

12

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

21 Anmeldenummer: 88105275.7

51 Int. Cl.4: **B24B 53/08**

22 Anmeldetag: 31.03.88

30 Priorität: 04.04.87 DE 3711502

43 Veröffentlichungstag der Anmeldung:
12.10.88 Patentblatt 88/41

64 Benannte Vertragsstaaten:
CH DE FR GB IT LI

71 Anmelder: **Saljé, Ernst**
Schulheide 4
D-2106 Bendestorf(DE)

72 Erfinder: **Saljé, Ernst**
Schulheide 4
D-2106 Bendestorf(DE)

74 Vertreter: **Koscholke, Gotthold, Dr.-Ing.**
Rheinallee 147
D-4000 Düsseldorf 11(DE)

54 **Verfahren und Vorrichtung zum Abrichten von Schleifscheiben.**

57 Einem Abrichtwerkzeug (W), das beim Abrichtvorgang auf einer Bahnkurve geführt wird und dabei im wesentlichen normal zur Schleifscheibenkontur steht, wird während des Abrichtvorganges eine Schwenkbewegung um einen Winkel (e) erteilt. Die Schwenkachse stimmt dabei zumindest annähernd mit einem Rundungs-Zentrum (Z) des Arbeitsbereiches (A) des Abrichtwerkzeuges (W) überein. Vorteilhaft wird zumindest ab und zu ermittelt, ob das Rundungs-Zentrum (Z) auf einer gegebenen Achse liegt. Bei einer Abweichung wird eine Übereinstimmung durch eine Verstellbewegung des Abrichtwerkzeuges (W) herbeigeführt.

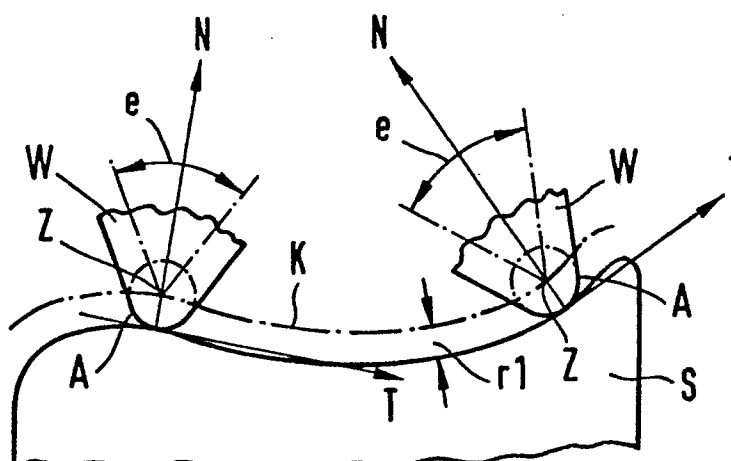


FIG. 4

EP 0 286 027 A2

Verfahren und Vorrichtung zum Abrichten von Schleifscheiben

Die Erfindung bezieht sich auf Verfahren und Vorrichtungen zum Abrichten von Schleifscheiben mit einem in einer Halterung aufgenommenen, im Arbeitsbereich ein gerundetes Profil aufweisenden Abrichtwerkzeug, insbesondere einem Diamantwerkzeug, das beim Abrichtvorgang mittels einer Steuerung auf einer Bahnkurve so über die Schleifscheibe geführt wird, daß es jeweils im wesentlichen normal zur Schleifscheibenkontur steht.

CNC-gesteuerte zwei-bzw. zweieinhalb-oder dreiachsige Nachformvorrichtungen sind ein bewährtes Mittel, um die Schleiftechnik flexibel zu gestalten. Jedoch ergeben sich Probleme beim Einsatz solcher Vorrichtungen, wenn es sich um die Erfüllung hoher Genauigkeitsforderungen handelt. Eine der wichtigsten Störgrößen bezüglich der Genauigkeit von CNC-Nachformvorrichtungen ist der Verschleiß am Abrichtwerkzeug, etwa am Diamanten. Die Genauigkeit des Profils einer Schleifscheibe ist sowohl von der kinematischen Genauigkeit der Bahnkurve des Abrichtwerkzeuges als auch von der Werkzeugform abhängig. Die Form wird aber vom Verschleiß beeinflusst. Dieser ist nur schwer vorausbestimmbar.

Aufgabe der Erfindung ist es, bestehende Schwierigkeiten und Nachteile der vorstehend angesprochenen Art möglichst weitgehend zu überwinden. Dabei soll eine Beeinflussung des Verschleißverhaltens des Abrichtwerkzeuges erreicht werden, die zu einem weitgehend gleichmäßigen Verschleiß des Abrichtwerkzeuges führen. Die Erfindung strebt weiterhin an, aus dem jeweiligen Zustand des Abrichtwerkzeuges Anhaltspunkte zu gewinnen, um die erforderliche Bahnkurve beim Abrichten möglichst gut berechnen und programmieren zu können. Mit der Erfindung sollen ferner vorteilhafte Ausführungen von Abrichtvorrichtungen geschaffen werden, die für die Bewältigung der bestehenden Schwierigkeiten besonders geeignet sind. Weitere mit alledem in Verbindung stehende Probleme, mit denen sich die Erfindung befaßt, ergeben sich aus der jeweiligen Erläuterung der aufgezeigten Lösung.

