



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
07.03.2001 Patentblatt 2001/10

(51) Int. Cl.⁷: **B24B 5/01, B24B 5/18**

(21) Anmeldenummer: **00117794.8**

(22) Anmeldetag: **18.08.2000**

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

(30) Priorität: **27.08.1999 DE 19940685**

(71) Anmelder:
**Schaudt Mikrosa BWF GmbH
70329 Stuttgart (DE)**

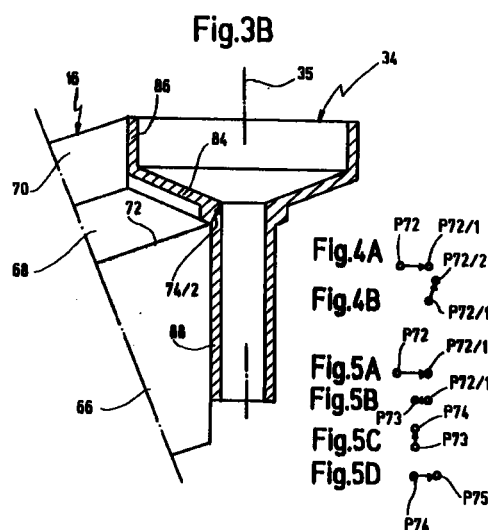
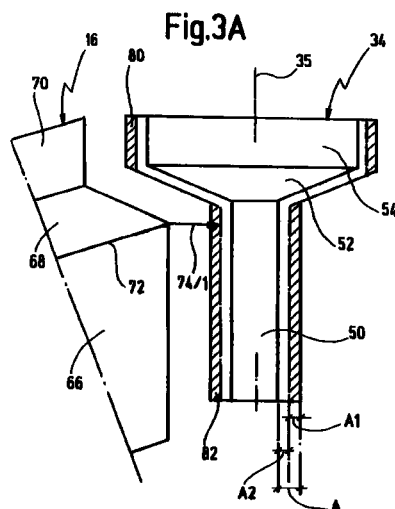
(72) Erfinder:
• **Mushardt, Heinrich, Dr.
21039 Neu-Börnsen (DE)**
• **Rauch, Ingo
70186 Stuttgart (DE)**

(74) Vertreter:
**Witte, Alexander, Dr.-Ing. et al
Witte, Weller & Partner,
Patentanwälte,
Postfach 105462
70047 Stuttgart (DE)**

(54) **Verfahren zum spitzenlosen Schräg-Einsteichschleifen und Schleifmaschine**

(57) Ein Verfahren und eine Schleifmaschine dienen zum spitzenlosen Schräg-Einsteichschleifen an einem um eine erste Achse (35) drehbaren Werkstück (34). Das Werkstück (34) umfaßt im wesentlichen zylindrische Abschnitte (50, 54) unterschiedlichen Durchmessers und mindestens eine zwischen den Abschnitten (50, 54) liegende Schulter (52). Eine an ihrem Umfang konisch ausgebildete Schleifscheibe (16) ist um ihre, zur Werkstückachse (35) um einen vorbestimmten Winkel geneigte Achse drehbar angeordnet. Mindestens eine Mantellinie des Umfanges wird in Eingriff mit dem Werkstück (34) gebracht. Die Schleif-

scheibe (16) und das Werkstück (34) sind um ein vorbestimmtes Aufmaß (A) relativ zueinander zustellbar, und zwar in mindestens zwei Schritten. In einem ersten Schritt (74/1) wird im wesentlichen in radialer Richtung (X) und in einem zweiten Schritt (74/2) im wesentlichen in axialer Richtung (Z) zugestellt, derart, daß im ersten Schritt im wesentlichen das Aufmaß (80, 82) im Bereich der zylindrischen Abschnitte (50, 54) und im zweiten Schritt im wesentlichen das Aufmaß (84) der Schulter (52) abgetragen wird.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum spitzenlosen Schräg-Einstechschleifen an einem um eine erste Achse drehbaren Werkstück mit im wesentlichen zylindrischen Abschnitten unterschiedlichen Durchmessers und mindestens einer zwischen den Abschnitten liegenden Schulter, bei dem eine an ihrem Umfang konisch ausgebildete Schleifscheibe um ihre, zur Werkstückachse um einen vorbestimmten Winkel geneigte Achse gedreht und mit mindestens einer Mantellinie des Umfanges in Eingriff mit dem Werkstück gebracht wird, und wobei weiterhin die Schleifscheibe und das Werkstück um ein vorbestimmtes Aufmaß relativ zueinander zugestellt werden.

