Teilbearbeitung und Vorwuchtung vor der Beschichtung erfolgte, eine Endbearbeitung des Rohlings und die End-Einzelteilwuchtung durchgeführt.

[0025] Das gefertigte Verdichterrad wird dann z.B. im Rotorbau des Turboladers und für die Gesamtwuchtung des Verdichter- und Turbinenrades im Verband verwendet.

[0026] Die Erfindung ist nicht auf das angegebene Ausführungsbeispiel beschränkt. Insbesondere sind die beschichteten Leichtmetall-Bauteile als verschleißfeste und hochtemperaturfeste Komponenten im Maschinen-, Apparate- und sonstigem Turbinenbau verwendbar.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Beschichtung eines Rohlings aus einem Leichtmetall-Basiswerkstoff,
dadurch gekennzeichnet,
dass auf dem Rohling mittels anodischer Oxidation eine Oxidkeramik Schicht erzeugt wird, und dass der Rohling über die Beschichtung auf Druck vorgespannt wird. 5
2. Verfahren nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet,
dass der Rohling mittels Feinguss-Fertigungsverfahren aus Aluminiumlegierungen hergestellt wird, und dass mittels anodischer Oxidation eine Al_2O_3 -Schicht auf dem Rohling erzeugt wird. 10
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Schichtdicke der Al_2O_3 -Schicht teilweise durch Eindiffusion von O-Ionen in den Rohling und teilweise als Auftrag von O-Ionen auf der Oberfläche des Rohlings erzeugt wird. 15
4. Verfahren nach zumindest einem der vorangegangenen Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass über die gewählten Prozessparameter das zeitliche Schichtwachstum derart geregelt wird, dass unterschiedliche Schichtdicken für bestimmte Teile des Rohlings erzeugt werden. 20
5. Verfahren nach zumindest einem der vorangegangenen Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Schichtdicken des Rohlings während der Beschichtung simultan gemessen werden, um die zu realisierenden unterschiedlichen Schichtdicken der Beschichtung des Rohlings herzustellen. 25
6. Verfahren zur Herstellung von turbulent umströmten Bauteilen aus einem Rohling aus einem Leichtmetall-Basiswerkstoff,
dadurch gekennzeichnet,
dass der Rohling mit einem herkömmlichen Fertigungsverfahren hergestellt wird, dass der Rohling vorbearbeitet und/oder Teilbereiche endbearbeitet werden, und dass anschließend auf dem bearbeiteten Rohling eine oxidkeramische Schicht erzeugt wird. 30
7. Verfahren nach Anspruch 6,
dadurch gekennzeichnet,
dass ein Verfahren gemäß den Ansprüchen 1 bis 5 zur Beschichtung des Rohlings verwendet wird. 35
8. Verfahren nach zumindest einem der vorangegangenen Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass für die Beschichtung die Chargen der bearbeiteten Rohlinge anodenseitig in symmetrischer Anordnung zusammengestellt und im Säurebad mit einer geeigneten Kathode dem Oxidationsprozess unterzogen werden, dass über die gewählten Prozessparameter das zeitliche Schichtwachstum derart geregelt wird, dass unterschiedliche Schichtdicken für bestimmte Teile der jeweiligen Rohlinge erzeugt werden, und dass die Schichtdicken der einzelnen Rohlinge während der Beschichtung simultan gemessen werden, um die zu realisierenden unterschiedlichen Schichtdicken der Beschichtung des Rohlings herzustellen. 40
9. Verfahren nach zumindest einem der vorangegangenen Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass für den anodischen Oxidationsprozess eine Kathode aus Graphit eingesetzt wird. 45
10. Verfahren nach zumindest einem der vorangegangenen Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass nach der Beschichtung eine Geometriekontrolle durchgeführt wird, und dass anschließend eine Endbearbeitung des Rohlings erfolgt. 50
11. Verfahren nach zumindest einem der vorangegangenen Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass der Rohling aus einem Basiskörper mit Beschaukelung hergestellt wird. 55
12. Verfahren nach zumindest einem der vorangegangenen Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass der Basiskörper mit Beschaukelung für den Rotorbau eines Turboladers als Verdichter verwendet wird.
13. Verfahren nach zumindest einem der vorangegangenen Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass der Basiskörper und die Beschaukelung aus einer Standard-Aluminiumlegierung mit einem Feinguss-Fertigungsverfahren hergestellt werden.
14. Verfahren nach zumindest einem der vorangegangenen Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass der Basiskörper und die Beschaukelung des Verdichters durch anodische Oxidation mit einer Al_2O_3 -Schicht beschichtet werden.
15. Verfahren nach zumindest einem der vorangegangenen Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,

dass der Basiskörper und die Beschau felung mit-
tels der Beschichtung auf Druck derart vorgespannt
werden, dass die spannungskritischen Bereiche
des Verdichters bei hohen Drehzahlen geringeren
Zugspannungen ausgesetzt werden.