Die Erfindung sieht vor, daß dem Abrichtwerkzeug während des Abrichtvorganges eine Schwenkbewegung um eine Schwenkachse erteilt wird, die zumindest annähernd mit einem Rundungs-Zentrum des Arbeitsbereiches des Abrichtwerkzeuges übereinstimmt. Hierdurch wird erreicht, daß möglichst viele Einzelpartien des Arbeitsbereiches des Abrichtwerkzeuges im Verlauf des Abrichtvorganges zum Angriff an der Schleifscheibe kommen und dadurch der Verschleiß des Arbeitsbereiches vergleichmäßig wird. Dies ergibt außerdem auch den Vorteil, daß das Profil des

Abrichtwerkzeuges einen kontinuierlicheren Verlauf behält.

Das Rundungs-Zentrum ist bei einem kreisbogenförmigen Arbeitsbereich des Abrichtwerkzeuges der Kreismittelpunkt. Bei Abweichungen von der Kreisform läßt sich das Rundungs Zentrum als diejenige Stelle ansehen, von der aus radiale Strahlen zur Kontur in einem gewissen Winkelbereich im wesentlichen die gleiche Länge haben.

Die Frequenz der Schwenkbewegung des Abrichtwerkzeuges und die Größe derselben lassen sich je nach den Umständen wählen und können u.a. von der Länge des Arbeitsbereiches, den Konturwinkeln am Profil der Schleifscheibe, von der Dauer des Abrichtvorganges sowie von weiteren Größen abhängen, insbesondere verschleißbedingten Profiländerungen. Günstige Werte für die Frequenz können in der Größenordnung zwischen etwa 0,2 Hz und 2,5 Hz liegen. Der Schwenkwinkel kann im Bereich von etwa 15 bis 45 Grad liegen oder aber auch kleiner sein.

In weiterer Ausgestaltung des Verfahrens wird die Schwenkbewegung des Abrichtwerkzeuges nach Maßgabe eines vom Zustand des Abrichtwerkzeuges abhängigen Meßwert gesteuert. Dies kann sich sowohl auf die Größe als auch auf die Geschwindigkeit der Schwenkbewegung beziehen. So kann die Geschwindigkeit über den Schwenkwinkel ggfs. auch unterschiedlich groß gewählt werden.

Als Meßwert für die Steuerung der Größe oder der Geschwindigkeit der Schwenkbewegung kann ein geometrischer Wert in Frage kommen, etwa ein Längenmeßwert, der zwischen Abrichtvorgängen am Abrichtwerkzeug ermittelt wird. Es kann weiterhin auch ein Körperschall-Signal verwendet werden, das während des Abrichtvorganges an einem mit dem Abrichtwerkzeug in Verbindung stehenden Teil, insbesondere einer Halterung desselben, ermittelt wird. Es hat sich gezeigt, daß ein Körperschall-Spektrum bei stellenweise auftretendem Verschleiß am Abrichtwerkzeug charakteristische Merkmale zeigt. Diese können entsprechend ausgenutzt werden.

In weiterer Ausgestaltung des Verfahrens sieht die Erfindung vor, daß zumindest ab und zu vor Durchführung eines Abrichtvorganges durch einen Meßvorgang ermittelt wird, ob das Rundungs-Zentrum des Abrichtwerkzeuges zumindest annähernd auf einer gegebenen Schwenkachse für das Abrichtwerkzeug liegt, und daß bei einer Abweichung der Positionen eine zumindest weitgehende Übereinstimmung des Rundungs-Zentrums mit der Schwenkachse durch eine Verstellbewegung des Abrichtwerkzeuges herbeigeführt wird.

Hierdurch werden jeweils die optimalen Bedingungen für die während des Abrichtvorganges erfolgende Schwenkbewegung des Abrichtwerkzeuges erreicht.

Die Erfindung sieht weiterhin vor, daß zumindest ab und zu vor Durchführung eines Abrichtvorganges eine mittlere Abrundung des Arbeitsbereiches des Abrichtwerkzeuges ermittelt und der Wert dafür einem Programm für die Bahnsteuerung des Abrichtwerkzeuges zur Verarbeitung zugeleitet wird. Damit wird erreicht, daß jeweils eine möglichst genaue Bahnkurve für die Führung des Abrichtwerkzeuges verfügbar ist.

Bei der etwas weiter oben genannten Feststellung des Rundungs-Zentrums des Abrichtwerkzeuges und der hier angeführten Ermittlung der mittleren Abrundung des Arbeitsbereiches des Abrichtwerkzeuges kann es sich insbesondere um den gleichen Meßvorgang handeln.

Der Meßvorgang und ggfs. im Anschluß daran zu bewirkende Vorgänge oder Maßnahmen, besonders eine Verstellbewegung des Abrichtwerkzeuges, können manuell ausgeführt werden. In vielen Fällen ist aber eine automatische Durchführung wenigstens eines Teiles der einzelnen Schritte von Vorteil.

Gegenstand der Erfindung ist weiterhin eine Vorrichtung mit einem Halter für das Abrichtwerkzeug, das mittels einer mehrachsigen Steuerung, insbesondere einer CNC-Steuerung, relativ zu einer drehbar gelagerten, abzurichtenden Schleifscheibe in jeweils normal zu deren Kontur gerichteten Positionen bewegbar ist. Eine vorteilhafte Ausführung einer solchen Vorrichtung kennzeichnet sich dadurch, daß der Halter mittels eines steuerbaren Stellantriebs um eine Schwenkachse hin- und herbewegbar ist und das Abrichtwerkzeug im Halter in einer quer zur Schwenkachse einstellbaren Aufnahme so angeordnet ist, daß die Schwenkachse zumindest annähernd durch ein Rundungs-Zentrum des Abrichtwerkzeuges verläuft. Die Aufnahme des Abrichtwerkzeuges ist vorteilhaft mittels steuerbaren Stellantriebs einstellbar, insbesondere automatisch in Abhängigkeit von gemessenen oder vorgebbaren Größen.

