

(19)



(11)

EP 1 870 204 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:

26.12.2007 Patentblatt 2007/52

(51) Int Cl.:

B24B 19/02 (2006.01)(21) Anmeldenummer: **07090112.9**(22) Anmeldetag: **13.06.2007**

(84) Benannte Vertragsstaaten:

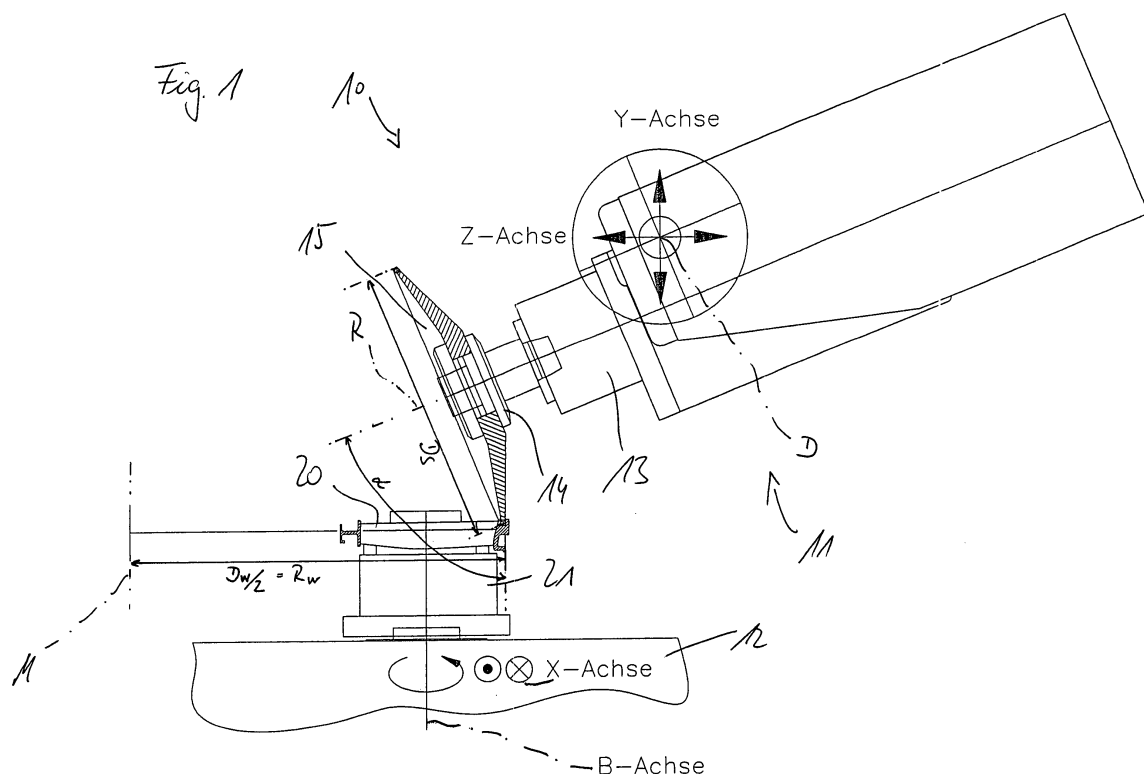
AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MT NL PL PT RO SE SI SK TR

Benannte Erstreckungsstaaten:

AL BA HR MK YU(71) Anmelder: **Blohm Maschinenbau GmbH**
21033 Hamburg (DE)(72) Erfinder: **Andresen, Dirk**
21035 Hamburg (DE)(74) Vertreter: **Wenzel & Kalkoff**
Grubes Allee 26
22143 Hamburg (DE)(30) Priorität: **22.06.2006 DE 102006029576**(54) **Verfahren und Vorrichtung zum automatisierten Herstellen und/oder Bearbeiten radialer Nuten in Werkstücken aus hochfesten Materialien**

(57) Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung (10) zum automatisierten Herstellen und/oder Bearbeiten radialer Nuten (19) in Werkstücken (20) aus hochfesten Materialien, im Wesentlichen umfassend eine Schleifeinheit (11) zum Schleifen der inneren und der äußeren Flanke (16 bzw. 17) sowie des Nutgrundes (18) der jeweiligen Nut (19), sowie einen Maschinentisch (12) mit Spannvorrichtung (21) für mindestens ein Werkstück (20), wobei die

Vorrichtung (10) mehrere Bewegungs- und/oder Schwenk- und/oder Drehachsen aufweist, die sich dadurch auszeichnen, dass die Schleifeinheit (11) eine einzige Schleifscheibe (15) zum gleichzeitigen Schleifen der inneren Flanke (16) und äußeren Flanke (17) sowie des Nutgrundes (18) der radialen Nut (19) umfasst. Des Weiteren betrifft die Erfindung ein entsprechendes Verfahren.

**EP 1 870 204 A1**

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zum automatisierten Herstellen und/oder Bearbeiten radialer Nuten in Werkstücken aus hochfesten Materialien, im Wesentlichen umfassend eine Schleifeinheit zum Schleifen der inneren und der äußeren Flanke sowie des Nutgrundes der jeweiligen Nut, sowie einen Maschinentisch mit Spannvorrichtung für mindestens ein Werkstück, wobei die Vorrichtung mehrere Bewegungs- und/oder Schwenk- und/oder Drehachsen aufweist.

[0002] Des Weiteren betrifft die Erfindung ein Verfahren zum automatisierten Herstellen und/oder Bearbeiten von radialen Nuten in Werkstücken aus hochfesten Materialien, umfassend die Schritte: Ausnehmen des Nutgrundes, Schleifen der inneren Flanke der radialen Nut, Schleifen der äußeren Flanke der radialen Nut, wobei während des Schleifens der Flanken der Nutgrund ebenfalls geschliffen wird.

[0003] Derartige Vorrichtungen und Verfahren kommen im Maschinenbau, insbesondere in der Luftfahrttechnik zum Einsatz. Beispielsweise ist es für die Herstellung von Turbinenleitschaufeln oder anderen Präzisionsteilen erforderlich, radial umlaufende Nuten und andere radial ausgerichtete Nuten zu fertigen bzw. zu bearbeiten. Am Beispiel der Turbinenleitschaufeln bedeutet dies, dass die Nuten bzw. deren Flanken, also die Innenflanke und die Außenflanke, im Wesentlichen parallel zur Mittel- bzw. Drehachse der Turbinenleitschaufel und im Wesentlichen senkrecht zum Nutgrund verlaufen.

[0004] Es ist bekannt, solche Nuten durch Fräsen oder durch Erodieren herzustellen oder zu bearbeiten. Diese Verfahren und die entsprechenden Vorrichtungen weisen allerdings mehrere Nachteile auf. Zum einen ist insbesondere das Erodiervorgang sehr langwierig und damit teuer. Zum anderen ist der Verschleiß der Werkzeuge bei der Bearbeitung von Werkstücken aus hochfesten Materialien, beispielsweise bei der Herstellung von Turbinenleitschaufeln, die aus Nickelbasislegierungen gefertigt sind, besonders hoch. Weiterhin sind die erforderlichen Präzisionsmaße nur mit erhöhtem Arbeitsaufwand zu erreichen, was wiederum die Herstellungskosten weiter steigert.