[0002] Die Erfindung betrifft ferner eine Schleifmaschine zum spitzenlosen Schräg-Einstechschleifen an einem um eine erste Achse drehbaren Werkstück mit im wesentlichen zylindrischen Abschnitten unterschiedlichen Durchmessers und mindestens einer zwischen den Abschnitten liegenden Schulter, bei der eine an ihrem Umfang konisch ausgebildete Schleifscheibe um ihre, zur Werkstückachse um einen vorbestimmten Winkel geneigte Achse drehbar angeordnet und mit mindestens einer Mantellinie des Umfanges in Eingriff mit dem Werkstück bringbar ist, und wobei weiterhin die Schleifscheibe und das Werkstück um ein vorbestimmtes Aufmaß relativ zueinander zustellbar sind.

[0003] Ein Verfahren und eine Schleifmaschine der vorstehend genannten Art sind bekannt.

[0004] Beim spitzenlosen Schleifen wird bekanntlich ein drehbares Werkstück auf einer Auflage zwischen einer Schleifscheibe und einer Regelscheibe positioniert. Die Schleifscheibe wird dabei in Eingriff an einer Umfangsfläche des Werkstücks gebracht, während dieses gleichzeitig von der Regelscheibe abgestützt wird.

[0005] In diesem Zusammenhang ist es ferner bekannt, Werkstücke durch Schräg-Einstechschleifen zu bearbeiten. Beim Schräg-Einstechschleifen ist die Schleifscheibenachse zur Längsachse des Werkstücks um einen vorbestimmten Winkel geneigt. Der Außenumfang der Schleifscheibe ist in diesem Fall konisch, derart, daß die Mantellinie des konischen Abschnittes der Schleifscheibe z.B. parallel zur Achse des Werkstücks verläuft und damit das Schleifen zylindrischer Umfänge möglich ist.

[0006] Es ist in diesem Zusammenhang weiterhin bekannt, solche Werkstücke zu schleifen, die axiale Abschnitte unterschiedlichen Durchmessers aufweisen. Zwischen diesen Abschnitten befinden sich Schultern, die entweder Ringschultern mit einer in einer Radialebene verlaufenden Oberfläche sind oder geneigte Schultern, deren Fläche ein Konus ist und auf diese Weise die zylindrischen Abschnitte unterschiedlichen Durchmessers miteinander verbindet.

[0007] Beim Schräg-Einstechschleifen derartiger Werkstücke ist es bekannt, die Werkstücke auf der Auf-

lageschiene axial zu lagern, d.h. beim Schräg-Einstechschleifen gegen einen axialen Anschlag zu drücken.

[0008] Beim herkömmlichen spitzenlosen Schräg-Einstechschleifen wird zum Abtragen eines vorbestimmten Aufmaßes am Umfange des Werkstücks die Schleifscheibe in einer Richtung schräg zur Werkstückachse zugestellt. Es ist in diesem Zusammenhang bekannt, das Werkstück seinerseits zusammen mit der Auflage um diesen schrägen Winkel der Zustellung geneigt zur Längsmittlebene der Schleifmaschine anzuordnen, und zwar auf einem Schlitten, der senkrecht zur Werkstückachse verfahrbar ist. Die Regelscheibe wiederum ist auf einem zweiten Schlitten angeordnet, der auf dem erwähnten ersten Schlitten angeordnet und parallel zu dessen Vorschubrichtung ebenfalls verschiebbar ist, um die Regelscheibe an das Werkstück in radialer Richtung zur Werkstückachse anpressen zu können. Bei diesen bekannten Schleifmaschinen ist die Schleifspindel fest mit dem Maschinenbett verbunden. Die Drehachse der Schleifscheibe verläuft parallel zur Längsmittlebene der Schleifmaschine. Die Schleifscheibe ist an ihrem Umfang konisch ausgebildet, wobei der Konuswinkel gerade dem Neigungswinkel des Werkstücks zur Längsmittlebene der Schleifmaschine entspricht.