In weiterer Ausgestaltung der Vorrichtung ist an vorgegebener Stelle im Bewegungsbereich des Abrichtwerkzeuges eine Meßeinrichtung angeordnet, die zur Ermittlung von geometrischen Werten am Arbeitsbereich des Abrichtwerkzeuges geeignet ist.

Zur weiteren Offenbarung der Erfindung mit ihren Einzelheiten, Merkmalen und Vorteilen wird ausdrücklich auf die nachstehend in Verbindung mit der Zeichnung gegebene Erläuterung Bezug genommen, ebenso auf die Ansprüche. In der Zeichnung zeigen:

Fig. 1 eine schematische Darstellung eines Abrichtvorganges an einer Schleifscheibe mit Konturverlauf,

Fig. 2 eine der Fig. 1 entsprechende Darstellung bei einem anderen Zustand des Abrichtwerkzeuges,

Fig. 3 eine Darstellung von geometrischen Gegebenheiten,

Fig. 4 eine schematische Darstellung eines Abrichtvorganges gemäß der Erfindung,

Fig. 5 eine erste Ausführung einer Vorrichtung gemäß der Erfindung,

Fig. 6 eine andere Ausführung der Vorrichtung,

Fig. 7 eine Einzelheit der Vorrichtung mit Halter für das Abrichtwerkzeug,

Fig. 8 einen Schnitt nach der Linie VIII - VIII in Fig. 7,

Fig. 9 eine Aufnahme für ein Abrichtwerkzeug, teils im Schnitt,

Fig. 10 eine abgewandelte Ausführung der Aufnahme,

Fig. 11 eine Teildraufsicht zu Fig. 10,

Fig. 12 ein Diagramm mit Veranschaulichung verschiedener ermittelter Meßwerte,

Fig. 13 eine Darstellung zur Ermittlung eines Rundungs-Zentrums beim Abrichtwerkzeug,

Fig. 14 ein Diagramm zur Veranschaulichung der Ermittlung eines Rundungs-Zentrums,

Fig. 15 eine weitgehend schematische Darstellung einer Meßwert-Ermittlung und -Verarbeitung,

Fig. 16 eine Vorrichtung mit drehbarem Abrichtwerkzeug und

Fig. 17 eine Draufsicht zu Fig. 16, teilweise im Schnitt.

Die Darstellung in Fig. 1 veranschaulicht das Abrichten einer Schleifscheibe S mit einem über die Breite kurvenförmig verlaufendem Profil P mittels eines Formwerkzeuges W, etwa einem Diamantwerkzeug, das in seinem Arbeitsbereich A abgerundet ist. Der vom Rundungs-Zentrum Z ausgehende Rundungsradius r_1 ist dabei ein wichtiger Parameter für den Abrichtvorgang. Mit seiner Halterung wird das Abrichtwerkzeug W mit Hilfe einer mehrachsigen Bahnsteuerung oder Nachformeinrichtung so geführt, daß sich sein Rundungs-Zentrum Z auf einer in Fig. 1 strichpunktiert eingezeichneten Bahnkurve K bewegt, die äquidistant zum Scheibenprofil P verläuft. Mit dem Buchstaben T ist jeweils die Tangente an das Profil P und mit dem Buchstaben N die Konturnormale bezeichnet.

Diese Darstellung läßt gleichzeitig auch erkennen, daß bei einer Änderung des Rundungsradius r_1 des Abrichtwerkzeuges W eine entsprechend geänderte Bahnkurve vorgegeben werden muß. In Fig. 3 ist veranschaulicht, daß Abrichtwerkzeuge W1 und W2 mit verschiedenen Rundungsradien r_1

und r2 auch verschiedene Bahnkurven K1 und K2 erfordern. Dabei wird zugleich auch deutlich, daß ein Profilfehler am Abrichtwerkzeug normal zur Kontur der Schleifscheibe zu Fehlern 1. Ordnung führt.

Bei dem Werkzeug W in Fig. 1 handelt es sich um ein sog. festes Werkzeug, das also gegenüber seiner unmittelbaren Aufnahme oder Halterung selbst keine Bewegung ausführt. Das Gesagte gilt grundsätzlich auch für ein drehbar gelagertes Abrichtwerkzeug, etwa eine Formabrichtrolle, wie eine solche in Fig. 1 strichpunktiert bei dem Buchstaben WR angedeutet ist. Der Verschleiß einer solchen Formabrichtrolle wird unter vergleichbaren Bedingungen wegen der großen Zahl von Einzeldiamanten über den Umfang der Formabrichtrolle allerdings geringer sein als bei einem Einzeldiamant bzw. einem einzelnen festen Abrichtwerkzeug in Gestalt einer "Formfliese" od.dgl.

In Fig. 2 ist ein Abrichtwerkzeug W veranschaulicht, dessen Arbeitsbereich A gegenüber dem ursprünglichen, strichpunktiert eingezeichneten Zustand einen Verschleiß erfahren hat. Durch dieses veränderte Istprofil hat sich der Berührungspunkt an der Schleifscheibe in Richtung der Konturnormalen N um den Wert p verschoben. Der Rundungsradius ist gegenüber dem Ausgangswert von r1 auf einen kleineren Wert r' zurückgegangen. Es muß nun eine Korrektur erfolgen, wenn der Konturfehler beseitigt werden soll. Fig. 2 macht deutlich, daß die Änderung des Rundungsradius mit der daraus resultierenden Profilverschiebung p zu einem Fehler führt, wenn nicht gleichzeitig mit einer Veränderung des Rundungsradius die Bahnkurve K auf einen anderen Abstand äquidistant zum Profil des Werkzeuges bzw. der Schleifscheibe verschoben wird.

