



(11) **EP 1 475 186 A1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
10.11.2004 Patentblatt 2004/46

(51) Int Cl.7: **B24B 5/14, B24B 9/00**

(21) Anmeldenummer: **03405603.6**

(22) Anmeldetag: **19.08.2003**

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

(72) Erfinder:
 • **Montandon, Jean-Claude**
3296 Arch (CH)
 • **Ingold, Hermann**
4577 Hessigkofen (CH)

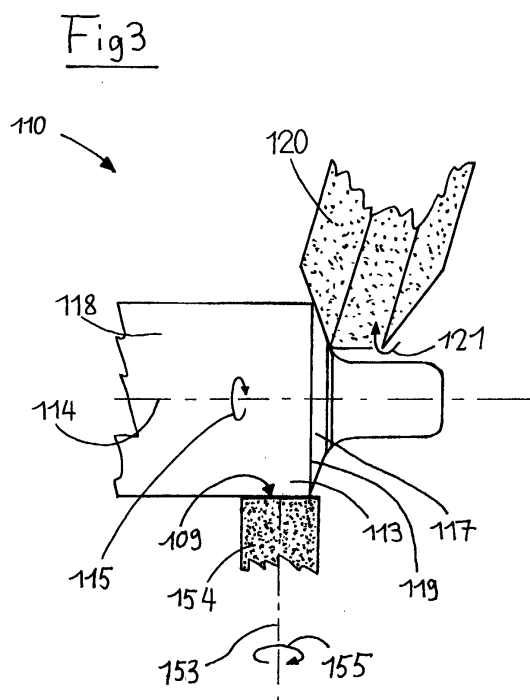
(30) Priorität: **07.05.2003 EP 03405323**

(74) Vertreter: **Roshardt, Werner Alfred, Dipl.-Phys.**
Keller & Partner
Patentanwälte AG
Schmiedenplatz 5
Postfach
3000 Bern 7 (CH)

(71) Anmelder: **HTT Hauser Tripet Tschudin AG**
2500 Biel-Bienne 8 (CH)

(54) **Verfahren und Vorrichtung zum Rundschleifen**

(57) Zum Rundschleifen eines sich um eine Werkstückachse (114) drehenden Werkstücks (118) werden eine Schleifscheibe (120), die sich um eine Schleifscheibenachse dreht, und das Werkstück (118) gegenübergestellt, um in einem Schleifvorgang eine erste Werkstückfläche (117) zu schleifen, die bezüglich der Werkstückachse (114) rotationssymmetrisch ausgebildet ist. Das Werkstück hat eine zweite Werkstückfläche (113). Die beiden Werkstückflächen (117, 113) sind zueinander derart benachbart angeordnet, dass zwischen ihnen eine scharfe, kreisförmige Übergangskante (119) gebildet ist. Während dem Schleifvorgang wird ein Hilfsabrativwerkzeug (154), das sich um eine Hilfswerkzeugachse (153) dreht und eine ebene, rechtwinklig zur Hilfswerkzeugachse (153) angeordnete Abrasivoberfläche hat, gegen das Werkstück (118) gedrückt. Das Hilfsabrativwerkzeug (154) wird derart gegen das Werkstück (118) gedrückt, dass die Abrasivoberfläche in Richtung einer zwischen der Abrasivoberfläche und der zweiten Werkstückfläche (113) gebildeten Berührungslinie (109) von der zweiten Werkstückfläche (113) weg über die Übergangskante (119) hinaus vorsteht, so dass ein beim Schleifen der ersten Werkstückfläche (117) allfällig entstehender Grat im Bereich der Übergangskante (119) durch das Hilfsabrativwerkzeug abgetragen wird. Dadurch wird ein zuverlässiges und präzises Rundschleifen von Werkstücken mit einer scharfen und gratfreien Übergangskante zwischen zwei rotationssymmetrischen Flächen auch in der grossseriellen Fertigung ermöglicht.



EP 1 475 186 A1

Beschreibung

Technisches Gebiet

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Rundschleifen eines Werkstücks und eine Vorrichtung zur Durchführung des Rundschleifverfahrens gemäss den Oberbegriffen der unabhängigen Patentansprüche.

Stand der Technik

[0002] Für zahlreiche Anwendungen werden Werkstücke benötigt, die wenigstens teilweise rotationssymmetrisch ausgebildet sind und eine die Symmetrieachse definierende Werkstückachse haben sowie zwei benachbarte Flächen, die bezüglich der Werkstückachse rotationssymmetrisch ausgebildet sind und zwischen denen eine kreisförmige Übergangskante gebildet ist. Solche Werkstücke werden z.B. als Ventil- oder Düsenadeln verwendet, wobei typischerweise eine der beiden Flächen einen Dichtsitz und die andere der beiden Flächen eine Führungsfläche der Ventil- oder Düsennadel bildet. Damit solche Ventil- oder Düsennadeln auch für Hochdruckanwendungen wie z.B. Kraftstoff-Einspritzsysteme für moderne Benzin- oder Dieselmotoren verwendbar sind, wo teilweise Drücke von weit über 1000 bar beherrscht werden müssen, sind hohe Anforderungen hinsichtlich der Einhaltung von Fertigungstoleranzen zu erfüllen. Insbesondere muss die Übergangskante zwischen der Sitz- und der Führungsfläche möglichst scharfkantig und gratfrei ausgebildet sein.

[0003] Werkstücke der oben genannten Art werden durch Anwendung von Rundschleifverfahren bearbeitet, wobei zur Durchführung der Rundschleifverfahren sogenannte Rundschleifmaschinen eingesetzt werden.

[0004] Aus der Druckschrift WO 01/60565 (Robert Bosch GmbH) sind ein Rundschleifverfahren und eine Rundschleifmaschine bekannt, welche die Herstellung einer Ventillinadel für ein Kraftstoff-Einspritzventil mittels Rundschleifen ermöglichen. Die Rundschleifmaschine ist mit einer Schleifscheibe und einem in Bezug auf das Werkstück gegenüber der Schleifscheibe angeordneten Entgratdorn versehen. Wenn die Schleifscheibe eine Schleiffläche des Werkstücks schleift, entsteht ein Grat, der über die zwischen dieser Schleiffläche und einer benachbarten Fläche gebildete Übergangskante hinaus in den Bereich der benachbarten Fläche vorsteht. Der Entgratdorn ist derart angeordnet und ausgebildet, dass der Grat aufgrund der Drehung des um seine Achse rotierenden Werkstücks vom Entgratdorn auf die Schleiffläche zurück gedrückt und beim nächsten Kontakt mit der Schleifscheibe abgeschliffen wird.

[0005] Es hat sich herausgestellt, dass das Rundschleifverfahren und die Rundschleifmaschine gemäss der Druckschrift WO 01/60565 nachteilig sind für die Massenanfertigung von grossen Werkstückserien. Es kommt nämlich immer wieder vor, dass die Gratbildung durch den Entgratdorn nicht zuverlässig verhindert wird.

Deshalb ist eine aufwändige Nachkontrolle der Werkstücke nötig, um die gewünschte Fertigungsqualität gewährleisten zu können.

5 Darstellung der Erfindung

[0006] Aufgabe der Erfindung ist die Angabe eines Verfahrens und einer Vorrichtung zum Rundschleifen, welche eine zuverlässige und präzise Bearbeitung von Werkstücken mit einer scharfen und gratfreien Übergangskante zwischen zwei rotationssymmetrischen Flächen auch in der grossseriellen Fertigung ermöglichen.

[0007] Die Lösung der Aufgabe ist durch die Merkmale der unabhängigen Patentansprüche definiert. Gemäss der Erfindung wird zur Bearbeitung eines Werkstücks, das eine Werkstückachse hat, ein Rundschleifverfahren durchgeführt. Während der Durchführung des Rundschleifverfahrens dreht sich das Werkstück um die Werkstückachse, während gleichzeitig eine Schleifscheibe, die sich um eine Schleifscheibenachse dreht, und das Werkstück gegeneinander zugestellt werden, um in einem Schleifvorgang eine erste Werkstückfläche zu schleifen, die bezüglich der Werkstückachse rotationssymmetrisch ausgebildet ist. Das Werkstück hat eine zweite Werkstückfläche, die bezüglich der Werkstückachse rotationssymmetrisch ausgebildet und durch eine geradlinige Erzeugende definiert ist. Die beiden Werkstückflächen sind zueinander derart benachbart angeordnet, dass zwischen ihnen eine scharfe, kreisförmige Übergangskante gebildet ist. Das erfindungsgemässe Rundschleifverfahren zeichnet sich dadurch aus, dass ein Hilfsabrasivwerkzeug, das sich um eine Hilfswerkzeugachse dreht und eine ebene, rechtwinklig (d.h. normal) zur Hilfswerkzeugachse angeordnete Abrasivoberfläche hat, gegen das Werkstück gedrückt wird. Das Hilfsabrasivwerkzeug wird derart gegen das Werkstück gedrückt, dass die Abrasivoberfläche in einer Tangentialebene zur zweiten Werkstückfläche (d.h. in einer an der zweiten Werkstückfläche anliegenden tangentialen Ebene) angeordnet ist und in einer an die Übergangskante angrenzenden Partie der zweiten Werkstückfläche diese zweite Werkstückfläche entlang einer geraden Berührungslinie berührt. Dabei steht die Abrasivoberfläche in Richtung der Berührungslinie von der zweiten Werkstückfläche weg über die Übergangskante hinaus vor.