[0009] Bei dieser bekannten Vorgehensweise besteht die Gefahr, daß die Schleifscheibe zunächst nur mit dem Aufmaß im Bereich der Schulter in Eingriff gelangt und daher dieses Aufmaß abträgt, während sie mit dem zylindrischen Teil des Werkstückaufmaßes noch nicht in Berührung kommt. Dann kann sich zwischen Werkstück, Regelscheibe, Schleifscheibe und Auflageschiene eine undefinierte Lage ergeben, die unter dem gegen die Schulter wirkenden Schleifdruck zu einem Ausschlagen des Werkstücks und damit zu unerwünschten Bewegungen führt. Darüber hinaus ist der Antrieb der Drehung des Werkstücks durch die Regelscheibe in diesem Fall wegen der geringen Radialkraft, die über den Schleifscheibenkontakt allein an der Schulter des Werkstücks ausgeübt wird, nicht gewährleistet.

[0010] Ferner hat die bekannte Vorgehensweise den Nachteil, daß der Abtrag des Sollmaßes im Bereich der zylindrischen Abschnitte und im Bereich der Schulter voneinander abhängt, und zwar über den schrägen Winkel, unter dem die Schleifscheibe und das Werkstück relativ zueinander zugestellt werden.

[0011] Der Erfindung liegt demgegenüber die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren und eine Schleifmaschine der vorstehend genannten Art dahingehend weiterzubilden, daß die vorstehend genannten Nachteile vermieden werden.

[0012] Insbesondere soll zu jedem Zeitpunkt eine sichere Lage, Auflage und Anlage des Werkstücks gewährleistet sein, so daß nur eine definierte Bewegung des Werkstücks möglich ist. Auch soll sichergestellt sein, daß das Werkstück durch eine entsprechende Radialkraft in ausreichendem Maße an

der Regelscheibe anliegt und daher der Antrieb des Werkstücks gewährleistet ist. Schließlich soll es möglich werden, den Abtrag im Bereich der zylindrischen Abschnitte des Werkstücks und der Schulter separat nach den jeweiligen Gegebenheiten einzustellen.

[0013] Bei einem Verfahren der eingangs genannten Art wird diese Aufgabe erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß in einem ersten Schritt im wesentlichen in radialer Richtung und in einem zweiten Schritt im wesentlichen in axialer Richtung zugestellt wird, derart, daß im ersten Schritt im wesentlichen das Aufmaß im Bereich der zylindrischen Abschnitte und im zweiten Schritt im wesentlichen das Aufmaß der Schulter abgetragen wird.

[0014] Bei einer Schleifmaschine der eingangs genannten Art wird die Aufgabe erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß Mittel zum Zustellen in mindestens zwei Schritten vorgesehen sind, wobei in einem ersten Schritt im wesentlichen in radialer Richtung und in einem zweiten Schritt im wesentlichen in axialer Richtung zugestellt wird, derart, daß im ersten Schritt im wesentlichen das Aufmaß im Bereich der zylindrischen Abschnitte und im zweiten Schritt im wesentlichen das Aufmaß der Schulter abgetragen wird.

[0015] Die der Erfindung zugrundeliegende Aufgabe wird auf diese Weise vollkommen gelöst.

[0016] Durch Aufteilung der Zustellbewegung in zwei Schritte wird nämlich erreicht, daß zunächst im wesentlichen in radialer Richtung zugestellt wird, so daß die weiter oben geschilderten Probleme einer undefinierten Lage und undefinierten Bewegung des Werkstücks relativ zur Schleifscheibe, Auflage und Regelscheibe nicht auftreten können. Darüber hinaus kann man auf diese Weise den Abtrag im Bereich der zylindrischen Abschnitte separat vom Abtrag im Bereich der Schulter einstellen, da diese beiden Abträge in zeitlich aufeinanderfolgenden Schritten bewirkt werden.