[0005] Es ist grundsätzlich weiterhin bekannt, radial gerichtete Nuten auch zu schleifen. Hierzu sind mehrere, üblicherweise mindestens zwei Schleifscheiben notwendig, um nach dem Ausnehmen des Nutgrundes in einem ersten Schleifschritt die Innenflanke der Nut, also die dem eigentlichen Mittelpunkt des Werkstückes näher liegende Flanke, mit der ersten Schleifscheibe zu schleifen und in einem zweiten Schleifschritt die Außenflanke der Nut, also die Flanke mit dem größeren Radius bezogen auf den Mittelpunkt des Werkstückes, mit der zweiten Schleifscheibe zu schleifen. Diese Schritte können nur nacheinander ausgeführt werden, was die eigentliche Bearbeitungszeit verlängert. Weiterhin ist das bekannte Verfahren in Bezug auf die Nuttiefe sehr begrenzt. Anders ausgedrückt sind mit diesem Verfahren und den ent-

sprechenden Vorrichtungen lediglich radiale Nuten mit einem Verhältnis von Nutbreite zu Nuttiefe von ca. 1:1 herzustellen bzw. zu bearbeiten.

[0006] Es ist daher Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine Vorrichtung zu schaffen, mittels der radiale Nuten in Werkstücken aus hochfesten Materialien schnell und präzise herstellbar bzw. bearbeitbar sind. Eine weitere Aufgabe besteht darin, ein entsprechendes Verfahren vorzuschlagen.

[0007] Diese Aufgabe wird durch eine Vorrichtung der eingangs genannten Art dadurch gelöst, dass die Schleifeinheit eine einzige Schleifscheibe zum gleichzeitigen Schleifen der inneren Flanke und äußeren Flanke sowie des Nutgrundes der radialen Nut umfasst. Dadurch sind zum einen die Bearbeitungsschritte und damit die Bearbeitungszeiten wesentlich reduziert. Zum anderen ist die Vorrichtung durch das Vorsehen einer einzigen Schleifscheibe für die Nutflanken und den Nutgrund insbesondere in Bezug auf das Verhältnis Nutbreite zu Nuttiefe universell einsetzbar. Durch die erfindungsgemäße Vorrichtung sind nämlich radiale Nuten mit einem Verhältnis Nutbreite zu Nuttiefe von 1:1 und kleiner, also z.B. 1:1,5 oder 1:2 und kleiner herstellbar.

[0008] Vorzugsweise ist der Anstellwinkel zwischen der Schleifscheibe und dem Werkstück einstellbar. Durch diese Ausbildung ist es möglich, die Schleifscheibe auch bei sich ändernden Randbedingungen, wie z.B. Veränderung der Geometrie der Schleifscheibe durch Verschleiß oder dergleichen, stets in der optimalen Schleifposition zu halten, so dass die gewünschte bzw. erforderliche Geometrie der Nut mit senkrechten Flanken beim Schleifen eingehalten werden kann. Mit anderen Worten können dadurch Konturverletzungen der Nut vermieden werden.

[0009] In einer bevorzugten Weiterbildung der Erfindung besteht die Schleifscheibe aus einem Grundkörper und einem Schleifbereich, wobei mindestens der Schleifbereich aus einem abrichtbaren Material gebildet ist. Durch die gegebene Nutzbarkeit der Belagstärke der Schleifscheibe wird eine höhere Standzeit gegenüber herkömmlichen Schleifscheiben erreicht. Des Weiteren ist der Herstell- bzw. Fertigungsprozess kalkulierbar, da der Prozess nach vollständiger Abnutzung des Belages sicher und definiert abgeschlossen werden kann.

[0010] Vorteilhafterweise besteht mindestens der Schleifbereich der Schleifscheibe aus keramisch gebundenem, kubischen Bornitrid. Gegenüber herkömmlichen Schleifscheiben mit einschichtigen Schleifbereichen, auch aus galvanisch gebundenem, kubischen Bornitrid, ist die Teileausbringung aufgrund des geringeren Verschleißes und der damit verbundenen geringeren Werkzeugkosten verbessert.

[0011] Die Aufgabe wird auch durch ein Verfahren mit den eingangs genannten Schritten dadurch gelöst, dass die innere Flanke und die äußere Flanke sowie der Nutgrund mittels einer einzigen Schleifscheibe gleichzeitig geschliffen werden. Die sich daraus ergebenden Vorteile wurden bereits weiter oben in Bezug auf die korrespon-

dierende Vorrichtung erläutert. Dieselben Vorteile ergeben sich auch durch das erfindungsgemäße Verfahren.

[0012] Weitere bevorzugte Merkmale und Ausführungsformen der Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen und der Beschreibung. Die Vorrichtung sowie das Verfahrensprinzip werden anhand der beigefügten Zeichnung näher erläutert. In der Zeichnung zeigt:

Fig. 1 eine Seitenansicht von wesentlichen Elementen der erfindungsgemäßen Vorrichtung mit einer Schleifscheibe in Eingriff mit einem Werkstück,

Fig. 2 eine schematische Darstellung einer Schleifscheibe während des Schleifprozesses einer radialen Nut in einem Segment einer Turbinenleitschaufel,

Fig. 3 eine schematische Darstellung gemäß Figur 2 in einem anderen Verfahrensstadium,

Fig. 4 eine vergrößerte Darstellung des Schleifbereiches einer Schleifscheibe innerhalb der radialen Nut,

Fig. 5 die Darstellung gemäß Figur 4 mit einem mehrfach abgerichteten Schleifbereich, und

Fig. 6 die Schleifscheibe während des Abrichtprozesses.

[0013] Die gezeigte Vorrichtung dient zum automatisierten Herstellen und/oder Bearbeiten radialer Nuten in Werkstücken aus hochfesten Materialien. Als hochfeste Werkstoffe werden insbesondere Materialien auf Nickelbasislegierungen angesehen. Es können jedoch auch Werkstücke aus anderen hochfesten Materialien, wie z.B. andere Metalllegierungen oder dergleichen bearbeitet werden. Insbesondere dienen die Vorrichtung und das entsprechende Verfahren jedoch zum Schleifen von radialen Nuten in Turbinenleitschaufeln aus Nickelbasislegierungen.

[0014] In der Figur 1 ist eine Vorrichtung 10 gezeigt, die im Wesentlichen eine Schleifeinheit 11 sowie einen Maschinentisch 12 aufweist. Die Schleifeinheit 11 umfasst eine Schleifspindel 13, einen Schleifscheibenflansch 14 sowie eine einzige, tellerförmige Schleifscheibe 15. Diese Schleifscheibe 15 ist derart ausgebildet und angeordnet, dass das gleichzeitige Schleifen der inneren Flanke 16 und äußeren Flanke 17 sowie des Nutgrundes 18 einer radialen Nut 19 in einem Werkstück 20 sichergestellt ist. Der Schleifscheibenflansch 14 ist lösbar an der Schleifspindel 13 angeordnet. Die Schleifscheibe 15 wiederum ist lösbar auf den Schleifscheibenflansch 14 gezogen.