[0008] Durch das erfindungsgemässe Schleifverfahren wird ein beim Schleifen der ersten Werkstückfläche allfällig entstehender Grat, der über die Übergangskante hinaus in den Bereich über der zweiten Werkstückfläche vorsteht, durch das Hilfsabrasivwerkzeug bzw. durch dessen Abrasivoberfläche abgetragen, so dass eine scharfe und gratfreie Übergangskante zwischen der ersten und der zweiten Werkstückfläche gebildet wird.

[0009] Die zweite Werkstückfläche ist bezüglich der Werkstückachse rotationssymmetrisch ausgebildet,

wobei sie im geometrischen Sinn durch eine geradlinige Erzeugende definiert ist, die um die Werkstückachse herum gedreht wird. D.h., die zweite Werkstückfläche hat entweder die Form einer konischen Fläche oder einer Mantelfläche eines geraden Kreiszylinders. Daraus folgt, dass eine an der zweiten Werkstückfläche anliegende Tangentialebene (und somit auch die Abrasivoberfläche des Hilfsabrativwerkzeugs) die zweite Werkstückfläche nicht bloss an einem Punkt, sondern entlang einer geraden Berührungslinie berührt. Dadurch wird die Abrasivoberfläche, wenn sie gegen die zweite Werkstückfläche gedrückt und um die Hilfswerkzeugachse rotiert wird, nicht linienförmig, sondern flächig abgenutzt und behält dadurch ihre ebene Oberflächenform bei.

[0010] Die erste Werkstückfläche kann ebenfalls konisch oder kreiszylindermantelförmig ausgebildet sein. Als Alternative dazu kann sie jedoch auch auf andere Art rotationssymmetrisch bezüglich der ersten Werkstückachse ausgebildet sein, wobei sie in diesem Fall durch eine krummlinige Erzeugende definiert ist.

[0011] Für die Durchführung des erfindungsgemässen Schleifverfahrens ist es möglich, dass das Werkstück um eine während dem Schleifvorgang stationäre Werkstückachse gedreht wird und die Schleifscheibe gegen das Werkstück zugestellt wird. Solche Schleifvorgänge werden typischerweise auf Rundschleifmaschinen ausgeführt, bei denen ein längliches Werkstück zwischen einer auf einem während dem Schleifvorgang stationären Spindelstock gelagerten Werkstückspindel und einer an einem während dem Schleifvorgang stationären Reitstock angeordneten Pinole aufgenommen ist. Als Alternative dazu ist es aber auch möglich, dass das sich um die Werkstückachse drehende Werkstück gegen eine um eine während dem Schleifvorgang stationäre Schleifscheibenachse drehende Schleifscheibe zugestellt wird. Solche Schleifvorgänge werden in der Regel von Rundschleifmaschinen ausgeführt, die zum spitzenlosen Rundschleifen (d.h. zum Rundschleifen ohne Pinole) ausgebildet sind. Grundsätzlich ist es zudem auch möglich, dass während der Durchführung des Schleifvorgangs sowohl die Schleifscheibe als auch die Werkstückachse (bzw. eine die Werkstückachse definierende Werkstückspindel) gleichzeitig verfahren werden.

[0012] Vorzugsweise werden das Andrücken des Hilfsabrativwerkzeugs gegen das Werkstück und das Schleifen der ersten Werkstückfläche zeitgleich beendet. Indem die beiden Abrasivvorgänge (d.h. der Schleifvorgang zwischen der Schleifscheibe und der ersten Werkstückfläche einerseits sowie der Abrasivvorgang zwischen dem Hilfsabrativwerkzeug und der zweiten Werkstückfläche andererseits) wenigstens am Ende des erfindungsgemässen Verfahrens simultan ausgeführt und gleichzeitig beendet werden, bleibt keinerlei Grat an der Übergangskante übrig. Gleichzeitigkeit bedeutet im vorliegenden Zusammenhang, dass eine allfällige Zeitdifferenz zwischen dem Ende des er-

sten und des zweiten Abrasivvorgangs zu kurz für eine Gratbildung ist, selbst wenn während einer dieser Zeitdifferenz entsprechenden Periode lediglich eines der beiden Abrasivwerkzeuge in (schleifendem) Kontakt mit dem Werkstück ist.

[0013] Das zeitgleiche Beenden des Andrückens des Hilfsabrativwerkzeugs gegen das Werkstück und des Schleifens der ersten Werkstückfläche ist jedoch nicht zwingend erforderlich für ein Funktionieren der vorliegenden Erfindung. Insbesondere für den Fall, dass das Hilfsabrativwerkzeug, während es mit der Abrasivoberfläche gegen die zweite Werkstückfläche gedrückt wird, die zweite Werkstückfläche mit einer wesentlich kleineren Schleifleistung bearbeitet als die Schleifleistung, mit welcher gleichzeitig die Schleifscheibe die erste Werkstückfläche bearbeitet, kann das Andrücken des Hilfsabrativwerkzeugs auch später beendet werden als das Schleifen, weil in diesem Fall das Andrücken des Hilfsabrativwerkzeugs praktisch keine Gratbildung zur Folge hat.

[0014] Eine Rundschleifvorrichtung gemäss der Erfindung, die insbesondere zur Durchführung des erfindungsgemässen Verfahrens ausgebildet ist, umfasst eine um eine Werkstückspindelachse rotierende Werkstückspindel, die mit einem zur Aufnahme eines Werkstücks ausgebildeten Werkstückhalter versehen ist. Die Rundschleifvorrichtung umfasst weiter eine um eine Schleifscheibenachse rotierende Schleifscheibe und eine erste Zustelleinrichtung. Die erste Zustelleinrichtung ist derart ausgebildet, dass mittels der ersten Zustelleinrichtung entweder die Schleifscheibe gegen das Werkstück oder das Werkstück mitsamt der Werkstückspindel gegen die Schleifscheibe zustellbar ist. Es können aber auch gleichzeitig sowohl die Schleifscheibe als auch das Werkstück mitsamt der Werkstückspindel bezüglich einer stationären Basis verfahrbar sein, um die Schleifscheibe und das Werkstück gegeneinander zuzustellen. Die erfindungsgemässe Rundschleifvorrichtung umfasst weiter ein um eine Hilfswerkzeugachse rotierendes Hilfsabrativwerkzeug, das eine ebene, rechtwinklig zur Hilfswerkzeugachse angeordnete Abrasivoberfläche hat. Weiter umfasst die erfindungsgemässe Rundschleifvorrichtung eine zweite Zustelleinrichtung, die zum Zustellen des Hilfsabrativwerkzeugs gegen das Werkstück ausgebildet ist, sowie eine Steuerungseinrichtung zur Steuerung der Rundschleifvorrichtung.

[0015] Die Steuerungseinrichtung ist zur Steuerung der ersten Zustelleinrichtung derart ausgebildet, dass die Schleifscheibe und das Werkstück gegeneinander zugestellt werden, um in einem Schleifvorgang eine erste Werkstückfläche zu bearbeiten. Die Steuerungseinrichtung ist weiter zur Steuerung der zweiten Zustelleinrichtung derart ausgebildet, dass während der Durchführung des Schleifvorgangs das Hilfsabrativwerkzeug mittels der zweiten Zustelleinrichtung gegen das Werkstück zugestellt wird, so dass es mit seiner Abrasivoberfläche gegen eine zweite Werkstückfläche drückt. Die beiden Werkstückflächen sind bezüglich der Werk-

stückspindelachse rotationssymmetrisch ausgebildet und die zweite Werkstückfläche ist durch eine geradlinige Erzeugende definiert. Weiter sind die beiden Werkstückflächen zueinander derart benachbart angeordnet, dass zwischen ihnen eine kreisförmige Übergangskante gebildet ist. Die Steuerungseinrichtung und die zweite Zustelleinrichtung sind weiter derart ausgebildet, dass, wenn die Abrasivoberfläche gegen die zweite Werkstückfläche drückt, die Abrasivoberfläche in einer Tangentialebene zur zweiten Werkstückfläche angeordnet ist, die zweite Werkstückfläche entlang einer Berührungslinie berührt und in Richtung der Berührungslinie von der zweiten Werkstückfläche weg über die Übergangskante hinaus vorsteht.

[0016] Indem die Abrasivoberfläche in die zweite Werkstückfläche berührender Anordnung von der zweiten Werkstückfläche weg über die Übergangskante hinaus vorsteht, bei gleichzeitiger Rotation des Werkstücks um die Werkstückspindelachse und des Hilfsabrativwerkzeugs um die Hilfswerkzeugachse, wird ein beim Schleifen der ersten Werkstückfläche allfällig entstehender Grat, der über die Übergangskante hinaus in den Bereich über der zweiten Werkstückfläche vorsteht, durch das Hilfsabrativwerkzeug bzw. durch dessen Abrasivoberfläche abgetragen, so dass eine scharfe und gratfreie Übergangskante zwischen der ersten und der zweiten Werkstückfläche gebildet wird.