[0017] Es ist jedoch bei einer bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung möglich, der Zustellbewegung im zweiten Schritt zusätzlich eine radiale Bewegungskomponente zu überlagern, derart, daß auch im zweiten Schritt ein Aufmaß im Bereich der zylindrischen Abschnitte abgetragen wird.

[0018] Diese Maßnahme hat den Vorteil, daß auch im zweiten Schritt eine Radialkraft auf das Werkstück ausgeübt wird, so daß auch im zweiten Schritt eine sichere Anlage des Werkstücks an der Regelscheibe gewährleistet ist.

[0019] Bei einer weiteren Variante der Erfindung wird nach dem ersten Schritt ein erster Zwischenschritt ausgeführt, in dem die Schleifscheibe in im wesentlichen radialer Richtung wieder vom Werkstück weg gefahren wird, und nach dem zweiten Schritt wird ein zweiter Zwischenschritt ausgeführt, in dem die Schleifscheibe in im wesentlichen radialer Richtung wieder auf das Werkstück zu gefahren wird.

[0020] Diese Maßnahme hat den Vorteil, daß durch eine weitere Differenzierung der Zustellbewegung

unterschiedliche Bereiche des Werkstücks definiert angefahren und das Aufmaß an diesen Bereichen in unterschiedlichen Schritten und damit unterschiedlich einstellbar abgetragen wird.

5 **[0021]** Bei bevorzugten Ausführungsformen der Erfindung beträgt der Winkel zwischen 10° und 30° .

[0022] Dieser Dimensionierungsbereich hat sich in der Praxis als optimal erwiesen.

10 **[0023]** Bei weiteren bevorzugten Ausführungsformen der Erfindung wird die Werkstückachse raumfest gehalten und die Schleifscheibe in radialer und in axialer Richtung relativ zur Werkstückachse bewegt.

15 **[0024]** Diese Maßnahme hat den Vorteil, daß eine einfache konstruktive Ausgestaltung der erforderlichen Schleifmaschine möglich ist, bei der mittels eines Kreuzschlittens oder dgl. die Bewegungsvorgänge der Schleifscheibe und damit sämtliche Bewegungsvorgänge zwischen Schleifscheibe und Werkstück ausgeführt werden können.

20 **[0025]** Die Zustellbewegung wird vorzugsweise durch Überlagerung von Schlittenbewegungen erzeugt, wobei alle denkbaren kombinatorischen Vertauschungen von Achsrichtungen möglich sind.

25 **[0026]** Weitere Vorteile ergeben sich aus der Beschreibung und der beigefügten Zeichnung.

30 **[0027]** Es versteht sich, daß die vorstehend genannten und die nachstehend noch zu erläuternden Merkmale nicht nur in der jeweils angegebenen Kombination, sondern auch in anderen Kombinationen oder in Alleinstellung verwendbar sind, ohne den Rahmen der vorliegenden Erfindung zu verlassen.

[0028] Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in der Zeichnung dargestellt und werden in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert. Es zeigen:

- 35 Fig. 1 eine äußerst schematisierte Draufsicht auf ein Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Schleifmaschine;
- 40 Fig. 2A einen Ausschnitt aus Fig. 1 in stark vergrößertem Maßstab;
- 45 Fig. 2b ein Vektordiagramm zur Erläuterung der Anordnung gemäß Fig. 2A;
- 50 Fig. 3A und 3B eine weitere Schemazeichnung zur Verdeutlichung des erfindungsgemäßen Verfahrens in zwei unterschiedlichen Verfahrensschritten;
- Fig. 4A und 4B die Vorgehensweise gemäß Fig. 3A und 3B in weiter schematisierter Darstellung;
- 55 Fig. 5A bis 5D eine Darstellung ähnlich Fig. 4A und 4B zur Erläuterung einer Variante des dort dargestellten Verfahrens.

[0029] In Fig. 1 bezeichnet 10 als Ganzes eine Schleifmaschine zum spitzenlosen Schräg-Einstechschleifen.