Beim Abrichten kommt es außer der Einhaltung einer möglichst guten Profilgenauigkeit auch darauf an, die Topographie der Schleifscheibe gezielt zu beeinflussen. Dies besagt wiederum, daß z.B. der Überdeckungsgrad U des Abrichtwerkzeuges einen bestimmten Betrag haben muß. Der Überdeckungsgrad ist definiert als Quotient aus aktiver Eingriffsbreite und axialem Vorschub. Dies gilt streng genommen für gerade Schleifscheiben oder solche mit kleinen Konturwinkeln β . Bei profilierten Schleifscheiben mit großen Konturwinkeln β ist statt des axialen Vorschubes der tangentielle Konturvorschub zu setzen. Das Abrichtwerkzeug soll auch bei großen Konturwinkeln β senkrecht, d.h. in Richtung der Normalen N, zur Kontur der Schleifscheibe stehen (vgl. Fig. 1). Dies ist ein Grund dafür, daß das Abrichtwerkzeug mittels einer mehrachsigen Steuerung, insbesondere mit einer 3-Achsensteuerung, beim Abrichtvorgang geführt werden soll. Die Bahnkurve des Abrichtwerkzeuges ist dann eine Funktion der Koordinaten ZS, RS und β .

Die Erfindung sieht vor, daß dem Abrichtwerkzeug W während des Abrichtvorganges eine Schwenkbewegung erteilt wird, wie dies Fig. 4 veranschaulicht. Diese Schwenkbewegung erfolgt vorteilhaft um eine Schwenkachse, die zumindest annähernd mit dem Rundungs-Zentrum Z des Arbeitsbereiches A des Abrichtwerkzeuges W übereinstimmt. Die Schwenkebene ist insbesondere die Ebene, in der das Abrichtwerkzeug W auch seine Bewegung entlang der Bahnkurve erfährt. Die Schwenkbewegung geschieht vorteilhaft um die Normale N auf die Schleifscheibenkontur. Der Schwenkwinkel ist mit dem Buchstaben e bezeichnet. Seine Größe kann sich je nach den Erfordernissen richten.

Durch diese zusätzliche Schwenkbewegung um das Rundungs-Zentrum bzw. den Profilmittelpunkt des Abrichtwerkzeuges wird erreicht, daß sich der unumgänglich auftretende Werkzeugverschleiß zumindest weitgehend gleichmäßig am Arbeitsbereich des Abrichtwerkzeuges einstellt. Damit ist eine wichtige Fehlerquelle beseitigt.

Die Frequenz der Schwenkbewegung mit dem Winkel e läßt sich je nach den Umständen wählen. Sie kann vorteilhaft in der Größenordnung von einem Hertz liegen, aber auch noch geringer sein.

Wie weiter oben schon erläutert, ergibt sich ein auch dann ein Fehler, wenn der Rundungsradius des Abrichtwerkzeuges durch Verschleiß abnimmt. Es ist nicht möglich, hierbei ohne weiteres eine exakt verlaufende Bahnkurve vorzugeben. Um auch dies zu erreichen, wird zumindest ab und zu vor der Durchführung eines Abrichtvorganges eine mittlere Abrundung des Arbeitsbereiches des Abrichtwerkzeuges ermittelt, und es wird ein entsprechender Wert einem Programm für die Bahnsteuerung des Abrichtwerkzeuges zur Verarbeitung zugeleitet.

Eine vorteilhafte Vorrichtung dazu wird zusammen mit günstigen Ausbildungen des Abrichtsystems nachstehend im einzelnen erläutert.

Fig. 5 zeigt teils schematisch eine Flachschleifmaschine mit einem in Richtung der Achse XM geradlinig verschiebbaren Tisch 11 auf einem Gestell 12. In einem Ständer 13 ist ein Support mit Lagerung für eine Schleifscheibe S in an sich bekannter Weise in Richtung der Achse YM verstellbar. Auf einer am Ständer 13 vorgesehenen Führung 14 ist ein Querschlitzen 15 in Richtung der Achse ZD verschiebbar, der selbst wiederum eine Führung 16 für einen in Richtung der Achse XD verschiebbaren Längsschlitten 17 aufweist. In dem letzteren ist ein armförmiger Halter 18 so gelagert, daß er sich um eine Achse B drehen kann. Mit der Zahl 19 ist ein Stellantrieb, insbesondere ein geeigneter steuerbarer Elektromotor, bezeichnet und mit der Zahl 20 ein dem Stellantrieb zugeordneter Winkelschrittgeber. Am unteren Ende des Armes

18 befindet sich eine Aufnahme 21 für das Abrichtwerkzeug W. In Fig. 5 ist das letztere in einer Arbeitsposition an der Schleifscheibe gezeigt. Die Schlitten 16 und 17 sowie der Arm 18 werden durch eine mehrachsige Bahnsteuerung bekannter Art so gesteuert, daß sich der gewünschte Bewegungsablauf beim Abrichtvorgang ergibt. Dem Programm der Bahnsteuerung werden dabei Werte mitgeteilt, die Veränderungen im Zustand des Abrichtwerkzeuges berücksichtigen, insbesondere eine Änderung des Rundungsradius.

Auf dem Tisch 11 der Flachsleifmaschine nach Fig. 5 ist außerhalb des Arbeitsbereiches der Schleifscheibe, aber im Bewegungsbereich des Abrichtwerkzeuges W, wie er durch die genannten Teile 16, 17 und 18 gegeben ist, eine Meßeinrichtung 41 angeordnet, die weiter unten näher erläutert wird.