[0015] Der Maschinentisch 12 weist eine Spannvorrichtung 21 für mindestens ein Werkstück 20 auf. Die Vorrichtung 10 bzw. die Schleifeinheit 11 einerseits und

der Maschinentisch 12 andererseits weisen mehrere Bewegungs- und/oder Schwenk- und/oder Drehachsen auf. Die Anzahl der Achsen, entlang der bzw. um die Bewegungen möglich sind, beträgt neben der Rotationsachse R der Schleifscheibe 15 mindestens vier. Vorzugsweise weist die Vorrichtung neben der Rotationsachse R der Schleifscheibe 15 fünf Bewegungs- und/oder Schwenk- und/oder Drehachsen zur Veränderung der Position der Schleifscheibe 15 relativ zum Werkstück 20 auf. Mindestens einzelne der Bewegungs- und/oder Schwenk- und/oder Drehachsen können wahlweise dem Maschinentisch 12 oder der Schleifeinheit 11 zugeordnet sein. Dies betrifft insbesondere die Achse zur Einstellung eines Anstellwinkels α zwischen der Schleifscheibe 15 und dem in der Spannvorrichtung 21 eingespannten und zu bearbeitenden Werkstück 20. In der gezeigten Ausführungsform ist der Anstellwinkel α durch Schwenken der Schleifspindel 13 um eine Drehachse D einstellbar bzw. veränderbar. Alternativ könnte der Anstellwinkel α bei einer feststehenden Schleifspindel 13 auch um eine Drehachse, die dem Maschinentisch 12 bzw. der Spannvorrichtung 21 zugeordnet ist, einstellbar sein.

[0016] Neben der Drehachse D zum Schwenken der Schleifspindel 13 ist die Schleifspindel 13 entlang zweier Achsen linear bewegbar, nämlich entlang der Y-Achse und der Z-Achse. Dabei dient die Y-Achse als Zustellachse zur Bestimmung der Nuttiefe der Nut 19. Die Z-Achse dient dabei während des Schleifens zum Nachbilden des Nutverlaufes. Das oder jedes Werkstück 20 ist in der beschriebenen Ausführungsform um eine Drehachse B des Maschinentisches 12 bzw. der Spannvorrichtung 21 drehbar sowie entlang einer Achse, nämlich der X-Achse, linear bewegbar. Wie bereits angesprochen, kann das Werkstück 20 mittels üblicher (nicht gezeigter) Spannvorrichtungen um weitere Dreh- und/oder Schwenkachsen bewegbar sein.

[0017] Die bevorzugt eingesetzte Schleifscheibe 15 besteht aus einem Grundkörper 22 und einem Schleifbereich 23. Der Schleifbereich 23 ist aus mindestens einer Schleifschicht (dem Schleifbelag) gebildet, wobei der Schleifbereich 23 bzw. die oder jede Schleifschicht aus unterschiedlichen Schleifmaterialien gebildet sein kann. Rein beispielhaft sind z.B. galvanisch gebundenes, einschichtiges kubisches Bornitrid sowie besonders vorteilhaft keramisch gebundenes, mehrschichtiges kubisches Bornitrid für den Schleifbereich 23 genannt. Das kubische Bornitrid (im Folgenden als CBN bezeichnet) in der keramisch gebundenen Form ist ein abrichtbares Material. Das bedeutet, dass insbesondere durch das Schleifen verursachte Verschleißerscheinungen des Schleifbereiches 23 durch ein so genanntes Abrichtverfahren (hierzu weiter unten), also ein Abtragen der jeweils obersten Schicht bzw. Teilen derselben, behoben werden können, und zwar so lange bzw. so oft, bis die vorzugsweise mehrschichtige Belagstärke der Schleifscheibe 15 vollständig abgetragen ist.

[0018] Neben den üblichen (nicht dargestellten) Antrieben und Elementen, z.B. für die Rotation der Schleif-

scheibe 15, die automatische Funktion der Vorrichtung 10, das Austragen der Späne, die Kühlung der Schleifscheibe 15 etc. weist die Vorrichtung 10 des Weiteren eine Steuerung zur Anpassung des Anstellwinkels α zwischen der Schleifscheibe 15 und dem Werkstück 20 in Abhängigkeit der sich insbesondere durch Verschleiß- und/oder Abrichtprozesse ändernden Geometrie der Schleifscheibe 15 auf. Bezüglich der Geometrie ist insbesondere der Durchmesser der Schleifscheibe 15 von entscheidender Bedeutung, da sich der Anstellwinkel α nach der folgenden Gleichung ergibt:

$$\cos \alpha = D_s / D_w$$

mit

α = Anstellwinkel

D_s = Durchmesser Schleifscheibe

D_w = Durchmesser Werkstücknut = $2 \times R_w$ (Radius Werkstücknut)

[0019] Aus der Gleichung ergibt sich, dass eine Veränderung des Durchmessers der Schleifscheibe unmittelbar Einfluss auf den Anstellwinkel hat, der dann zur Beibehaltung der Nutkontur angepasst werden muss (hierzu weiter unten).

[0020] Wie bereits erwähnt, kann die Schleifscheibe 15 aus keramisch gebundenem CBN einem oder mehreren Abrichtprozessen unterzogen werden. Hierzu weist die Vorrichtung 10 eine Einrichtung 24 zum Abrichten der CBN-Schleifscheibe 15 auf. Die Einrichtung 24 kann Bestandteil der Vorrichtung 10 selbst sein oder als separate Einrichtung vorgesehen sein und u.a. ein universelles Diamantabrichtrad 25 zum bahngesteuerten Abrichten der Schleifscheibe 15 aufweisen. Eine weitere Möglichkeit besteht darin, dass die Einrichtung 24 eine Vollprofildiamantabrichtrolle oder dergleichen aufweist.

[0021] Wie eingangs erwähnt, ist die Vorrichtung 10 bzw. die Schleifscheibe 15 zum Schleifen radialer Nuten 19 in Turbinenleitschaufelringen aus Nickelbasislegierungen ausgebildet. In den Figuren 2 und 3 sind Teilstücke bzw. Segmente 26 solcher Turbinenleitschaufelringe schematisch dargestellt. Mehrere solcher Segmente 26 bilden einen kompletten Turbinenleitschaufelring. Der Turbinenleitschaufelring weist eine Rotations- bzw. Mittelachse M auf, von der aus der eigentliche Durchmesser D_w der Werkstücknut 19 gerechnet wird. Da jedoch einzelne Werkstücke 20 in der Spannvorrichtung 21 eingespannt sind, ist beim Schleifen die Drehung der Werkstücke 20 um die Drehachse B erforderlich, um den Durchmesser D_w nachbilden zu können. Für den möglichen Fall, dass mehrere Segmente 26 oder ein gesamter Turbinenleitschaufelring bei entsprechenden Platzverhältnissen innerhalb der Vorrichtung 10 in der Spannvorrichtung 21 eingespannt und geschliffen werden sollte,

könnte auf die Drehachse B verzichtet werden, wobei dann um die Mittelachse M gedreht werden müsste.

[0022] Das Segment 26 bzw. das Werkstück 20 weist eine radial gerichtete Nut 19 auf, wobei radial gerichtet in diesem Fall bedeutet, dass am Beispiel der Turbinenleitschaufeln die Nuten bzw. deren Flanken, also die Innenflanke 16 und die Außenflanke 17 im Wesentlichen parallel zur Mittelachse M der Turbinenleitschaufel und im Wesentlichen senkrecht zum Nutgrund 18 verlaufen. Diese Nutkontur führt demnach dazu, dass bei zu einer Turbinenleitschaufel zusammengesetzten Segmenten 26 eine kreisförmige Nut 19 entsteht, die um die Mittelachse M herum verläuft.