5

16. Verfahren nach zumindest einem der vorangegan-
genen Ansprüche,

dadurch gekennzeichnet,

dass die Schichtdicke der Al_2O_3 -Schicht bezogen
auf die Schaufeldicke im Außenkonturbereich ins-
besondere im Austrittsbereich der Schaufel mit
über 30% der Gesamtschaufeldicke abgeschieden
wird.

10
15

17. Verfahren nach zumindest einem der vorangegan-
genen Ansprüche,

dadurch gekennzeichnet,

dass die Schichtdicke der Al_2O_3 -Schicht bezogen
auf die Schaufeldicke im eintrittsseitigen Naben-
konturbereich der Schaufel mit über 10% der Ge-
samtschaufeldicke abgeschieden wird.

20

18. Verfahren nach zumindest einem der vorangegan-
genen Ansprüche,

25

dadurch gekennzeichnet,

dass bei der Bearbeitung des Rohlings des Ver-
dichterrades der Oberflächenauftrag der nachfol-
genden Beschichtung durch Geometrie anpassung
berücksichtigt wird.

30

19. Verfahren nach Anspruch 18,

dadurch gekennzeichnet,

dass dünnere Schaufel- und Nabenkörperkonturen
bei der Bearbeitung des Rohlings hergestellt wer-
den.

35

20. Verfahren nach zumindest einem der vorangegan-
genen Ansprüche,

dadurch gekennzeichnet,

40

dass eine Gesamtschichtdicke aus Al_2O_3 von mehr
als 0,2 mm abgeschieden wird.

21. Verfahren nach zumindest einem der vorangegan-
genen Ansprüche,

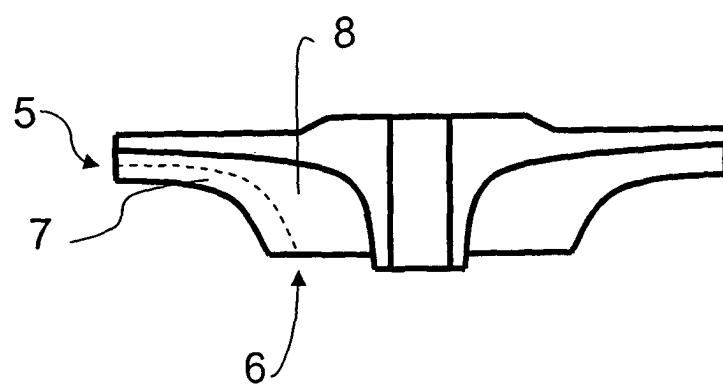
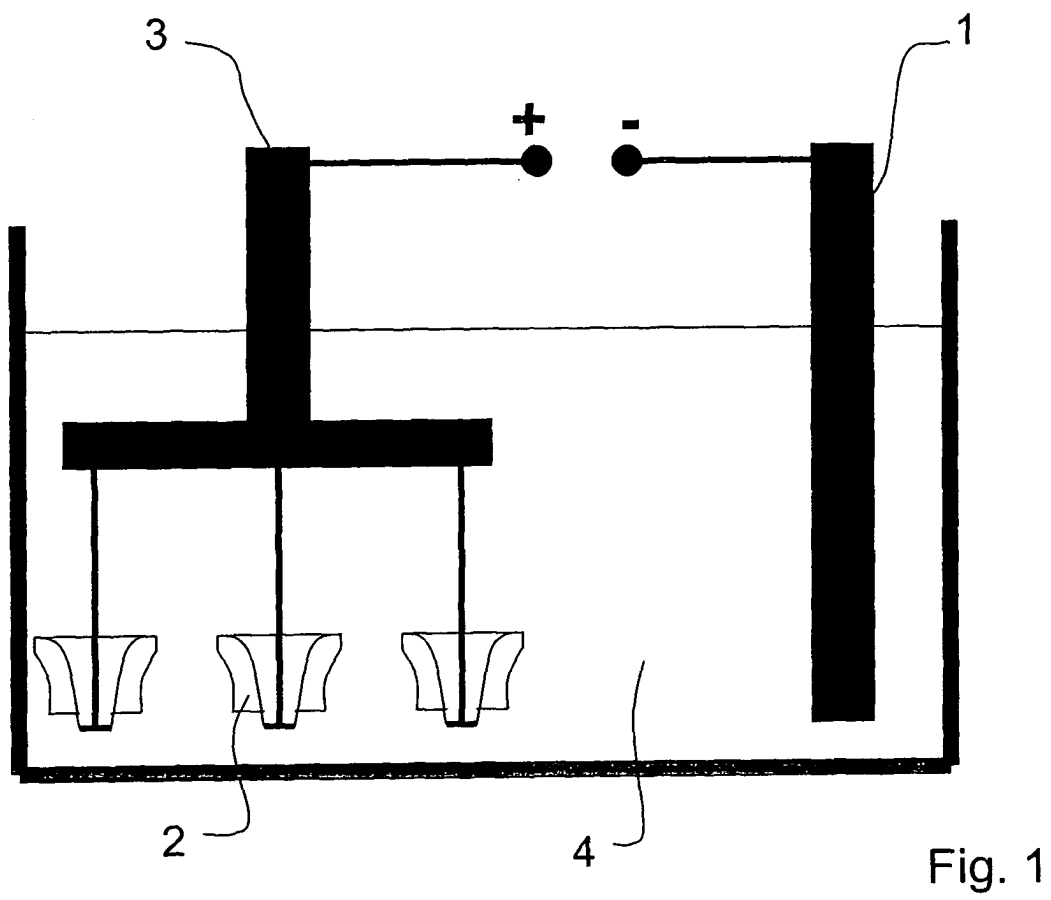
45