Fig. 6 veranschaulicht ebenfalls eine Flachsleifmaschine mit Gestell 12, Werkstücktisch 11, Ständer 13 und einer Abrichtvorrichtung. Es ist hier eine Querführung 14' in Hochkantordnung für einen Schlitten 15' vorgesehen, an dem in einer Führung 16' ein Tragschlitten 17' senkrecht zum Werkstücktisch 11 verschiebbar ist. Daran befindet sich ein Arm 18', der um eine horizontale Achse B' drehbar ist. Ein Stellantrieb 19' mit Winkelschrittgeber 20' ist auf dem Schlitten 17' angeordnet, wobei die Übertragung der Drehbewegung auf den Halter 18' über ein Kegelradgetriebe 22 erfolgt. Im übrigen gilt dazu das zu der Ausführung nach Fig. 5 Gesagte entsprechend.

Bei einer vorteilhaften Ausführung dient der Stellantrieb 19 bzw. 19' sowohl für die konturnormale Führung des Abrichtwerkzeuges als auch zum Bewirken der Schwenkbewegung um die Schwenkachse B. Die Erfindung schließt aber auch die Möglichkeit ein, für beides getrennte Stellantriebe od.dgl. vorzusehen.

Darüber hinaus sind noch andere Anordnungen und Ausbildungen von Abrichtvorrichtungen möglich. Auch ist die Anwendung nicht auf Flachsleifmaschinen beschränkt.

In den Fig. 7 bis 11 sind die Teile einer vorteilhaften Ausbildung einer Abrichtvorrichtung in größerem Maßstab dargestellt, wobei einander entsprechende oder gleiche Teile mit denselben Bezugszahlen wie in Fig. 5 bezeichnet sind. Der Stellmotor 19 dreht den von Wälzlagern 23 im Schlitten 17 gehaltenen Arm 18 über ein Zahnräder-Anpaßgetriebe 24.

Die am unteren Ende des Armes 18 befindliche Aufnahme 2 für das Abrichtwerkzeug W weist einen auswechselbar in einer Bohrung des Armes 18 befestigten Einsatz 25 auf, in dessen Bohrung ein Schaftteil 26, der am vorderen Ende das Abrichtwerkzeug W trägt, mittels einer Genauigkeitsspindel 27 axial verschiebbar ist. Die Spindel 27 greift

dabei in eine entsprechende Gewindebohrung 28 des Schaftteiles 26 ein. Mit der Zahl 29 ist ein in eine Längsnut des Schaftteiles 26 vorstehender Stift bezeichnet, der den Schaftteil bei seiner Bewegung gegen Drehen um seine Achse sichert.

Zum Drehen der Spindel 27 kann ein Handrad oder Drehknopf 30 vorgesehen sein, wie Fig. 9 zeigt, oder aber auch ein steuerbarer motorischer Antrieb 31, wie die Fig. 10 und 11 schematisch veranschaulichen. Auf einer Verlängerung 32 der Spindel 27 sitzt ein Schneckenrad 33, in das eine Schnecke 34 eingreift. Diese ist mittels eines steuerbaren Stellmotors 35, dem ein Winkelschrittgeber 36 od.dgl. zugeordnet ist, drehbar, derart, daß mittels des Stellmotors 35 der Schaft 26 und somit das Abrichtwerkzeug W feinfühlig axial verstellt werden kann.

Die Meßeinrichtung 41 besteht im wesentlichen aus einem empfindlichen Längentaster 42 (Meßuhr od.dgl.) mit einer Anlageplatte 43 und einer durch eine Skala 44 angedeuteten Anzeige. Der Längentaster ist vorteilhaft als Meßwertgeber ausgebildet, so daß die von ihm jeweils ermittelten Werte zur Verarbeitung in einem Rechner bzw. einer Steuerung weitergeleitet werden können.

Ein Meßvorgang läuft z.B. wie folgt ab. Zunächst wird mit Hilfe eines der Steuerung für die Teile der Abrichtvorrichtung eingegebenen Meßprogramms der Arm 18 zur Meßvorrichtung 41 hingefahren, bis sich der Arbeitsbereich des Abrichtwerkzeuges W gegen die Anlageplatte 43 legt und die Anzeige des Längentasters 42 einen Wert "0" angibt. Dadurch kann eine Schwenkung des Armes 18 mittels des Stellantriebs 19 um die Achse B um einen vorgebbaren Winkel ausgelöst werden, insbesondere einen Winkel, der demjenigen bei einer Schwenkbewegung des Abrichtwerkzeuges während des Abrichtvorganges entspricht (vgl. Fig. 4 und zugehörige Erläuterung).

Der hierbei entstehende Meßwert läßt sich auswerten. Weil aber in den meisten Fällen, so bei Verschleiß des Abrichtwerkzeuges, die Schwenkachse B nicht mehr mit dem Rundungs-Zentrum Z des Abrichtwerkzeuges zusammenfallen wird, ist es erforderlich, eine entsprechende Übereinstimmung herzustellen. Dies geschieht mittels des axial verstellbaren Schaftes 26 der Aufnahme 21 (Fig. 11 bzw. 12).