[0030] Die Schleifmaschine 10 umfaßt einen ersten Schlitten 12, der als Kreuzschlitten ausgebildet. Der erste Schlitten 12 ist damit entlang der bei 14 angedeuteten Achsen linear verstellbar, und zwar der sogenannten Z-Achse und der sogenannten X-Achse.

[0031] Eine Schleifscheibe 16 mit zugehörigem Antrieb 18 ist auf dem ersten Schlitten 12 befestigt. Eine Achse 20 des Antriebes 16 ist zur Z-Achse geneigt, und zwar um einen Winkel α . Der Winkel α liegt vorzugsweise im Bereich zwischen 10° und 30° .

[0032] Die Schleifmaschine 10 umfaßt ferner einen zweiten Schlitten 22, der ebenfalls als Kreuzschlitten ausgebildet ist und damit entlang der bei 24 angedeuteten Achsen, nämlich der Z-Achse und der X-Achse verfahrbar ist. Wie in Fig. 1 mit X' und einem gestrichelten Doppelpfeil angedeutet, kann der erste Schlitten 12 insoweit auch entlang der Achse verfahrbar sein, die nicht unter einem rechten Winkel zur Längsachse der Schleifmaschine 10 verläuft. Der zweite Schlitten 22 trägt eine Regelscheibe 26 mit Antrieb 28. Die Achse der Regelscheibe 26 ist mit 30 bezeichnet.

[0033] Zwischen den Schlitten 12 und 22 befindet sich eine Auflage 32 für ein Werkstück 34. Das Werkstück 34 ist von rotationssymmetrischer Gestalt und hat eine Längsachse 35. Das Werkstück 34 liegt in Achsrichtung an dem in Fig. 1 oberen Ende an einem axialen Anschlag 36 an. Der Anschlag 36 kann zu diesem Zweck eine kugelige oder drehbare Anlagefläche für das Werkstück 34 aufweisen.

[0034] Wichtig ist ferner, daß das Werkstück 34 eine Schulter 38 aufweist, die radial oder schräg ausgebildet sein kann.

[0035] Schließlich zeigt Fig. 1 noch eine Abrichteinrichtung 40 mit einem ersten Abrichtwerkzeug 42 für die Schleifscheibe 16 sowie einem zweiten Abrichtwerkzeug 44 zum Abrichten der Regelscheibe 26.

[0036] Im dargestellten Ausführungsbeispiel befindet sich die Abrichteinrichtung 40 auf der Auflage 32 und ist damit raumfest. Durch Verfahren der Schlitten 12 und 22 entlang der Achsen 14 bzw. 24 kann ein Abrichtvorgang ausgeführt werden. In Fig. 1 ist in durchgezogenen Linien dargestellt, daß die Schleifscheibe 16 durch Verfahren entlang der Achsen 14 mit ihrem Umfang an das erste Abrichtwerkzeug 42 herangeführt wurde, um dort in an sich bekannter Weise einen Abrichtvorgang auszuführen. In Fig. 1 ist mit strichpunktierten Linien der Zustand gezeigt, bei dem sich die Schleifscheibe 16 in Eingriff mit dem Werkstück 34 befindet bzw. gerade auf das Werkstück 34 hin zugestellt wird.

[0037] In Fig. 1 ist mit 46 noch eine Längsmittalebene bezeichnet, die parallel zur Z-Achse verläuft und zu deren beiden Seiten die Schlitten 12 und 22 angeordnet sind. Das Werkstück 34 befindet sich auf der Auflage 32 im wesentlichen in der Längsmittalebene 46.

[0038] In der Detaildarstellung gemäß Fig. 2A sind die Verhältnisse am Werkstück 34 nochmals in weiteren Einzelheiten dargestellt.

[0039] Man erkennt zunächst, daß das Werkstück 34 einen dünnen zylindrischen Abschnitt 50, einen konischen Übergangsabschnitt 52 sowie einen dickeren zylindrischen Abschnitt 54 aufweist. Der konische Abschnitt 52 bildet somit eine Schulter zwischen den zylindrischen Abschnitten 50 und 54. Der konische Abschnitt 52 ist dabei nur beispielhaft zu verstehen, weil an dessen Stelle auch eine radiale Ringachse vorgesehen sein könnte. Der Übergang zwischen den Abschnitten 50 und 52 ist mit 56 bezeichnet.