[0023] Im folgenden wird das Verfahrensprinzip für das Schleifen radialer Nuten 19 mit einer keramisch gebundenen, abrichtbaren CBN-Schleifscheibe 15 anhand der beigefügten Zeichnung näher erläutert.

Nach Einstellung und Auswahl der Maschinenparameter und der Werkstückparameter (u.a. Nutlänge zzgl. Überlauflänge, Rotations- bzw. Bahngeschwindigkeit der Schleifscheibe, Hubzustellung, D_s , D_w , Anstellwinkel α etc.), beginnt der eigentliche Schleifprozess je nach Erfordernis mit oder ohne vorherigem Ausheben des Nutgrundes. Mit einer neuen und/oder frisch abgerichteten, keramisch gebundenen Schleifscheibe 15 können üblicherweise mehrere Nuten 19 bzw. Werkstücke 20 geschliffen werden. Wie bereits erwähnt, können die Nuten 19 einzelner Segmente 26 oder auch komplette Ringe geschliffen werden. Durch den Eingriff der Schleifscheibe 15 in das Werkstück 20 bzw. in die Nut 19 werden zeitgleich und parallel die innere Flanke 16, die äußere Flanke 17 und bei Bedarf auch der Nutgrund 18 geschliffen. Dabei wird die Schleifscheibe 15 während des Schleifprozesses entlang einer linearen Achse (Z-Achse) verfahren, und das Werkstück 20 wird während des Schleifens entlang einer linearen Achse (X-Achse) verfahren und um eine Drehachse (B-Achse) gedreht. Zur Veränderung der Nuttiefe wird die Schleifscheibe 15 entlang einer linearen Achse (Y-Achse) verfahren.

[0024] Nach dem Schleifen einer Anzahl von Nuten 19 ist die Schleifscheibe 15 bzw. der Schleifbereich 23 so weit abgenutzt, dass sie abgerichtet, also geschärft und kalibriert werden muss. Durch den Abrichtprozess reduziert sich der Durchmesser D_s der Schleifscheibe 15. Um zu verhindern, dass sich die Geometrieveränderung der Schleifscheibe 15 auch auf die Geometrie der Nut 19 auswirkt bzw. die Kontur der zu schleifenden Nut 19 verletzt wird, erfolgt eine automatische Verrechnung der Durchmesserdivergenz. Wird nämlich einer der beiden relevanten Parameter für den sicheren Schleifprozess, definierter Durchmesser D_s der Schleifscheibe und definierter Anstellwinkel α der Schleifscheibe 15 zum Werkstück 20, verändert, kommt es zu Konturverletzungen der zu schleifenden Nut 19 bzw. beispielsweise zu einem Schleifscheibenbruch des keramischen Schleifbelages im Schleifbereich 23.

[0025] Um die durch den Abrichtprozess entstehende Durchmesserreduzierung kompensieren zu können,

bestehen mehrere Möglichkeiten. Zum einen könnte die verschlissene Schleifscheibe 15 gegen eine neue Schleifscheibe 15 ausgetauscht werden. Zum anderen kann der Anstellwinkel α aber auch durchmesserangepasst an die neue Situation, also den reduzierten Durchmesser D_s angepasst werden. Dieser Vorgang der automatischen Winkelanpassung um eine Drehachse (D-Achse) ist nicht zwingend nach jedem Abrichtvorgang zu wiederholen. Allerdings verändert sich durch den jeweils neuen Anstellwinkel α auch der Öffnungswinkel β der verwendeten Schleifscheibe 15. Dieser wird dadurch an die geänderte Situation angepasst, indem das abzurichtende Profil der Schleifscheibe 15 entsprechend dem neuen Winkel gekippt und damit die senkrecht stehende, zu schleifende Nut 19 maßgerecht gefertigt werden kann. Dies ist möglich, da der Schleifbereich 23 bzw. der körnige Schleifbelag gegenüber dem Grundkörper 22 um einen gewissen Betrag hervorsteht. Mit anderen Worten wird beim Abrichten durch ein Berechnungsprogramm der neue Differenzwinkel in die Kontur des Belages, also des Schleifbereiches 23, der Schleifscheibe 15 berücksichtigt.

[0026] Bei der Profilkippung wird auch der Parameter Nutbreite verändert. Diese Veränderung der Nutbreite liegt überwiegend innerhalb der Toleranz für die zu fertigende Nut. Man kann die Veränderung jedoch auch durch einen zweiten Schnitt mittels Querversetzen der Schleifscheibe 15 kompensieren. Damit wird dann die erforderliche Nutbreite erzeugt. Das Versetzen erfolgt jedoch stets in Richtung bzw. an der äußeren Flanke 17 der Nut 19.

[0027] Durch den fortlaufenden Abrichtprozess muss die Schleifscheibe 15 nicht nur am Umfang sondern auch an den beiden möglichst senkrecht verlaufenden Seitenflächen angepasst werden. Durch das Anpassen des Schwenkwinkels α bekommt die innere Flanke 16 zwangsläufig einen Negativwinkel, der dem Öffnungswinkel β entspricht, der beim Schleifen jedoch keinen negativen Einfluss hat. Die äußere Flanke 17 erhält dabei jedoch eine Positivwinkel ε . Dieser Winkel ε wird jedoch durch den Abrichtprozess beseitigt. Deutlich wird die gerade beschriebene Situation vor der Korrektur des Positivwinkels insbesondere in der Figur 5. Mit anderen Worten würde die Schleifscheibe 15 ohne die Abrichtkorrektur die Nutkontur verletzen. Alternativ könnte die Schleifscheibe 15 jedoch auch im Schleifbereich 23 derart vorbereitet sein, dass an beiden Flanken 16, 17 ein Negativwinkel β gebildet ist. Anders ausgedrückt kann der Schleifbereich 23 ausgehend vom äußersten Rand der Schleifscheibe 15 leicht konisch nach innen verlaufen. Dann müsste nur der im Nutgrund 18 liegende äußerste Rand des Schleifbereiches 23 im Abrichtprozess an die durch den veränderten Anstellwinkel α gebildete Kippung angepasst werden, so dass der Nutgrund 18 im rechten Winkel zu den Flanken 16, 17 liegt.