[0017] Gemäss einer bevorzugten Ausführungsart der Erfindung ist wenigstens eine Partie des Hilfsabrativwerkzeugs zylinderförmig (auch als stiftförmig bezeichnet) ausgebildet, wobei die Abrasivoberfläche die Zylindergrundfläche ist. Es kann auch das ganze Hilfsabrativwerkzeug insgesamt zylinder- oder stiftförmig ausgebildet sein. Die stiftförmige Partie des Hilfsabrativwerkzeugs kann insbesondere die Form eines geraden Kreiszylinders haben, mit einer kreisflächenförmigen Grundfläche bzw. Abrasivoberfläche. Grundsätzlich sind jedoch auch andere Formen von Hilfsabrativwerkzeugen möglich, z.B. ein hohlzylinderförmig ausgebildetes Hilfsabrativwerkzeug mit einer kreisringförmig ausgebildeten Abrasivoberfläche, oder ein quaderförmiges ausgebildetes Hilfsabrativwerkzeug mit einer rechteckigen oder quadratischen Abrasivoberfläche.

[0018] Vorzugsweise ist das Hilfsabrativwerkzeug derart ausgebildet und während dem Andrücken gegen die zweite Werkstückfläche derart angeordnet, dass sich die Berührungslinie auf der Abrasivoberfläche als ununterbrochene Linie von einem Aussenrand der Abrasivoberfläche aus entlang eines durch die Hilfswerkzeugachse (bzw. durch deren Verlängerung) hindurch führenden Durchmessers bis über die Hilfswerkzeugachse (bzw. deren Verlängerung) hinaus zur Übergangskante erstreckt. Im vorliegenden Zusammenhang ist unter einer Achse stets eine Achse im geometrischen Sinn zu verstehen. Somit erstreckt sich die Berührungslinie auf der Abrasivoberfläche als ununterbrochene Linie von einem Aussenrand der Abrasivoberfläche aus entlang eines durch die (mechanische) Hilfswerkzeug-

achse oder deren Verlängerung hindurch führenden Durchmessers bis über die (mechanische) Hilfswerkzeugachse oder deren Verlängerung hinaus zur Übergangskante. Dadurch wird, wenn während dem Andrücken der Abrasivoberfläche gegen die zweite Werkstückfläche des Hilfsabrativwerkzeugs gleichzeitig um die Hilfswerkzeugachse rotiert wird, die gesamte Abrasivoberfläche abgenutzt. Dies hat zur Folge, dass die Abrasivoberfläche während ihrer Abnutzung im Wesentlichen plan bleibt, wodurch eine unerwünschte Verrundung der Übergangskante vermieden wird. Vorzugsweise steht die Abrasivoberfläche nur mit einem kleinen Flächenanteil über die Übergangskante hinaus vor, um eine möglichst gleichmässige Abnutzung der Abrasivoberfläche zu gewährleisten. So kann z.B. die Berührungslinie zwischen der Abrasivoberfläche und der zweiten Werkstückfläche mehr als zwei Drittel, vorzugsweise mehr als drei Viertel, insbesondere sogar mehr als vier Fünftel des durch die Hilfswerkzeugachse hindurch führenden Durchmessers der Abrasivoberfläche messen.

[0019] Gemäss einer weiteren vorteilhaften Ausführungsart der Erfindung sind während dem Andrücken des Hilfsabrativwerkzeugs gegen die zweite Werkstückfläche das Werkstück derart zur Rotation um die Werkstückspindelachse und das Hilfsabrativwerkzeug derart zur Rotation um die Hilfswerkzeugachse angetrieben, dass das Hilfsabrativwerkzeug (bzw. die Abrasivoberfläche) im Bereich des Schnittpunkts der Berührungslinie mit der Übergangskante eine Geschwindigkeitskomponente entgegen der Richtung der Geschwindigkeit des Werkstücks in diesem Bereich hat. Mit anderen Worten sind die Drehrichtung des Werkstücks bezüglich der Werkstückspindelachse und die Drehrichtung des Hilfsabrativwerkzeugs bezüglich der Hilfswerkzeugachse derart gewählt, dass im Bereich der Übergangskante, wo die Abrasivoberfläche die zweite Werkstückfläche berührt, die Abrasivoberfläche eine entgegen der Geschwindigkeit des Werkstücks gerichtete Geschwindigkeitskomponente hat. Dadurch wird in diesem Bereich eine grosse Relativgeschwindigkeit zwischen der Abrasivoberfläche und dem Werkstück erreicht, was ein effizientes Abtragen des durch die Schleifscheibe erzeugten Grats bewirkt und somit zu einer effizienten Verhinderung der Gratbildung an der Übergangskante des Werkstücks führt.

[0020] Das Hilfsabrativwerkzeug der erfindungsgemässen Rundschleifvorrichtung kann einen Honstift oder einen Feinschliffstein (auch als Degussitstein, Superfinish-Stein, Polierstein, oder Abziehstein bezeichnet) umfassen, welcher mit der Abrasivoberfläche versehen ist. Dabei ist die Abrasivoberfläche vorzugsweise als Stirnseite des Honstifts bzw. des Feinschliffsteins ausgebildet.

[0021] Die erfindungsgemässe Vorrichtung kann weiter ein Konditionierwerkzeug zum Konditionieren (auch als Abrichten bezeichnet) der Abrasivoberfläche des Hilfsabrativwerkzeugs umfassen. Ein solches Konditio-

nierwerkzeug kann Teil einer spezifisch zum Konditionieren der Abrasivoberfläche ausgebildeten (d.h. separaten) Konditioniereinrichtung sein. Als Alternative zu einer spezifischen Konditioniereinrichtung kann jedoch das Konditionierwerkzeug auch bloss ein mit einer harten Oberfläche versehenes Werkzeug sein, welches zum Zwecke des Konditionierens nach Art eines Werkstücks auf der Werkstückspindel aufgenommen wird, worauf das um die Hilfswerkzeugachse rotierende Hilfsabradivwerkzeug gegen das um die Werkstückspindelachse rotierende Konditionierwerkzeug zugestellt wird, um das Konditionieren der Abrasivoberfläche des Hilfsabradivwerkzeugs zu bewirken. Ein solches Konditionierwerkzeug kann insbesondere eine Form aufweisen, welche identisch ist zur Form der mittels der Rundschleifvorrichtung zu bearbeitenden Werkstücke. Als Alternative zur Verwendung eines Konditionierwerkzeugs kann jedoch auch ein Hilfsabradivwerkzeug eingesetzt werden, dessen Abrasivoberfläche aus einem Material gefertigt ist, welches sich beim Betrieb der Rundschleifvorrichtung derart abnutzt, dass keine Konditionierung erforderlich ist. Ein solches Material kann z.B. ein für die Herstellung von Honwerkzeugen, insbesondere Honstiften gebräuchliches Material sein.

[0022] Vorteilhafterweise umfasst die erfindungsgemässe Rundschleifvorrichtung weiter Mittel zur wahlweisen Einstellung der Kraft, mit welchem das Hilfsabradivwerkzeug gegen die zweite Werkstückfläche drückt. Dadurch wird die Möglichkeit geschaffen, den Druck, mit welchem die Abrasivoberfläche gegen die zweite Werkstückfläche drückt, an die beim Schleifen mittels der Schleifscheibe zu erwartende Gratbildung anzupassen. Vorteilhafterweise wird die Kraft bzw. der Druck möglichst klein gehalten, so dass zwar ein allfällig beim Schleifen entstehender Grat gerade noch abgetragen wird, ohne dass gleichzeitig durch die Bearbeitung mittels dem Hilfsabradivwerkzeug die Masse der zweiten Werkstückfläche wesentlich verändert werden.

[0023] Vorteilhafterweise ist die erfindungsgemässe Rundschleifvorrichtung derart ausgebildet, dass das Hilfsabradivwerkzeug, während es mit der Abrasivoberfläche gegen die zweite Werkstückfläche gedrückt wird, die zweite Werkstückfläche mit einer wesentlich kleineren Schleifleistung bearbeitet als die Schleifleistung, mit welcher gleichzeitig die Schleifscheibe die erste Werkstückfläche bearbeitet. Als Schleifleistung wird im vorliegenden Zusammenhang die allgemein für die spanende Werkstückbearbeitung definierte Flächenleistung verstanden, welche die physikalische Einheit [Fläche/Zeiteinheit] hat. Das Verhältnis der Schleifleistung des Hilfsabradivwerkzeugs zur Schleifleistung der Schleifscheibe entspricht in der Regel dem Verhältnis der installierten maximalen Leistung, welche der Spindelantrieb des Hilfsabradivwerkzeugs bei der Bearbeitung der zweiten Werkstückfläche zu leisten vermag, zur installierten maximalen Leistung, welche der Spindelantrieb der Schleifscheibe beim Schleifen der ersten Werkstückfläche zu leisten vermag. Indem die Schleif-

leistung des Hilfsabradivwerkzeugs wesentlich kleiner ist als diejenige der Schleifscheibe beim Schleifen der ersten Werkstückfläche, bleibt das Mass der zweiten Werkstückfläche, die in einem vorangehenden Schleifvorgang bereits mit hoher Präzision auf ein Sollmass geschliffen worden sein kann, im Zuge der Durchführung des erfindungsgemässen Schleifverfahrens im Wesentlichen unverändert. Die Schleifleistung des Hilfsabradivwerkzeugs kann weniger als 1 %, vorzugsweise weniger als 0.5 %, insbesondere sogar weniger als 0.1 % der Schleifleistung der Schleifscheibe betragen.