In Fig. 9 ist dargestellt, daß die Schwenkachse B um den Betrag h vom Mittelpunkt des Abrichtwerkzeuges W verschoben ist. Der beim Meßvorgang von der Meßeinrichtung 41 erfaßte Längenmeßwert sei mit dem Buchstaben "m" bezeichnet. In dem vorliegend angenommenen Fall ergibt sich dann der Wert "m" als Funktion des Schwenkwinkels α . Dies ergibt beispielsweise den Verlauf nach der Kurve a in Fig. 12. Im nächsten Schritt des automatischen Meßprogramms wird das Abricht-

Werkzeug W mit dem Arm 18 weiter gegen den Längentaster 42 vorbewegt. Unter Schwenkung des Armes 18 erfolgt dann eine neue Messung des Wertes "m" als Funktion des Schwenkwinkels bzw. des Unterschiedsbetrages zwischen der Schwenkachse B und dem Rundungs-Zentrum Z. Dies kann z.B. der Kurve b in Fig. 12 entsprechen. In einem der dann folgenden Schritte des Meßprogramms wird schließlich der Zustand erreicht sein, daß der Unterschiedsbetrag h zu Null wird. Dann stellt sich das Ergebnis der Messung für den Wert "m" als eine Gerade dar, entsprechend der Kurve c in Fig. 12. Jetzt fallen also die Schwenkachse B und das Rundungs-Zentrum Z des Abrichtwerkzeuges zusammen. Die Gerade c ergibt sich, wenn der Radius r1 des Abrichtwerkzeuges über den gesamten Schwenkwinkel konstant ist und mit dem Betrag von "m" übereinstimmt.

Bestehen Abweichungen von der Kreisform bzw. Symmetrie, dann weicht die ermittelte Kurve für "m" von einer Geraden ab. Die Kurve d in Fig. 12 besagt beispielsweise, daß im Scheitelpunkt des Arbeitsbereiches des Abrichtwerkzeuges nahezu symmetrisch der maximale Verschleiß vorgelegen hat. Die Schwenkachse lag dabei vor dem Profilmittelpunkt. Die Kurve f in Fig. 12 beschreibt ein unsymmetrisches Profil des Abrichtwerkzeuges. Alle Meßkurven lassen sich rechnergestützt weiterverarbeiten und auch abspeichern.

Die Zuordnung der Profilmitte des Abrichtwerkzeuges zur Schwenkachse B bzw. der Abstand h wird nach dem erläuterten Programm vorteilhaft automatisch durchgeführt, abhängig vom jeweiligen Meßresultat der Meßeinrichtung 41. Es ist aber auch eine manuelle Zuordnung bzw. Einstellung möglich, wobei dann z.B. eine Ausführung mit Drehknopf 30 (Fig. 9) benutzt wird.

Bei Unsymmetrie und/oder großen Änderungen des Meßwertes "m" als Funktion des Schwenkwinkels, was auf eine größere Fehlerhaftigkeit des Abrichtwerkzeuges hindeutet, wird vorteilhaft ein Signal zum Auswechseln des Werkzeuges gegeben.

Abweichungen der Meßresultate von den verlangten Genauigkeiten können erfindungsgemäß auch dazu benutzt werden, um die Bahnkurve des Abrichtwerkzeuges beim Abrichtvorgang relativ zum Profil der Schleifscheibe zu korrigieren.

So läßt sich mit der erläuterten Meßmethode insbesondere der Rundungsradius, der zur Bahnsteuerung des Abrichtwerkzeuges benötigt wird, zumindest angenähert finden. Das geometrische Prinzip zum Ausmitteln der Rundung ist in Fig. 13 veranschaulicht. Der Punkt Z ist der ursprüngliche Mittelpunkt des vorderen Endes des Abrichtwerkzeuges bzw. das Rundungs-Zentrum desselben. Die zugehörige ursprüngliche Ausgangskontur ist mit dem Buchstaben AK bezeichnet. Der Punkt M

ist das neue Rundungs-Zentrum, das zur veränderten Kontur VK des Arbeitsbereichs gehört. Von diesem Punkt M bis zur Istkontur VK des Abrichtwerkzeuges ergeben sich, in verschiedenen Winkeln gemessen, die Längenwerte m1 bis m5 als Funktion des Winkels e, d.h. ein Kurvenverlauf, wie ihn Fig. 14 zeigt. Das Meßprogramm ist vorteilhaft als sog. selbstlernendes Programm gestaltet, wie es durch den Fachmann ohne weiteres konzipiert werden kann. Dieses Programm bewirkt dann, daß der Schwenkmittelpunkt durch den zugehörigen Stellantrieb so verlagert wird, daß Unterschiede der Meßwerte m1 bis m5 untereinander zu Null werden.

Der Verlauf der Werte für "m" hängt, wie u.a. Fig. 9 erkennen läßt, von dem Abstand h zwischen den Punkten B und Z ab. Beim Selbstlernvorgang des Programms wird die Position entsprechend dem Wert h mit erfaßt. Fig. 15 zeigt dies. Der Winkelschrittgeber 36, der mit dem betreffenden Stellmotor 35 gekuppelt ist, kann die Verschiebung um den Betrag h richtungsabhängig messen. Bei einer veränderten Koordinate h lassen sich dann die Messungen von "m" wiederholen und die Ergebnisse vergleichen, bis derjenige Wert von h gefunden ist für den die Einzelabweichungen des Wertes "m" minimal werden.

Fig. 15 veranschaulicht dabei zugleich auch schematisch die erforderliche Signalverarbeitung. Die erwähnten ermittelten Werte für h, die Winkel e um die Schwenkachse B bzw. der Winkel e und die Meßwerte für "m" werden einem Rechner 45 zugeführt. Dieser gibt einerseits Stellsignale an die betreffenden Stellantriebe 35 bzw. 19 für die Verschiebung im Sinne des Wertes h und den Schwenkwinkel um die Achse B. Dies geschieht aufgrund von Strategien, wie sie vorstehend erläutert wurden und im übrigen entsprechend dem jeweiligen Bedarfsfall gewählt werden können. Als Ergebnis wird ein Wert für eine mittlere Abrundung rP erhalten. Diese Größe wird der Bahnsteuerung 46 bzw. deren Programm zur Steuerung der Bahnkurve für die Erzeugung des richtigen Profils der Schleifscheibe zugeführt.