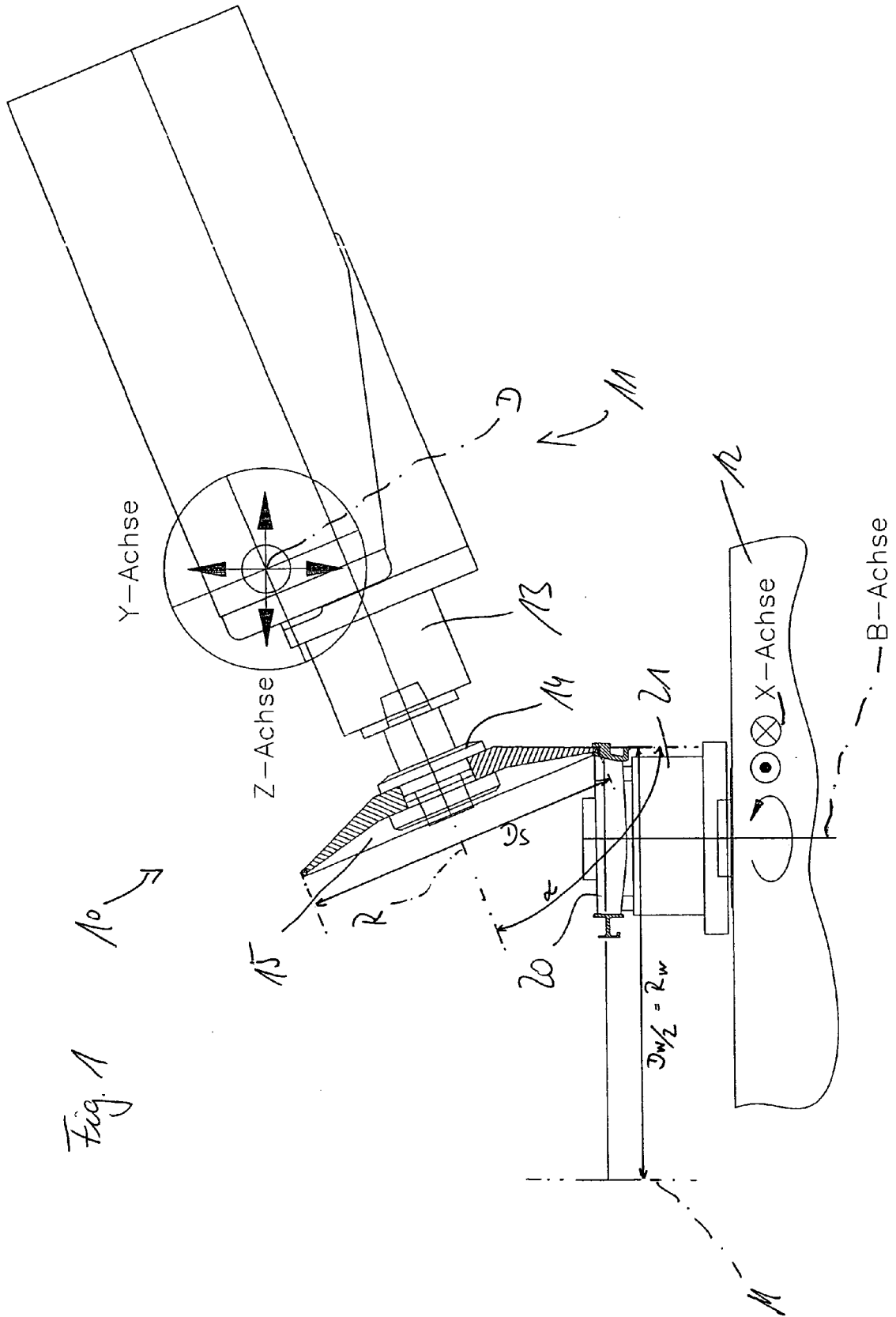
[0028] Mit dem beschriebenen Verfahren können Nuten 19 mit einem Verhältnis Nutbreite zu Nuttiefe von mindestens bis zu 1:2 geschliffen werden können. Des

Weiteren ist das Verfahren besonders gut geeignet, um radiale Nuten 19 an Turbinenleitschaufeln aus Nickelbasislegierungen oder anderen hochfesten Metalllegierungen zu schleifen. Dabei können verschiedene Schleifverfahren, wie z.B. das Tiefschleifverfahren oder das Schnellhubschleifverfahren zum Einsatz kommen.

Patentansprüche

1. Vorrichtung (10) zum automatisierten Herstellen und/oder Bearbeiten radialer Nuten (19) in Werkstücken (20) aus hochfesten Materialien, im Wesentlichen umfassend eine Schleifeinheit (11) zum Schleifen der inneren und der äußeren Flanke (16 bzw. 17) sowie des Nutgrundes (18) der jeweiligen Nut (19), sowie einen Maschinentisch (12) mit Spannvorrichtung (21) für mindestens ein Werkstück (20), wobei die Vorrichtung (10) mehrere Bewegungs- und/oder Schwenk- und/oder Drehachsen aufweist, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Schleifeinheit (11) eine einzige Schleifscheibe (15) zum gleichzeitigen Schleifen der inneren Flanke (16) und äußeren Flanke (17) sowie des Nutgrundes (18) der radialen Nut (19) umfasst.
2. Vorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Schleifeinheit (11) eine Schleifspindel (13), an der ein Schleifscheibenflansch (14) mit der aufgezogenen (Topf-)Schleifscheibe (15) lösbar angeordnet ist, aufweist.
3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Anstellwinkel (α) zwischen der Schleifscheibe (15) und dem zu bearbeitenden Werkstück (20) einstellbar ist.
4. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Vorrichtung (10) insgesamt mindestens vier, vorzugsweise fünf Bewegungs- und/oder Schwenk- und/oder Drehachsen zur Veränderung der Position der Schleifscheibe (15) relativ zum Werkstück (20) aufweist.
5. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 2 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Schleifspindel (13) entlang zweier Achsen (Y-Achse und Z-Achse) linear bewegbar sowie um eine Drehachse (D-Achse) schwenkbar ausgebildet ist.
6. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 2 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** das oder jedes Werkstück (20) um eine Drehachse (B-Achse) des Maschinentisches (12) bzw. der Spannvorrichtung (21) drehbar sowie entlang einer Achse (X-Achse) linear bewegbar ausgebildet ist.
7. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **da-**