[0024] Gemäss einer weiteren bevorzugten Variante der Erfindung ist das Hilfsabradivwerkzeug an einer sogenannten Messgeräteplattform angeordnet, welche bezüglich der Werkstückspindel verfahrbar ist und welche mit wenigstens einem Messgerät bestückt ist. Die zweite Zustelleinrichtung, die zum Zustellen des Hilfsabradivwerkzeugs gegen das Werkstück dient, kann dann durch die Verfahr- bzw. Bewegungsvorrichtung zum Verfahren bzw. Bewegen der Messgeräteplattform gebildet sein. Indem zum Zustellen oder Bewegen des Hilfsabradivwerkzeugs einerseits und zum Verfahren oder Bewegen der Messgeräteplattform andererseits lediglich eine einzige Bewegungsvorrichtung verwendet wird, ergibt sich eine einfache und kostengünstige Konstruktion der Rundschleifvorrichtung. Als Alternative zur Anordnung an einer Messgeräteplattform kann das Hilfsabradivwerkzeug auch an einem anderen bezüglich einem stationären Maschinengestell verfahrbaren Teil der Rundschleifvorrichtung angeordnet sein, z.B. an einer Reitstock-Pinole. Als weitere Alternative kann die zweite Zustelleinrichtung auch als separate Bewegungsvorrichtung ausgebildet sein, welche ausschliesslich dem Zustellen des Hilfsabradivwerkzeugs gegen das Werkstück dient.

[0025] Gemäss einem weiteren vorteilhaften Aspekt der Erfindung ist das Hilfsabradivwerkzeug während dem Andrücken gegen die zweite Werkstückfläche auf einer von der Schleifscheibe abgewandten Seite des Werkstücks angeordnet. Die Abrasivoberfläche des Hilfsabradivwerkzeugs und die Schleifscheibe drücken dann gleichzeitig von zwei gegenüberliegenden Seiten her in entgegengesetzten Richtungen auf das Werkstück. Daraus resultiert eine zusätzliche Stabilisierung des Werkstücks während dem Schleifvorgang, was zur Erhöhung der Präzision beim Schleifen beitragen kann.

[0026] Aus der nachfolgenden Detailbeschreibung und der Gesamtheit der Patentansprüche ergeben sich weitere vorteilhafte Ausführungsformen und Merkmalskombinationen der Erfindung.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

[0027] Die zur Erläuterung der Ausführungsbeispiele verwendeten Zeichnungen zeigen:

Fig. 1 in einer vereinfachten Teilansicht von schräg

oben eine Rundschleifvorrichtung gemäss einer ersten bevorzugten Ausführungsart der Erfindung, in einer ersten Arbeitsstellung;

Fig. 2 die Rundschleifvorrichtung aus Fig. 1 in einer zweiten Arbeitsstellung, in einer vereinfachten Teilansicht von schräg oben;

Fig. 3 in einer vereinfachten, schematischen Teilansicht von oben eine Rundschleifvorrichtung gemäss einer ersten bevorzugten Ausführungsart der Erfindung;

Fig. 4 die Rundschleifvorrichtung aus Fig. 1 in einer vereinfachten, schematischen Teilansicht von vorne.

[0028] Grundsätzlich sind in den Figuren gleiche Teile mit gleichen Bezugszeichen versehen.

Wege zur Ausführung der Erfindung

[0029] In den Figuren 1 und 2 ist eine Aussenrundschleifmaschine 10 dargestellt, die ein stabiles stationäres Maschinenbett (nicht dargestellt) aufweist. Auf dem Maschinenbett ist eine gerade Linearführung (nicht dargestellt) angeordnet, die nachfolgend als erste Linearführung bezeichnet wird. Ein Schlitten 11, nachfolgend als erster Schlitten 11 bezeichnet, ist auf der ersten Linearführung geradlinig verfahrbar, wie es in Fig. 1 durch den Doppelpfeil 62 angegeben ist.

[0030] Auf dem ersten Schlitten 11 ist ein Werkstückspindelstock 13 fest angeordnet, in welchem eine Werkstückspindel 12 um eine im Wesentlichen horizontale Werkstückspindelachse (nicht dargestellt) drehbar gelagert ist, wobei sich die Werkstückspindelachse parallel zur Verfahrachse des ersten Schlittens 11 auf der ersten Linearführung (d.h. parallel zur ersten Linearführung) erstreckt. An einem fliegenden Ende der Werkstückspindel 12 ist eine Werkstückspannvorrichtung 16 angeordnet, in welcher ein Längsende eines länglichen Werkstücks 18 eingespannt ist. Die Werkstückspindel 12 wird von einem Motor (nicht dargestellt) derart angetrieben, dass sie sich beim Schleifen mit einer Tourenzahl von ungefähr 800 U/min um die Werkstückspindelachse dreht, wie es in Fig. 1 durch den Pfeil 15 angegeben ist.

[0031] Auf dem Maschinenbett ist eine weitere gerade Linearführung (nicht dargestellt) angeordnet, die nachfolgend als zweite Linearführung bezeichnet wird. Ein Schlitten (nicht dargestellt), nachfolgend als zweiter Schlitten bezeichnet, ist entlang der zweiten Linearführung schräg zur Werkstückspindelachse im Wesentlichen horizontal verfahrbar. Der zweite Schlitten trägt den Schleifspindelstock (nicht dargestellt) der Aussenrundschleifmaschine 10, wobei im Schleifspindelstock eine Schleifscheibe 20 um eine im Wesentlichen horizontale Schleifscheibenachse (nicht dargestellt) dreh-

bar gelagert ist. Der zweite Schlitten und die zweite Linearführung sind Teil einer ersten Zustelleinrichtung, welche dazu dient, die Schleifscheibe 20 gegen das Werkstück 18 zuzustellen und wieder von ihm weg zu fahren, wie es in Fig. 1 durch den Doppelpfeil 22 angegeben ist.

[0032] Die in den Figuren 1 und 2 dargestellte Aussenrundschleifmaschine 10 ist mit einer Maschinensteuerung versehen, die zur Steuerung sämtlicher Komponenten der Aussenrundschleifmaschine 10 und insbesondere auch zur Steuerung der ersten Zustelleinrichtung sowie der weiter nachfolgend beschriebenen zweiten Zustelleinrichtung ausgebildet ist.

[0033] Weiter ist auf dem ersten Schlitten gegenüber dem Werkstückspindelstock 13 ein Reitstock 30 fest montiert. An der dem Werkstückspindelstock 13 zugewandten Stirnseite des Reitstocks 30 ist eine in Richtung zum Werkstückspindelstock 13 hin vorstehende Pinole 32 angeordnet, wobei diese Pinole 32 mittels eines hydraulischen Antriebs (nicht dargestellt) bezüglich dem Reitstock 30 parallel zur Werkstückspindelachse verfahrbar ist.

[0034] Die Werkstückspindel 12 und die Pinole 32 sind derart angeordnet, dass das an einem Längsende in der Werkstückspannvorrichtung 16 eingespannte Werkstück 18 zwischen der Werkstückspindel 12 und der Pinole 32 aufgenommen ist, wobei es während seiner Rotation um die Werkstückspindelachse am anderen Längsende von der Pinolenspitze stabilisiert wird. Zudem sind der Reitstock 30, der Werkstückspindelstock 13 und der auf der zweiten Linearführung verfahrbare Schleifspindelstock bezüglich einander derart angeordnet, dass die Schleifscheibe 20 mittels der ersten Zustelleinrichtung zwischen der Werkstückspindel 12 und der Pinolenspitze gegen das Werkstück 18 zustellbar ist.

[0035] Die Schleifscheibe 20 ist zum Schleifen einer konischen Aussenfläche des Werkstücks 18 ausgebildet, die bezüglich der Werkstückspindelachse rotationssymmetrisch ausgebildet ist. Das Werkstück 18 hat weiter eine kreiszylindrisch ausgebildete Aussenfläche, die ebenfalls rotationssymmetrisch bezüglich der Werkstückspindelachse ausgebildet ist. Die beiden Werkstückflächen sind zueinander derart benachbart angeordnet, dass zwischen ihnen eine kreisförmige Übergangskante gebildet ist, wobei das Werkstück im Bereich der zylindrischen Aussenfläche (und somit im Bereich der Übergangskante) einen Durchmesser von ungefähr 4 mm hat. Die Schleifscheibe 20 hat einen Scheibendurchmesser von ungefähr 500 mm und wird von einem Motor (nicht dargestellt) derart angetrieben, dass sie sich beim Schleifen mit einer Tourenzahl von ungefähr 1750 U/min um die Schleifscheibenachse dreht. Dabei ist die Drehrichtung der Schleifscheibe 20 - wie in Fig. 1 durch den Pfeil 21 angegeben - derart gewählt, dass die Geschwindigkeit der Schleifscheibe 20 im Bereich, wo die Schleifscheibe 20 das Werkstück 18 berührt, der Geschwindigkeit des Werkstücks 18 zufolge

seiner Rotation um die Werkstückspindelachse in diesem Bereich entgegen gerichtet ist.

[0036] Auf dem ersten Schlitten 11 ist im Bereich zwischen dem Werkstückspindelstock 13 und dem Reitstock 30 weiter ein Messplattformsockel 42 fest angeordnet. Auf dem Messplattformsockel 42 ist ein dritter Schlitten 50 angeordnet, der entlang einer dritten Linearführung rechtwinklig zur Werkstückspindelachse und im Wesentlichen horizontal bezüglich dem Messplattformsockel 42 verfahrbar ist, wie es in Fig. 1 durch den Doppelpfeil 52 angegeben ist. Der dritte Schlitten 50 dient als Messplattform 50, welche ein Messgerät trägt, das zum Messen unter anderem des Durchmessers des mit der Schleifscheibe 20 bearbeiteten Werkstücks 18 ausgebildet ist, um einen messgesteuerten Schleifvorgang durchführen zu können.