Die Fig. 16 und 17 zeigen eine Abrichtvorrichtung, die mit einem Abrichtwerkzeug WR in Form einer drehbar gelagerten Rolle WR ausgestattet ist. Die Drehung der Abrichtrolle kann z.B. von einem Antriebsmotor 48 über einen Zahnriemen 49 erfolgen. Die Erläuterungen in der vorstehenden Beschreibung gelten für ein solches Abrichtwerkzeug, seine Halterung und seine Bewegungsmöglichkeiten sinngemäß und entsprechend.

Wie sich gezeigt hat, stehen Körperschall-Signale beim Abrichten von Schleifscheiben in Korrelation zur Intensität des Schleifscheiben-Volumenstromes. Aus dieser Erkenntnis heraus sieht die Erfindung vor, während des Abrichtens an ein-

em mit dem Abrichtwerkzeug in Verbindung stehenden Teil Körperschall-Signale zu erfassen und zur Beeinflussung des Abrichtvorganges auszunutzen, insbesondere im Sinne einer Anpaß-Regelung.

Tritt z.B. der Fall ein, daß ein Abrichtwerkzeug an einer Stelle seines Arbeitsbereiches eine Unregelmäßigkeit, eine Beschädigung oder auch trotz sonst getroffener Maßnahmen einen ungleichmäßigen Verschleiß aufweist, so ist dies im Spektrum der Körperschall-Frequenzen erkennbar, namentlich, wenn das Abrichtwerkzeug beim Abrichtvorgang eine Schwenkung erfährt. Handelt es sich beispielsweise um eine einseitige Beeinträchtigung oder Verschleißerscheinung, dann ergibt sich bei einer Schwenkbewegung zu dieser Seite hin ein kleinerer Schleifscheiben-Spanquerschnitt und eine Abnahme des Körperschall-Signals in seiner Intensität. Diese Veränderung kann in verschiedener Weise ausgenutzt werden.

Wird das Abrichtwerkzeug beim Abrichtvorgang geschwenkt, wie dies weiter oben erläutert wurde, so kann es vorteilhaft sein, die Geschwindigkeit der Schwenkbewegung über den Schwenkwinkel ungleichmäßig ablaufen zu lassen, insbesondere so, daß Bereiche mit geringerer Körperschall-Intensität schneller durchfahren werden. Dies bedeutet, daß das Abrichtwerkzeug dann in den Partien geringer beansprucht wird, in denen ein Verschleiß oder eine sonstige Beeinträchtigung vorhanden ist.

In Fig. 7 ist ein Körperschall-Geber 50 am Halter 18 für das Abrichtwerkzeug W befestigt. Die Signalleitung ist mit der Zahl 51 bezeichnet. Die erfaßten Körperschall-Signale können einer Verarbeitungseinrichtung zugeleitet werden, die dann die im jeweiligen Fall gewünschten Maßnahmen oder Vorgänge auslöst. So kann die Signalleitung 51 z.B. an den Rechner 45 (Fig. 15) angeschlossen sein, der die Signale entsprechend einem vorgebbaren Programm verarbeitet und den Stellmotor 19 für die Schwenkbewegung um die Achse B so steuert, daß die Schwenkbewegung mit der gewünschten ungleichmäßigen Geschwindigkeit erfolgt. Ein solcher Körperschall-Geber 50 kann natürlich auch an einer anderen Stelle angebracht sein, so auch unmittelbar an der Aufnahme 21 für das Abrichtwerkzeug.

Ein ermitteltes Körperschall-Signal kann weiterhin auch dazu benutzt werden, den Abrichtvorgang grundsätzlich zu sichern und insbesondere dann zu beenden, wenn das Abrichtwerkzeug einen Zustand erreicht hat, mit dem ein ordnungsgemäßer Ablauf nicht mehr möglich ist. Auch dies läßt sich an der Art des Körperschall-Signals erkennen. Wird eine vorgebbare Schwelle für das Signal überschritten, kann über die Steuerung oder den Rechner der Vorgang beendet und zugleich ein Signal gegeben werden, das zur Auswechslung des Abrichtwerk-

zeuges auffordert.

Alle in der vorstehenden Beschreibung erwähnten bzw. in der Zeichnung dargestellten Merkmale sollen, sofern der bekannte Stand der Technik es zuläßt, für sich allein oder auch in Kombinationen als unter die Erfindung fallend angesehen werden.