- durch **gekennzeichnet, dass** die Schleifscheibe (15) aus einem Grundkörper (22) und einem Schleifbereich (23) besteht, wobei mindestens der Schleifbereich (23) aus einem abrichtbaren Material gebildet ist. 5
8. Vorrichtung nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** mindestens der Schleifbereich (23) der Schleifscheibe (15) aus keramisch gebundenem, kubischen Bornitrid (im folgenden CBN genannt) besteht. 10
9. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Vorrichtung (10) eine Steuerung zur Anpassung des Anstellwinkels (α) zwischen der Schleifscheibe (15) und dem Werkstück (20) in Abhängigkeit der sich insbesondere durch Verschleiß- und/oder Abrichtprozesse ändernden Geometrie der Schleifscheibe (15) und insbesondere deren Durchmesser D_s aufweist. 15
10. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Vorrichtung (10) eine Einrichtung (24) zum Abrichten der Schleifscheibe (15) zugeordnet ist. 20
11. Vorrichtung nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Einrichtung (24) ein Diamantabtrichrad (25) zum bahngesteuerten Abrichten der CBN-Schleifscheibe (15) aufweist. 25
12. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 2 bis 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Vorrichtung (10) bzw. die Schleifscheibe (15) zum Schleifen radialer Nuten (19) an Turbinenleitschaufeln aus Nickelbasislegierungen ausgebildet ist. 30
13. Verfahren zum automatisierten Herstellen und/oder Bearbeiten von radialen Nuten (19) in Werkstücken (20) aus hochfesten Materialien, umfassend die Schritte: 35
- Ausnehmen des Nutgrundes (18),
 - Schleifen der inneren Flanke (16) der radialen Nut (19),
 - Schleifen der äußeren Flanke (17) der radialen Nut (19),
 - wobei während des Schleifens der Flanken (16, 17) der Nutgrund (18) ebenfalls geschliffen wird, 40
- dadurch gekennzeichnet, dass** die innere Flanke (16) und die äußere Flanke (17) sowie der Nutgrund (18) mittels einer einzigen Schleifscheibe (15) gleichzeitig geschliffen werden. 45
14. Verfahren nach Anspruch 13, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Schleifscheibe (15) während des 50
- Schleifens entlang einer linearen Achse (Z-Achse) verfahren wird, und das Werkstück während des Schleifens entlang einer linearen Achse (X-Achse) verfahren und um eine Drehachse (B-Achse) gedreht wird.
15. Verfahren nach Anspruch 13 oder 14, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Schleifscheibe (15) zur Veränderung der Nuttiefe entlang einer linearen Achse (Y-Achse) verfahren wird. 5
16. Verfahren nach einem der Ansprüche 13 bis 15, **dadurch gekennzeichnet, dass** die radialen Nuten (19) mit keramisch gebundenen CBN-Schleifscheiben (15) geschliffen werden. 10
17. Verfahren nach einem der Ansprüche 13 bis 16, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Anstellwinkel (α) zwischen der Schleifscheibe (15) und dem Werkstück (20) in Abhängigkeit der sich insbesondere durch Verschleiß- und/oder Abrichtprozesse ändernden Geometrie der Schleifscheibe (15) und insbesondere deren Durchmesser D_s verändert wird. 15
18. Verfahren nach Anspruch 17, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Schleifscheibe (15) in Abhängigkeit des Verschleißes des Schleifbelages und/oder der Schleifkörner abgerichtet wird, wobei der Anstellwinkel (α) nach einer bestimmten Anzahl Abrichtvorgängen nachgestellt wird. 20
19. Verfahren nach Anspruch 18, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Profil der Schleifscheibe (15) nach der bestimmten Anzahl Abrichtvorgängen mit Winkelkorrektur entsprechend neu profiliert wird. 25
20. Verfahren nach einem der Ansprüche 13 bis in **dadurch gekennzeichnet, dass** radiale Nuten (19) mit einem Verhältnis Nutbreite zu Nuttiefe von mindestens 1:2 geschliffen werden können. 30
21. Verfahren nach einem der Ansprüche 13 bis 20, **dadurch gekennzeichnet, dass** radiale Nuten (19) an Turbinenleitschaufeln aus Nickelbasislegierungen geschliffen werden. 35
22. Verfahren nach einem der Ansprüche 13 bis 21, **dadurch gekennzeichnet, dass** die radialen Nuten (19) im Tiefschleifverfahren oder im Schnellhubschleifverfahren geschliffen werden. 40