[0037] Der Messplattformsockel 42 und der dritte Schlitten 50 sowie die dritte Linearführung sind Teil einer Messplattformpositioniervorrichtung, welche dazu dient, die Messplattform 50 gegen das Werkstück 18 hin und wieder von ihm weg zu verfahren. Dabei ist die Messplattformpositioniervorrichtung derart ausgebildet und angeordnet, dass der dritte Schlitten 50 bzw. die Messplattform 50 auf der in Bezug auf das Werkstück 18 der Schleifscheibe 20 gegenüberliegenden Seite des Werkstücks 18 angeordnet ist.

[0038] Auf dem dritten Schlitten 50 bzw. der Messplattform 50 ist weiter eine Hilfsspindel 56 angeordnet, die um eine rechtwinklig zur Werkstückspindelachse angeordnete und schräg nach unten geneigte Hilfsspindelachse bezüglich dem dritten Schlitten 50 drehbar gelagert ist. An einem fliegenden Ende der Hilfsspindel 56 ist eine Honstiftspannvorrichtung angeordnet, in welcher ein Längsende eines länglichen Honstifts 54 eingespannt ist, der im Wesentlichen die Form eines geraden Kreiszylinders hat, wobei die Zylinderachse des Honstifts 54 coaxial zur Hilfsspindelachse angeordnet ist. Die von der Hilfsspindel entfernte Zylindergrundfläche des zylinderförmigen Honstifts 54 bildet die Abrasivoberfläche bzw. die Honoberfläche des Honstifts 54.

[0039] Die Hilfsspindel 56 ist mitsamt dem Honstift 54 mittels eines pneumatischen Antriebs bezüglich dem dritten Schlitten 50 in Richtung der Hilfsspindelachse geradlinig verfahrbar, wie es in Fig. 1 durch den Doppelpfeil 44 angegeben ist. Dieser pneumatische Antrieb sowie die aus dem Messplattformsockel 42 und dem dritten Schlitten 50 gebildete Messplattformpositioniervorrichtung sind Teil einer zweiten Zustelleinrichtung, welche dazu dient, den Honstift 54 gegen das Werkstück 18 derart zuzustellen, dass seine Honoberfläche gegen die zylindrische Aussenfläche des Werkstücks 18 drückt. Bei der in den Figuren 1 und 2 dargestellten Aussenrundscheifmaschine 10 ist die zweite Zustelleinrichtung derart ausgebildet und angeordnet, dass der Honstift 54 auf der in Bezug auf das Werkstück 18 der Schleifscheibe 20 gegenüberliegenden Seite des Werkstücks 18 von schräg oben gegen die zylindrische Aussenfläche des Werkstücks gedrückt wird, während

gleichzeitig die Schleifscheibe von der ersten Zustelleinrichtung im Wesentlichen horizontal gegen das Werkstück 18 zugestellt wird, um die konische Aussenfläche des Werkstücks 18 zu schleifen. Weiter ist der pneumatische Antrieb zum Verfahren der Hilfsspindel 56 von der Maschinensteuerung derart betätigbar, dass dieser Antrieb über die Hilfsspindel 56 den Honstift mit einer applikationsspezifisch eingestellten Kraft gegen das Werkstück 18 drückt. Diese applikationsspezifische Kraft kann im Zuge der Einstellung der Aussenrundscheifmaschine 10 für eine Serie von Schleifprozessen (d.h. für eine Applikation) von einem Operateur an einer geeigneten Einstelleinrichtung manuell eingestellt werden.

[0040] Der Honstift 54 hat einen Durchmesser zwischen ungefähr 1 und 2 mm. Die Hilfsspindel 56 (und mit ihr der Honstift 54) wird von einem Motor (nicht dargestellt) derart angetrieben, dass sie sich beim Honen mit einer Tourenzahl zwischen ungefähr 50 und 100 U/min um die Hilfsspindelachse dreht. Dabei ist die Drehrichtung der Hilfsspindel 56 - wie in Fig. 1 durch den Pfeil 55 angegeben - derart ausgewählt, dass, wenn die Honoberfläche das Werkstück 18 im Bereich der zwischen der konischen und der zylindrischen Werkstückoberflächen gebildeten Übergangskante berührt, der Honstift (bzw. die Honoberfläche) im Bereich des Schnittpunkts der Berührungslinie mit der Übergangskante eine Geschwindigkeitskomponente entgegen der Richtung der Geschwindigkeit des Werkstücks 18 (zufolge der Rotation des Werkstücks 18 um die Werkstückspindelachse) in diesem Bereich hat.

[0041] In Fig. 1 ist die Aussenrundscheifmaschine 10 in einer Arbeitsstellung gezeigt, in der sowohl die Schleifscheibe 20 als auch der Honstift 54 gegen das Werkstück 18 zugestellt sind und das Werkstück 18 simultan sowohl von der Schleifscheibe 20 als auch vom Honstift 54 bearbeitet wird. In Fig. 2 ist die Aussenrundscheifmaschine 10 in einer Arbeitsstellung dargestellt, in welcher der Honstift 54 vom Werkstück 18 weg verfahren ist. Zudem ist in Fig. 2 der Übersichtlichkeit halber die Schleifscheibe 20 nicht dargestellt.

[0042] Um mittels der in den Figuren 1 und 2 dargestellten Aussenrundscheifmaschine 10 das Werkstück 18 derart zu schleifen, dass zwischen seiner zylindrischen Aussenfläche und seiner konischen Aussenfläche eine scharfe, gratfreie kreisförmige Übergangskante gebildet wird, wird zunächst das Werkstück 18 in die Werkstückspannvorrichtung 16 der in den Figuren 1 und 2 dargestellten Aussenrundscheifmaschine 10 eingespannt und mittels der Werkstückspindel 12 zur Drehung um die Werkstückspindelachse angetrieben. In einem ersten Schleifvorgang wird sodann, gesteuert durch die Maschinensteuerung, die um die Schleifscheibenachse rotierende Schleifscheibe 20 mittels der ersten Zustelleinrichtung derart gegen das Werkstück 18 zugestellt, dass mittels einer ersten Profilpartie der Schleifscheibe 20 die zylindrische Aussenfläche des Werkstücks 18 hochgenau geschliffen wird.

[0043] Anschliessend wird, gesteuert durch die Maschinensteuerung, die um die Schleifscheibenachse rotierende Schleifscheibe 20 mittels der ersten Zustelleinrichtung derart gegen das Werkstück 18 zugestellt, dass die Schleifscheibe 20 mittels einer zweiten Profilpartie der Schleifscheibe 20 die konische Aussenfläche des Werkstücks 18 schleift. Gleichzeitig mit dem Schleifen der konischen Werkstückfläche wird, betätigt von der Maschinensteuerung, der um die Hilfsspindelachse rotierende Honstift 54 mittels der zweiten Zustelleinrichtung derart gegen das Werkstück 18 zugestellt, dass die Honoberfläche des Honstifts 54 gegen die zylindrische Aussenfläche des Werkstücks 18 gedrückt wird. Der pneumatische Antrieb zum Verfahren der Hilfsspindel 56 ist zuvor im Zuge der Einstellung der Aussenrundscheifmaschine 10 von einem Operateur derart eingestellt worden, dass dieser Antrieb über die Hilfsspindel 56 den Honstift 54 mit einer Kraft von ca. 0.5 bis 1 Newton gegen das Werkstück 18 drückt. Der Honstift 54 wird mittels der zweiten Zustelleinrichtung derart gegen das Werkstück 18 gedrückt, dass die rechtwinklig zur Hilfsspindelachse angeordnete Honoberfläche des Honstifts 54 in einer Tangentialebene zur zylindrischen Werkstückfläche angeordnet ist und in einer an die Übergangskante angrenzenden Partie der zylindrischen Werkstückfläche diese entlang einer geraden Berührungslinie berührt. Die Berührungslinie erstreckt sich auf der Honoberfläche als ununterbrochene Linie von einem Aussenrand der Honoberfläche aus entlang eines durch die Zylinderachse des Honstifts 54 hindurch führenden Durchmessers bis über die Zylinderachse hinaus zur Übergangskante. Dabei steht die Honoberfläche des Honstifts 54 in Richtung der Berührungslinie von der zylindrischen Werkstückfläche weg um ca. 0.2 bis 0.3 mm über die Übergangskante hinaus vor. Dies hat zur Folge, dass ein beim Schleifen der konischen Werkstückfläche mittels der Schleifscheibe 20 allfällig entstehender Grat, der über die Übergangskante hinaus in den Bereich über der zylindrischen Werkstückfläche vorsteht, durch den Honstift 54 bzw. durch dessen Honoberfläche sofort abgetragen wird, so dass eine scharfe und gratfreie Übergangskante zwischen der zylindrischen und der konischen Aussenfläche des Werkstücks 18 gebildet wird. Durch die Bearbeitung mittels dem Honstift 54 wird jedoch das Mass der zuvor bereits hochgenau geschliffenen zylindrischen Aussenfläche des Werkstücks 18 nicht wesentlich verändert, denn die beim Bearbeiten bzw. Honen der zylindrischen Aussenfläche des Werkstücks 18 mittels dem Honstift 54 erbrachte Schleifleistung beträgt weniger als ungefähr 0.5 % der Schleifleistung, die von der Schleifscheibe 20 beim Schleifen der konischen Aussenfläche des Werkstücks 18 erbracht wird.