dadurch gekennzeichnet,

dass folgende Bearbeitungsschritte an den gegos-
senen Rädern des Rohlings durchgeführt werden:

- Herstellung der Bohrungen im Radrücken 50
- Vorwuchten der Räder
- Drehbearbeitung der Radrückwand
- Schleifen der Schaufelkonturen.

55



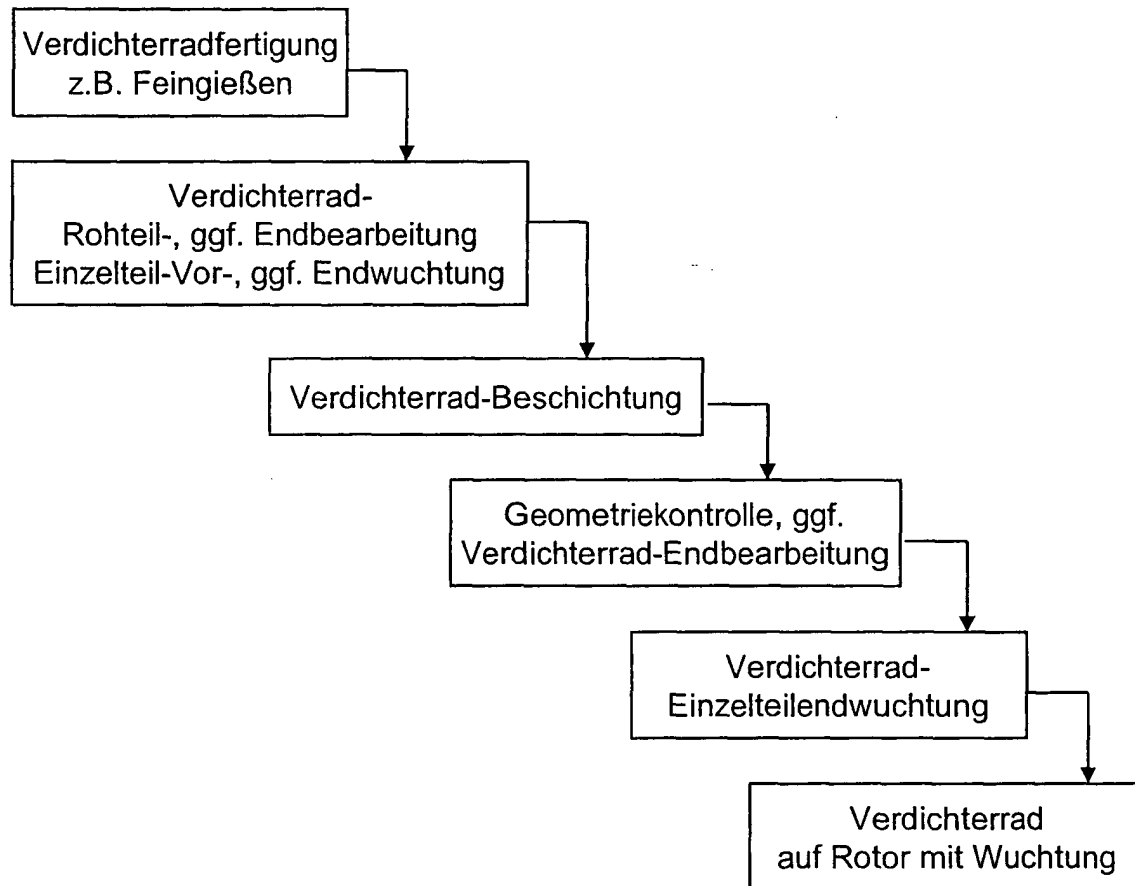


Fig. 3