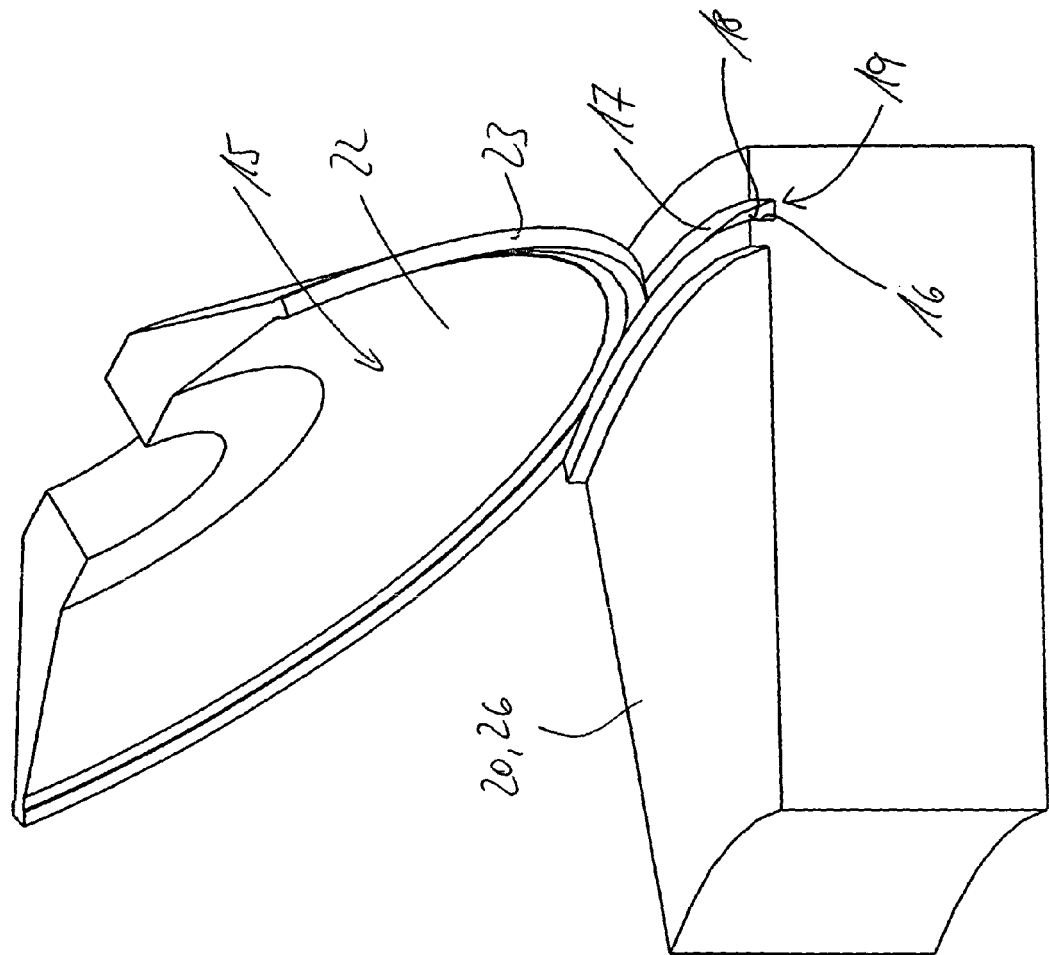


Fig. 2

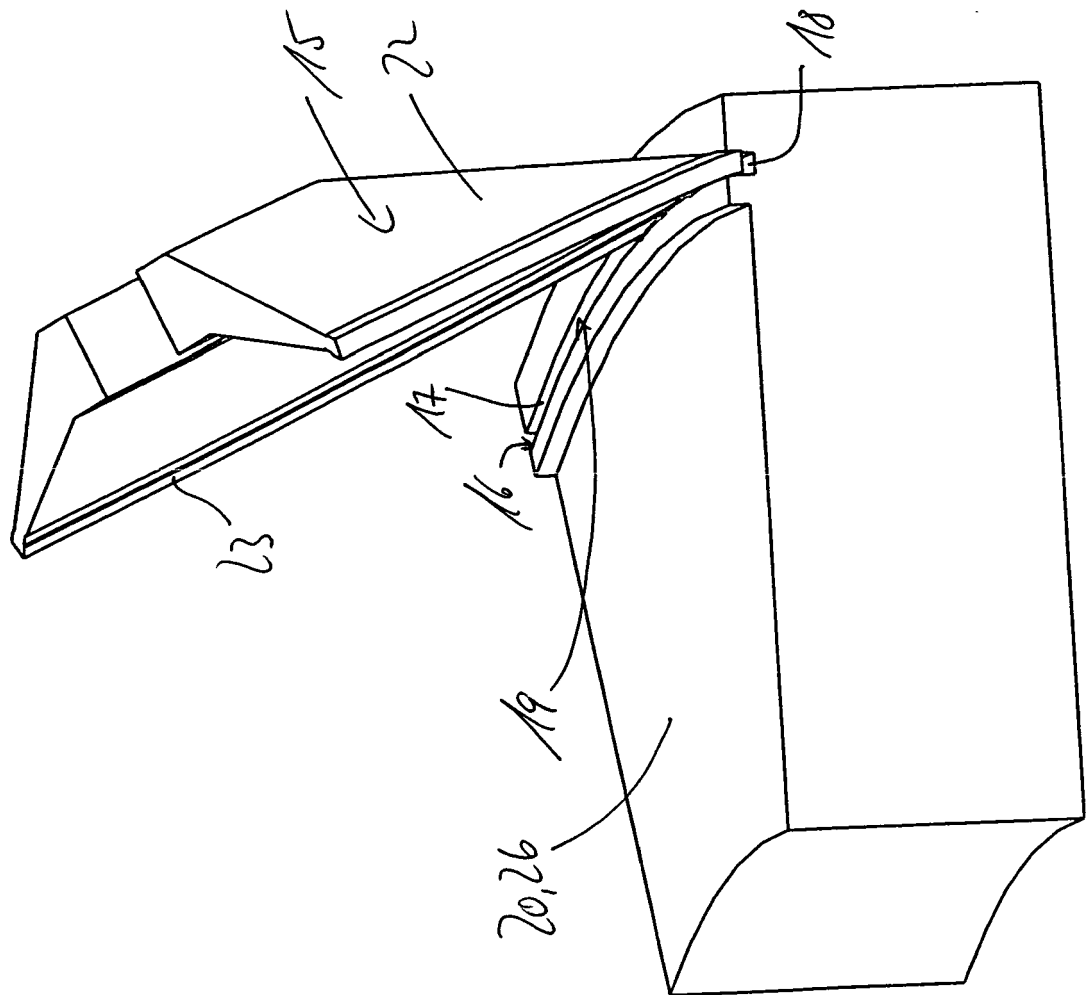
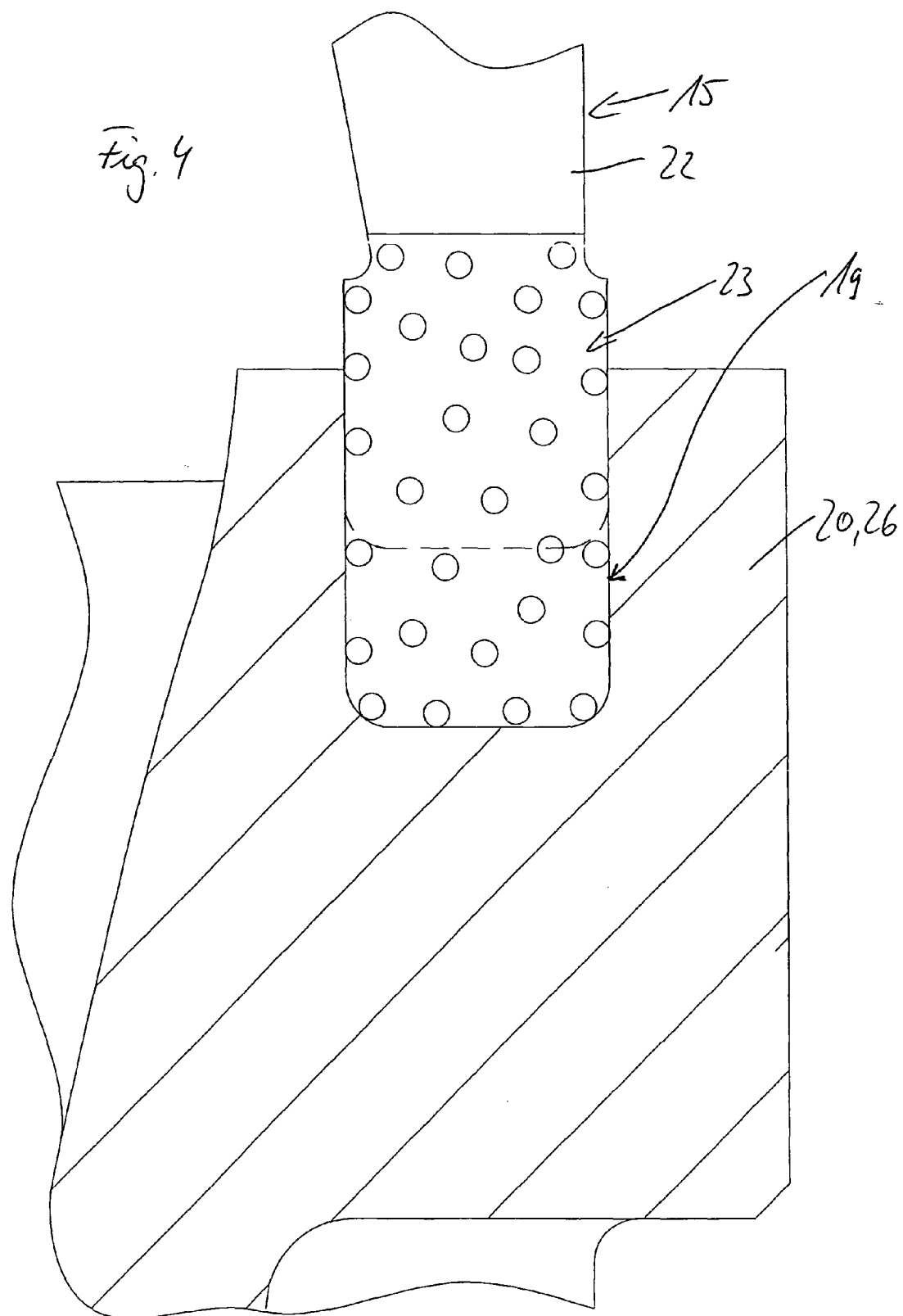