[0044] Durch die Maschinensteuerung gesteuert wird zeitgleich mit dem Beenden des Schleifvorgangs zum Schleifen der konischen Aussenfläche des Werkstücks 18 mittels der Schleifscheibe 20 auch der Honvorgang zum Honen der zylindrischen Aussenfläche des Werk-

stücks 18 mittels dem Honstift 54 beendet. Dadurch ist gewährleistet, dass keinerlei Grat an der zwischen der konischen und der zylindrischen Aussenfläche des Werkstücks 18 gebildeten Übergangskante übrig bleibt.

[0045] Die in den Figuren 1 und 2 dargestellte Aussenrundscheifmaschine 10 ist weiter mit einer Endlagenüberwachungseinrichtung für den Honstift versehen, die zwei Endlagensensoren umfasst. Der eine Endlagensensor detektiert die in Fig. 1 dargestellte Endlage des Honstifts 54 (Honstift 54 an Werkstück 18 zugestellt). Der andere Endlagensensor detektiert die in Fig. 2 dargestellte Endlage des Honstifts 54 (Honstift 54 von Werkstück 18 weg gefahren). Mittels der Endlagenüberwachungseinrichtung kann bei einem automatischen oder einem halbautomatischen Betrieb der Aussenrundscheifmaschine 10 ein Werkstückwechsel verhindert werden, wenn der Honstift 54 gegen das Werkstück 18 zugestellt ist. Zudem ermöglicht die Endlagenüberwachungseinrichtung auch das Erkennen eines Bruchs des Honstifts 54 und/oder eine Abnutzung des Honstifts 54 derart, dass er ausgewechselt werden muss.

[0046] In den Figuren 3 und 4 sind jeweils Teilbereiche einer Schleifscheibe 120, eines kreiszylinderförmigen Honstifts 154 und eines Werkstücks 118 dargestellt. Die Schleifscheibe 120 und der Honstift 154 sind Bestandteile einer Aussenrundscheifmaschine 110, die gemäss einer zweiten bevorzugten Ausführungsart der Erfindung konstruiert ist. Die restlichen Bestandteile der Aussenrundscheifmaschine 110 sind der Übersichtlichkeit halber in den Figuren 3 und 4 nicht dargestellt.

[0047] Das in den Figuren 3 und 4 dargestellte Werkstück 118 ist identisch zu dem in den Figuren 1 und 2 ausgebildeten Werkstück 18 ausgebildet. Es ist bezüglich einer Werkstückachse 114 rotationssymmetrisch ausgebildet und hat eine kreiszylindrische Aussenfläche 113 sowie eine konische Aussenfläche 117, die zueinander derart benachbart angeordnet sind, dass zwischen ihnen eine kreisförmige Übergangskante 119 gebildet ist.

[0048] In den Figuren 3 und 4 ist die Aussenrundscheifmaschine 110 in einer Arbeitsstellung gezeigt. In dieser Arbeitsstellung rotiert das Werkstück 118 um eine zur Werkstückachse 114 coaxial angeordnete Werkstückspindelachse, wie es in den Figuren 3 und 4 durch den Pfeil 115 angegeben ist. Zudem ist die Schleifscheibe 120 gegen die konische Aussenfläche 117 des Werkstücks 118 zugestellt, wobei die Schleifscheibe 120 um eine Schleifscheibenachse (nicht dargestellt) rotiert, wie es in den Figuren 3 und 4 durch den Pfeil 121 angegeben ist. Weiter ist in dieser Arbeitsstellung auch der Honstift 154 mit seiner Honoberfläche gegen die zylindrische Aussenfläche 113 des Werkstücks 118 zugestellt, wobei der Honstift 154 um eine zur Zylinderachse des Honstifts 154 koaxiale Hilfsspindelachse 153 rotiert, wie es in den Figuren 3 und 4 durch den Pfeil 155 angegeben ist. Dabei steht die Honoberfläche des Honstifts 154 in Richtung der zwischen der Honoberfläche und der zylindrischen Werkstückfläche 113 gebildeten Berüh-

rungslinie 109 von der zylindrischen Werkstückfläche weg um 10 % der Länge der Berührungslinie über die Übergangskante 119 hinaus vor.

[0049] Somit wird das Werkstück 118 in der in den Figuren 3 und 4 dargestellten Arbeitsstellung der Schleifmaschine 110 simultan sowohl von der Schleifscheibe 120 als auch vom Honstift 154 bearbeitet. Dabei sind die Drehrichtung 115 des Werkstücks 118 und die Drehrichtung 121 der Schleifscheibe 120 derart festgelegt, dass die Geschwindigkeit der Schleifscheibe 120 im Bereich, wo die Schleifscheibe 120 das Werkstück 118 berührt, der Geschwindigkeit des Werkstücks 118 zufolge seiner Rotation um die Werkstückspindelachse in diesem Bereich entgegen gerichtet ist. Weiter ist die Drehrichtung 155 des Honstifts 154 derart festgelegt, dass der Honstift (bzw. die Honoberfläche) im Bereich des Schnittpunkts der zwischen der Honoberfläche und der zylindrischen Werkstückfläche 113 gebildeten Berührungslinie 109 mit der Übergangskante 119 eine Geschwindigkeitskomponente entgegen der Richtung der Geschwindigkeit des Werkstücks 118 in diesem Bereich hat.

[0050] Die in den Figuren 3 und 4 dargestellte Aussenrundscheifmaschine 110 unterscheidet sich von der in den Figuren 1 und 2 dargestellten Aussenrundscheifmaschine 10 im Wesentlichen lediglich dadurch, dass der Honstift 154 nicht von schräg oben, sondern im Wesentlichen horizontal gegen das Werkstück 118 zugestellt wird, so dass die Honfläche des Honstifts 154 im Wesentlichen von einer von der Schleifscheibe 120 abgewandten Seite her entgegen der Zustellrichtung, in welcher die Schleifscheibe 120 gegen die konische Aussenfläche 117 des Werkstücks 118 zugestellt wird, gegen die zylindrische Aussenfläche 119 des Werkstücks 118 drückt. Daraus resultiert eine gute Stabilisierung des Werkstücks 118 während dem Schleifvorgang, was zur Erhöhung der Präzision beim Schleifen beitragen kann.

[0051] Bei einer weiteren, nicht in den Figuren dargestellten Aussenrundscheifmaschine gemäss einer vorteilhaften Erfindungsvariante ist die gesamte zweite Zustelleinrichtung mitsamt dem Messplattformsockel, dem pneumatischen Antrieb, dem dritten Schlitten, der Hilfsspindel und dem Honstift auf einem vierten Schlitten angeordnet, der entlang einer vierten geraden Linearführung parallel zur Werkstückspindelachse (und somit parallel zur ersten Linearführung) bezüglich dem ersten Schlitten verfahrbar. Durch die Verfahrbarkeit des vierten Schlittens wird die Möglichkeit geboten, während einer einzigen Werkstückaufspannung seriell nacheinander mehrere erfindungsgemässe Verfahren durchzuführen, um eine Mehrzahl von scharfen, gratfreien Übergangskanten zwischen jeweils zwei benachbarten rotationssymmetrischen Flächen des Werkstücks zu bearbeiten.

[0052] Zusammenfassend ist festzustellen, dass durch die Erfindung ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Rundscheifen angegeben werden, welche ein zu-

verlässiges und präzises Rundscheifen von Werkstücken mit einer scharfen und gratfreien Übergangskante zwischen zwei rotationssymmetrischen Flächen auch in der grossseriellen Fertigung ermöglichen.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Rundscheifen eines Werkstücks (18, 118), das eine Werkstückachse (114) hat und sich während der Durchführung des Verfahrens um die Werkstückachse (114) dreht, während gleichzeitig eine sich um eine Schleifscheibenachse drehende Schleifscheibe (20, 120) und das Werkstück (18, 118) gegeneinander zugestellt werden, um eine erste Werkstückfläche (117) zu schleifen, die bezüglich der Werkstückachse (114) rotationssymmetrisch ausgebildet ist, wobei das Werkstück weiter eine zweite Werkstückfläche (113) hat, die bezüglich der Werkstückachse (114) rotationssymmetrisch ausgebildet und durch eine geradlinige Erzeugende definiert ist und wobei die beiden Werkstückflächen (117, 113) zueinander derart benachbart angeordnet sind, dass zwischen ihnen eine kreisförmige Übergangskante (119) gebildet ist, **dadurch gekennzeichnet, dass** während des Schleifens ein um eine Hilfswerkzeugachse (153) drehendes Hilfsabradivwerkzeug (54, 154), das eine ebene, rechtwinklig zur Hilfswerkzeugachse (153) angeordnete Abrasivoberfläche hat, derart gegen das Werkstück (18, 118) gedrückt wird, dass die Abrasivoberfläche in einer Tangentialebene zur zweiten Werkstückfläche (113) angeordnet ist und die zweite Werkstückfläche (113) entlang einer Berührungslinie (109) berührt, wobei die Abrasivoberfläche in Richtung der Berührungslinie (109) von der zweiten Werkstückfläche (113) weg über die Übergangskante (119) hinaus vorsteht.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Andrücken des Hilfsabradivwerkzeugs (54, 154) gegen das Werkstück (18, 118) und das Schleifen der ersten Werkstückfläche (117) zeitgleich beendet werden.
3. Vorrichtung zum Rundscheifen, insbesondere nach Anspruch 1 oder 2, eines Werkstücks (18, 118), mit einer um eine Werkstückspindelachse rotierenden Werkstückspindel (12), die mit einem zur Aufnahme des Werkstücks (18, 118) ausgebildeten Werkstückhalter (16) versehen ist, einer um eine Schleifscheibenachse rotierenden Schleifscheibe (20, 120), und einer ersten Zustelleinrichtung, um die Schleifscheibe (20, 120) und das Werkstück (18, 118) gegeneinander zuzustellen, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Vorrichtung weiter ein um eine Hilfswerkzeugachse (153) rotierendes Hilfsabradivwerkzeug (54, 154) umfasst, das eine ebe-