Ansprüche

1. Verfahren zum Abrichten von Schleifscheiben mit einem in einer Halterung aufgenommenen, im Arbeitsbereich ein gerundetes Profil aufweisenden Abrichtwerkzeug, insbesondere einem Diamantwerkzeug, das beim Abrichtvorgang mittels einer Steuerung auf einer Bahnkurve so über die Schleifscheibe geführt wird, daß es je nach wesentlichen normal zur Schleifscheibe steht, dadurch gekennzeichnet, daß dem Abrichtwerkzeug während des Abrichtvorganges eine Schwenkbewegung um eine Schwenkachse erteilt wird, die zumindest annähernd mit einem Rundungs-Zentrum des Arbeitsbereiches des Abrichtwerkzeuges Übereinstimmt.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Schwenkbewegung des Abrichtwerkzeuges mit einer Geschwindigkeit ausgeführt wird, die der zeitlichen, verschleißbedingten Profiländerung angepaßt wird.
3. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 und 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Schwenkbewegung des Abrichtwerkzeuges mit einer in der Größenordnung von etwa einem Hertz liegenden Frequenz ausgeführt wird.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Schwenkung um einen Winkel im Bereich von etwa 15 bis 45 Grad ausgeführt wird.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Schwenkbewegung des Abrichtwerkzeuges in ihrer Größe und/oder Geschwindigkeit nach Maßgabe eines vom Zustand des Abrichtwerkzeuges abhängigen Meßwert gesteuert wird.
6. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß als Meßwert ein während des Abrichtvorganges an einem mit dem Abrichtwerkzeug in Verbindung stehenden Teil ermitteltes Körperschall-Signal verwendet wird.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß zumindest ab und zu vor Durchführung eines Abrichtvorganges durch einen Meßvorgang ermittelt wird, ob das Rundungs-Zentrum des Abrichtwerkzeuges zumindest annähernd auf einer gegebenen Schwenkachse für das Abrichtwerkzeug liegt, und daß bei einer Abweichung der Positionen eine zumindest weitgehende Übereinstimmung des Rundungs-Zen-

trums mit der Schwenkachse durch eine Verstellbewegung des Abrichtwerkzeuges herbeigeführt wird.

8. Verfahren zum Abrichten von Schleifscheiben mit einem in einer Halterung aufgenommenen, im Arbeitsbereich ein gerundetes Profil aufweisenden Abrichtwerkzeug, Insbesondere Diamantwerkzeug, das beim Abrichtvorgang mittels einer Steuerung auf einer Bahnkurve so über die Schleifscheibe geführt wird, daß es jeweils im wesentlichen normal zur Schleifscheibenkontur steht, insbesondere nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß zumindest ab und zu vor Durchführung eines Abrichtvorganges eine mittlere Abrundung des Arbeitsbereiches des Abrichtwerkzeuges ermittelt und der Wert dafür einem Programm für die Bahnsteuerung des Abrichtwerkzeuges zur Verarbeitung zugeleitet wird.

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 7 und 8, dadurch gekennzeichnet, daß der Meßvorgang und ggfs. im Anschluß daran auszuführende Vorgänge automatisch durchgeführt werden.

10. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 9, mit einem Halter für das Abrichtwerkzeug, das mittels einer mehrachsigen Steuerung, insbesondere einer CNC-Steuerung, relativ zu einer drehbar gelagerten, abzurichtenden Schleifscheibe in jeweils normal zu deren Kontur stehenden Ausrichtung bewegbar ist, dadurch gekennzeichnet, daß der Halter (18) mittels eines steuerbaren Stellantriebs (19) um eine Schwenkachse (B) hin- und herbewegbar ist und daß das Abrichtwerkzeug (W) im Halter (18) in einer quer zur Schwenkachse (B) einstellbaren Aufnahme (21) so angeordnet ist, daß die Schwenkachse (B) zumindest annähernd durch ein Rundungs-Zentrum (Z) des Abrichtwerkzeuges (W) verläuft.

11. Vorrichtung nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Aufnahme (21, 26) mittels steuerbaren Stellantriebs (35) einstellbar ist.

12. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 10 und 11 gekennzeichnet durch eine an vorgegebener Stelle im Bewegungsbereich des Abrichtwerkzeuges (W) angeordneten Meßeinrichtung (4), die zur Ermittlung von geometrischen Werten am Arbeitsbereich (A) des Abrichtwerkzeuges (W) geeignet ist.

13. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 10 bis 12, gekennzeichnet durch eine mit der Meßeinrichtung (41) zusammenwirkende Steuerung (45) zur zumindest annähernden automatischen Einstellung des Abrichtwerkzeuges (W) mit seinem Rundungs-Zentrum (Z) auf die Schwenkachse (B).

14. Vorrichtung nach den Ansprüchen 10 bis 13, dadurch gekennzeichnet, daß dem Stellantrieb (19) ein Winkelschrittgeber (20) zugeordnet ist.

15. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 10 bis 14, dadurch gekennzeichnet, daß der Stellantrieb (19) für die Schwenkbewegung des Abrichtwerkzeuges (W) zugleich der Stellantrieb für die gesteuerte Bahnbewegung ist.

16. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 10 bis 15, dadurch gekennzeichnet, daß der Halter (18) für das Abrichtwerkzeug (W) vertikal gerichtet ist.

17. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 10 bis 15, dadurch gekennzeichnet, daß der Halter (18) für das Abrichtwerkzeug (W) horizontal gerichtet ist.

18. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 10 bis 17, dadurch gekennzeichnet, daß der Halter (18) für das Abrichtwerkzeug (W) in zwei zueinander senkrechten Richtungen linear verstellbar ist.

19. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 10 bis 18, dadurch gekennzeichnet, daß das Abrichtwerkzeug ein feststehend gehaltenes Werkzeug (W) ist.

20. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 10 bis 18, dadurch gekennzeichnet, daß das Abrichtwerkzeug ein drehbar gelagertes Werkzeug (WR) ist.

21. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 10 bis 20, dadurch gekennzeichnet, daß am Halter (18) für das Abrichtwerkzeug (W, WR) oder einem damit in Verbindung stehenden Teil ein Körperschall-Sensor (50) vorgesehen ist.

22. Vorrichtung nach Anspruch 21, dadurch gekennzeichnet, daß der Körperschall-Sensor (50) an eine Informationsverarbeitung, Steuerung od.dgl. angeschlossen ist.