Fig. 3



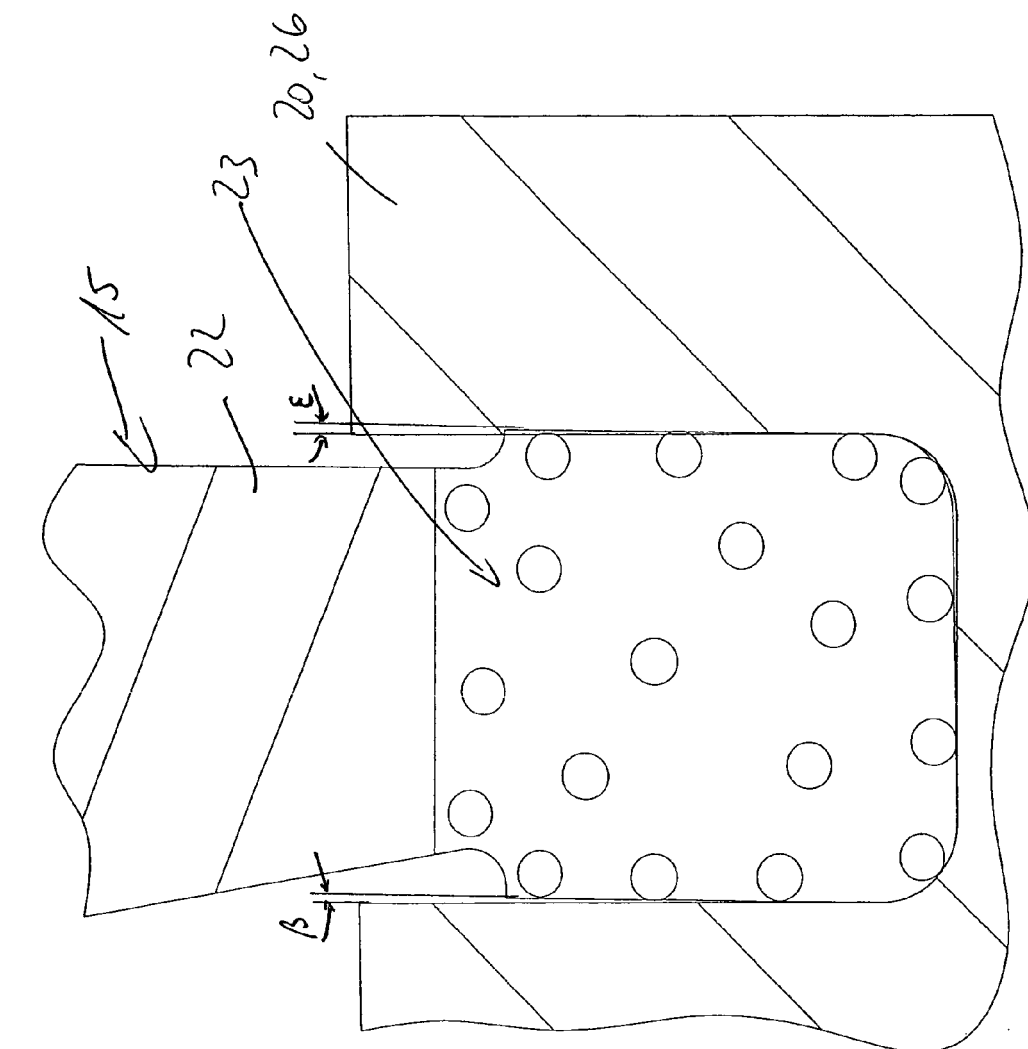
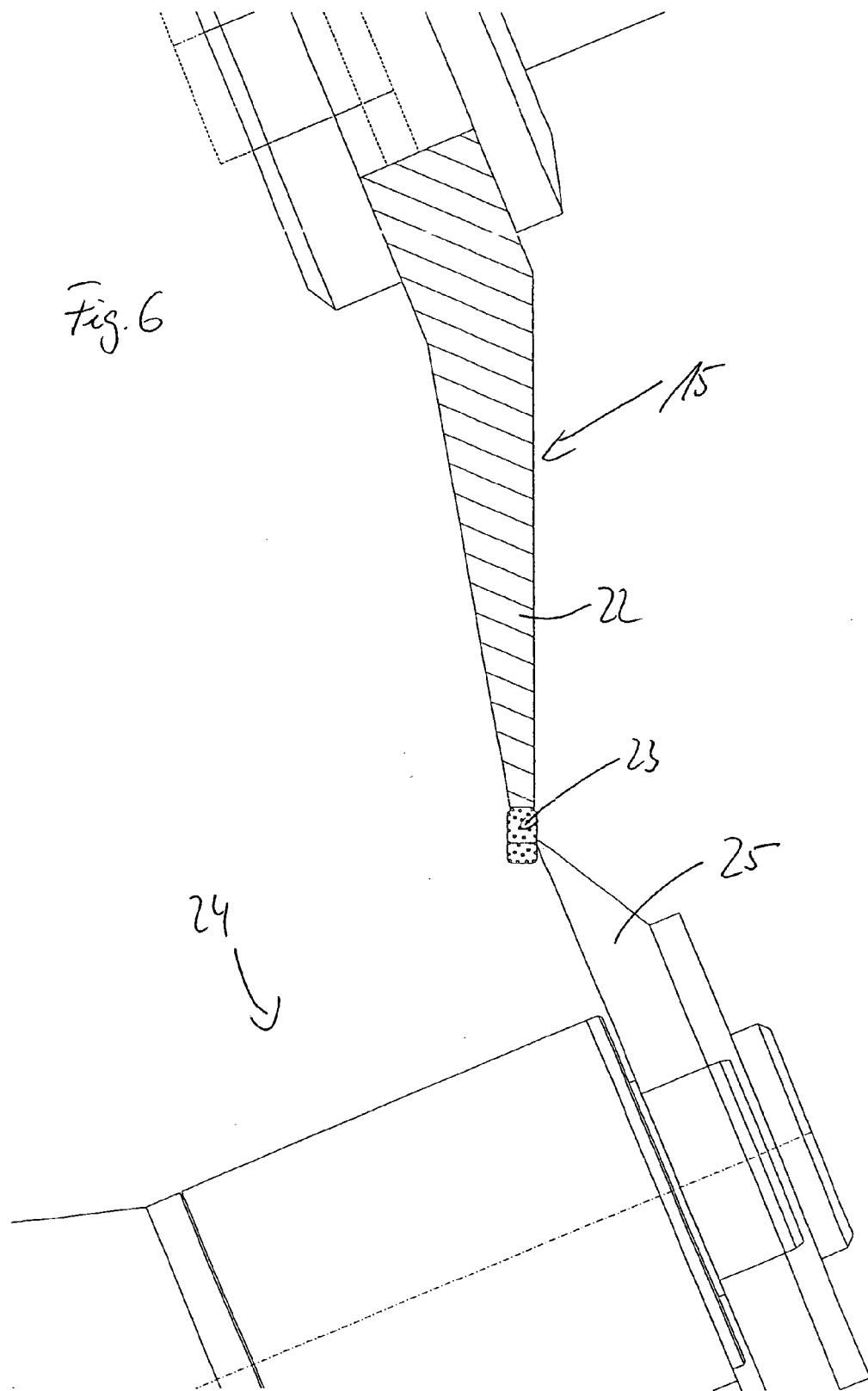


Fig. 5





Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 07 09 0112

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	JP 03 073263 A (ISUZU MOTORS LTD) 28. März 1991 (1991-03-28)	1-3,8, 13, 15-20,22	INV. B24B19/02
Y	* Zusammenfassung; Abbildung 4 *	4-7, 9-12,14	
X	CH 298 992 A (HJELMBLAD KARL WILHELM JOSEF [SE]) 31. Mai 1954 (1954-05-31) * Seite 2, Zeilen 43-96; Abbildungen 1-3 *	1-3	
Y	DE 36 25 565 A1 (HAUNI WERKE KOERBER & CO KG [DE]) 3. März 1988 (1988-03-03) * das ganze Dokument *	4-7, 9-12,14	
A	DE 36 11 103 A1 (HAUNI WERKE KOERBER & CO KG [DE]) 23. Oktober 1986 (1986-10-23) * Seite 10, Zeile 5 - Seite 12, Zeile 23; Abbildungen 1,2 *	1-22	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
			B24B
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 6. September 2007	Prüfer Zeckau, Jochen
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

1
EPO FORM 1503 03 82 (P04C03)

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT
 ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 07 09 0112

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.
 Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
 Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

06-09-2007

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
JP 3073263 A	28-03-1991	JP 2076788 C JP 7115288 B	09-08-1996 13-12-1995
CH 298992 A	31-05-1954	KEINE	
DE 3625565 A1	03-03-1988	CH 672902 A5 GB 2193455 A JP 2672304 B2 JP 63047054 A US 4813187 A	15-01-1990 10-02-1988 05-11-1997 27-02-1988 21-03-1989
DE 3611103 A1	23-10-1986	KEINE	

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82