ne, rechtwinklig zur Hilfswerkzeugachse (153) angeordnete Abrasivoberfläche hat, eine zweite Zustelleinrichtung zum Zustellen des Hilfsabrativwerkzeugs (54, 154) gegen das Werkstück (18, 118), sowie eine Steuerungseinrichtung zur Steuerung der Vorrichtung derart, dass mittels der ersten Zustelleinrichtung die Schleifscheibe (20, 120) und das Werkstück (18, 118) gegeneinander zugestellt werden, um in einem Schleifvorgang eine erste Werkstückfläche (117) zu schleifen, und dass während dem Schleifvorgang das Hilfsabrativwerkzeug (54, 154) mittels der zweiten Zustelleinrichtung gegen das Werkstück (18, 118) derart zugestellt wird, dass das Hilfsabrativwerkzeug (54, 154) mit seiner Abrasivoberfläche gegen eine zweite Werkstückfläche (113) drückt, wobei die beiden Werkstückflächen (117, 113) bezüglich der Werkstückspindelachse rotationssymmetrisch ausgebildet sind und die zweite Werkstückfläche (113) durch eine geradlinige Erzeugende definiert ist, und wobei die beiden Werkstückflächen (117, 113) zueinander derart benachbart angeordnet sind, dass zwischen ihnen eine kreisförmige Übergangskante (119) gebildet ist, und wobei die Abrasivoberfläche in einer Tangentialebene zur zweiten Werkstückfläche (113) angeordnet ist und die zweite Werkstückfläche (113) entlang einer Berührungslinie (109) berührt, und wobei die Abrasivoberfläche in Richtung der Berührungslinie (109) von der zweiten Werkstückfläche (113) weg über die Übergangskante (119) hinaus vorsteht.

4. Vorrichtung nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine Partie des Hilfsabrativwerkzeugs (54, 154) zylinderförmig ausgebildet ist, wobei die Abrasivoberfläche die Zylindergrundfläche ist.

5. Vorrichtung nach Anspruch 3 oder 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Hilfsabrativwerkzeug (54, 154) derart ausgebildet und während dem Andrücken gegen die zweite Werkstückfläche (113) derart angeordnet ist, dass sich die Berührungslinie (109) auf der Abrasivoberfläche als ununterbrochene Linie von einem Aussenrand der Abrasivoberfläche aus entlang eines durch die Hilfswerkzeugachse (153) hindurch führenden Durchmessers, bis über die Hilfswerkzeugachse (153) hinaus zur Übergangskante (119) erstreckt.

6. Vorrichtung nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** während dem Andrücken des Hilfsabrativwerkzeugs (54, 154) gegen die zweite Werkstückfläche (113) das Werkstück (18, 118) derart zur Rotation um die Werkstückspindelachse und das Hilfsabrativwerkzeug (54, 154) derart zur Rotation um die Hilfswerkzeugachse (153) angetrieben sind, dass das Hilfsabrativwerkzeug (54, 154)

im Bereich des Schnittpunkts der Berührungslinie (109) mit der Übergangskante (119) eine Geschwindigkeitskomponente entgegen der Richtung der Geschwindigkeit des Werkstücks (18, 118) in diesem Bereich hat.

7. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 3 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Hilfsabrativwerkzeug (54, 154) einen Honstift (54, 154) oder einen Feinschliffstein umfasst.

8. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 3 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** sie weiter ein Konditionierwerkzeug zum Konditionieren der Abrasivoberfläche umfasst.

9. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 3 bis 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** sie weiter Mittel zur wahlweisen Einstellung der Kraft umfasst, mit welchem das Hilfsabrativwerkzeug (54, 154) gegen die zweite Werkstückfläche (113) drückt.

10. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 3 bis 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Hilfsabrativwerkzeug (54, 154), während es mit der Abrasivoberfläche gegen die zweite Werkstückfläche (113) gedrückt wird, die zweite Werkstückfläche (113) mit einer wesentlich kleineren Schleifleistung bearbeitet als die Schleifleistung, mit welcher gleichzeitig die Schleifscheibe (20, 120) die erste Werkstückfläche (117) bearbeitet.

11. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 3 bis 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Hilfsabrativwerkzeug (54, 154) an einer bezüglich der Werkstückspindel (12) verfahrbaren Plattform (50) angeordnet ist, welche mit wenigstens einem Messgerät bestückt ist.

12. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 3 bis 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Hilfsabrativwerkzeug (54, 154) während dem Andrücken gegen die zweite Werkstückfläche (113) auf einer von der Schleifscheibe (20, 120) abgewandten Seite des Werkstücks (18, 118) angeordnet ist.

Fig. 1

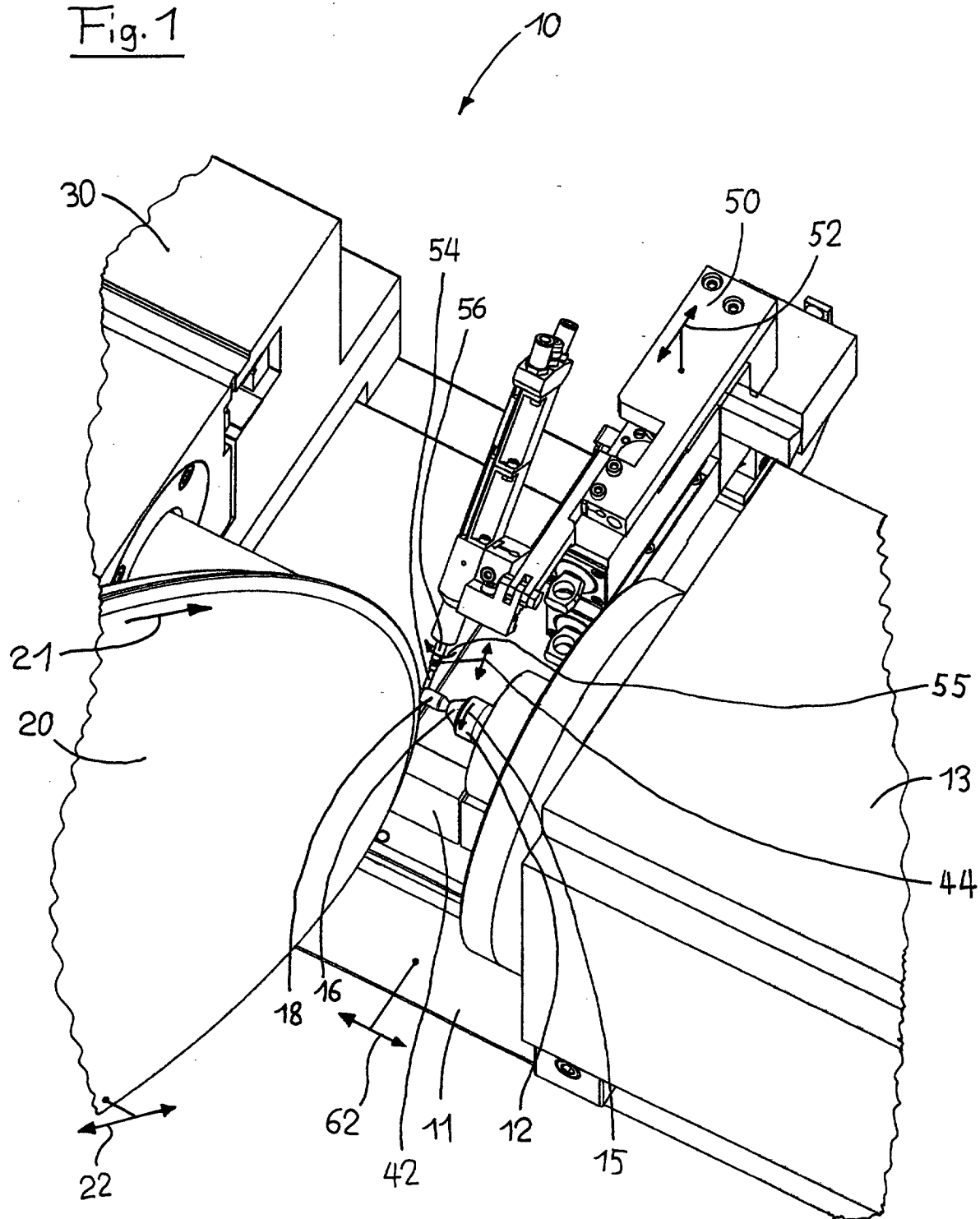


Fig. 2

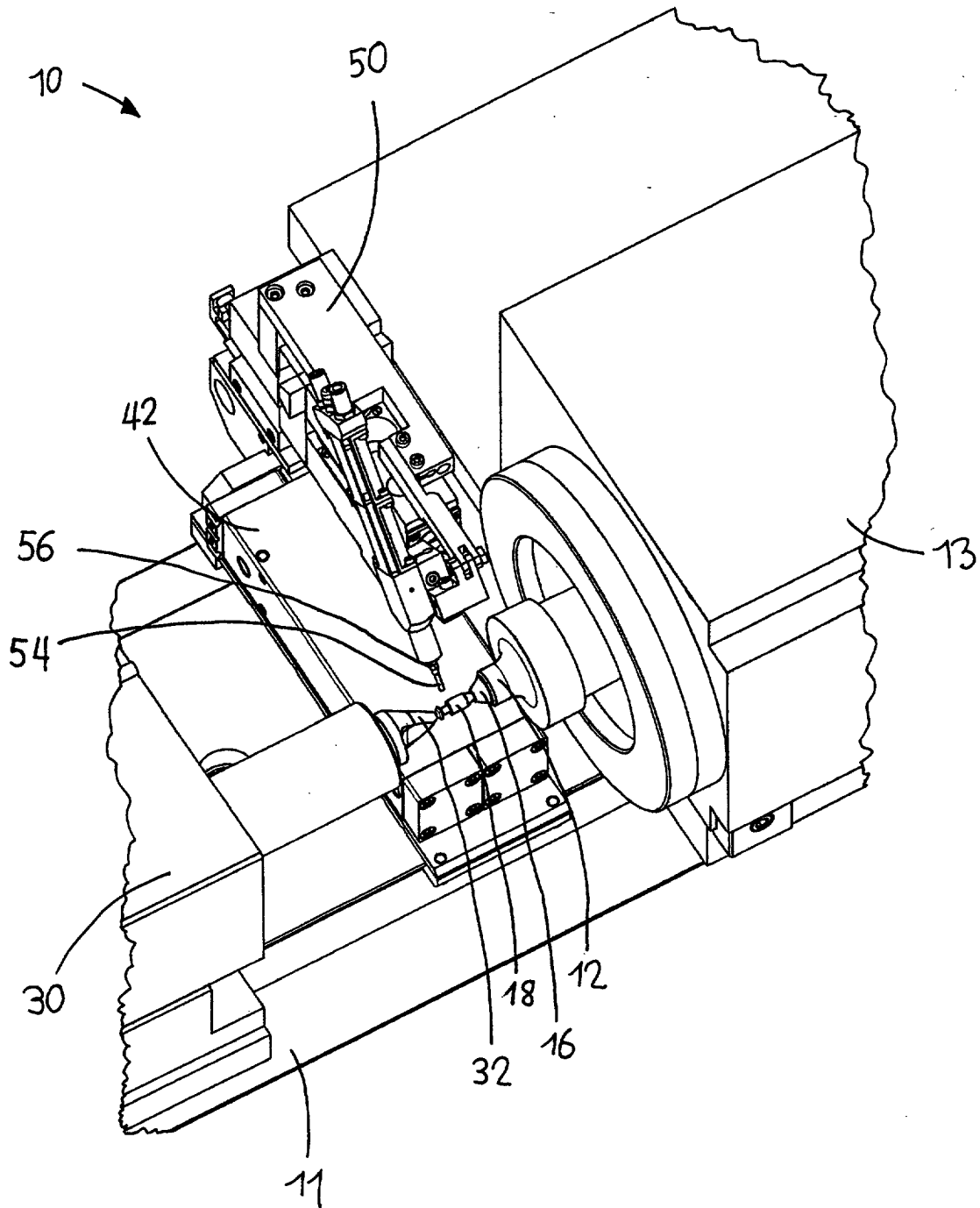


Fig3

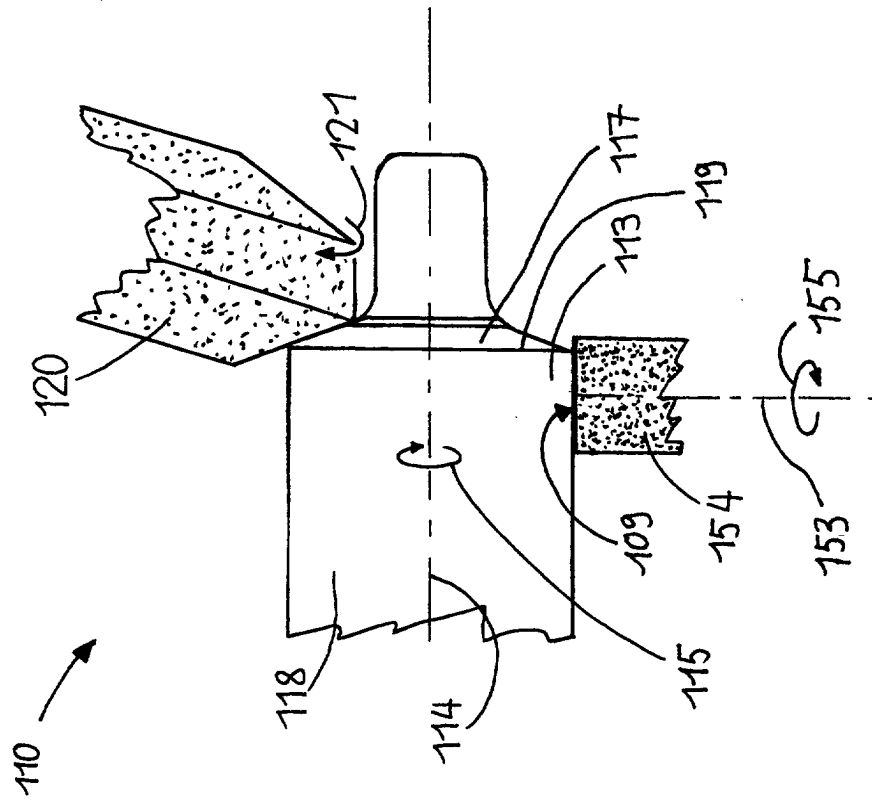
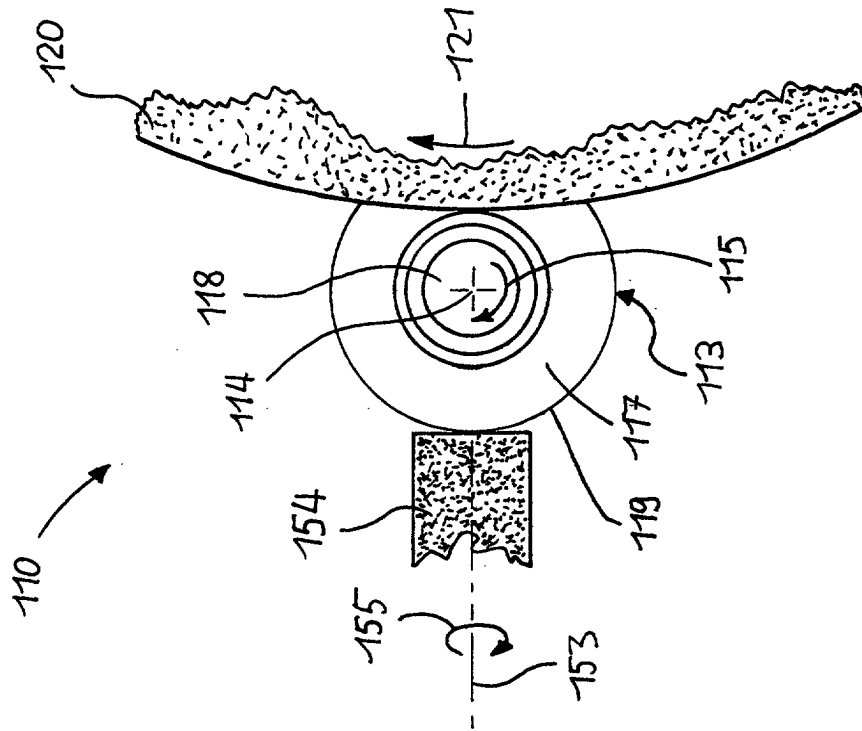


Fig.4





Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 03 40 5603

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int.Cl.7)
D,A	WO 01 60565 A (BOSCH GMBH ROBERT ;GRUENDLER ERNST (DE)) 23. August 2001 (2001-08-23) * Seite 1, Zeile 27 - Seite 2, Zeile 14; Abbildung 1 *	1-12	B24B5/14 B24B9/00
A	WO 99 32258 A (JUNKER ERWIN ;JUNKER ERWIN MASCHF GMBH (DE)) 1. Juli 1999 (1999-07-01) * Seite 7, Absätze 1,2; Abbildungen *	1-12	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int.Cl.7)
			B24B
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort MÜNCHEN		Abschlußdatum der Recherche 18. Dezember 2003	Prüfer Gelder, K
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 Patentedokument, 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	

EPO FORM 1503 03 82 (P04C03)

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

EP 03 40 5603

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.

18-12-2003

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
WO 0160565 A	23-08-2001	DE 10006559 A1	23-08-2001
		WO 0160565 A1	23-08-2001
		EP 1289712 A1	12-03-2003
		JP 2003522652 T	29-07-2003

WO 9932258 A	01-07-1999	DE 19756610 A1	01-07-1999
		BR 9814312 A	27-11-2001
		CA 2315930 A1	01-07-1999
		CN 1284022 T	14-02-2001
		DE 59807412 D1	10-04-2003
		WO 9932258 A1	01-07-1999
		EP 1039984 A1	04-10-2000
		ES 2190608 T3	01-08-2003
		JP 2001526120 T	18-12-2001
		SK 9052000 A3	08-10-2001
		US 6431954 B1	13-08-2002

EPO FORM P0461

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