[0040] Die Regelscheibe 26 ist in entsprechender Weise mit einem größeren zylindrischen Abschnitt 60 und einem kleineren zylindrischen Abschnitt 62 versehen. Die Abschnitte 60 und 62 liegen an den zylindrischen Abschnitten 50 und 54 des Werkstücks 34 an.

[0041] Die Schleifscheibe 16 ist in ihrer Formgebung an die Formgebung des Werkstücks 34 angepaßt. In Abhängigkeit vom Winkel α weist die Schleifscheibe 16 einen ersten konischen Abschnitt 66, einen zweiten konischen Abschnitt 68 sowie einen dritten konischen Abschnitt 70 auf. Diese Abschnitte sind so gestaltet, daß sie gerade in Anlage an die Abschnitte 50, 52 und 54 des Werkstücks 34 gebracht werden können, indem sich Mantellinien der Abschnitte 50/66, 52/68 bzw. 54/70 aneinanderlegen. Bei der Schleifscheibe 16 ist der Übergang zwischen den Abschnitten 66 und 68 mit 72 bezeichnet.

[0042] Um das Werkstück 34 zu schleifen, müßte die Schleifscheibe 16 aus der in Fig. 2A dargestellten Position entlang eines Pfeiles 74 an das Werkstück 34 herangefahren und dann um das gewünschte Aufmaß zugestellt werden.

[0043] Der Pfeil 74 zeigt dabei, daß die Heranfahrt und Zustellrichtung zur Längsmittalebene 46 geneigt verläuft. Wie Fig. 2B zeigt, zerfällt der Pfeil 74 somit in eine Radialkomponente 74x entlang der X-Achse sowie in eine Axialkomponente 74z entlang der Z-Achse.

[0044] Erfindungsgemäß wird nun die Zustellbewegung in mehreren Schritten durchgeführt, wobei während jedes Schrittes überwiegend oder ganz axial oder radial zugestellt wird.

[0045] Dies ist in den Fig. 3A und 3B näher veranschaulicht.

[0046] Man erkennt in Fig. 3A, daß das Werkstück 34 ein Gesamtaufmaß A hat, das erfindungsgemäß in zwei Teilaufmäße A1 und A2 unterteilt wird.

[0047] In einem ersten Zustellschritt wird nun die Schleifscheibe 16 in radialer Richtung auf das Werkstück 34 zugestellt, wie in Fig. 3A mit einem Pfeil 74/1 angedeutet. Damit gelangen zunächst im wesentlichen die Abschnitte 66 und 70 in Eingriff mit Aufmaßbereichen 80 und 82 an den Abschnitten 50 und 54. In einem zweiten Verfahrensschritt gemäß Fig. 3B wird nun im wesentlichen axial zugestellt, wie mit einem Pfeil 74/2 angedeutet. Diese Zustellbewegung kann exakt axial

verlaufen, sie kann aber noch eine gewisse radiale Komponente beinhalten, wie in Fig. 3B gezeigt. Auf diese Weise wird im wesentlichen ein Aufmaß 84 am Abschnitt 52 des Werkstücks 34 abgetragen und, sofern eine radiale Komponente vorgesehen ist, weitere Aufmaße 86 und 88 in den Bereichen 50 und 54.

[0048] Auf diese Weise wird erreicht, daß beim ersten Schritt gemäß Fig. 3A das Werkstück 34 zunächst im wesentlichen in radialer Richtung belastet wird, so daß eine definierte Lage und Bewegung des Werkstücks 34 auf seiner Auflage 32 ebenso gewährleistet ist, wie eine sichere Anlage an der Regelscheibe 26.

[0049] Das vorstehend geschilderte Verfahren wird in Fig. 4A und 4B nochmals weiter schematisiert dargestellt. Mit P72 und P72/1 ist hier symbolisch die Bewegung der Schleifscheibe im Bereich des Überganges 72 dargestellt. Die Bewegung ist gemäß Fig. 4A streng radial und führt nach P72/1. Im zweiten Schritt gemäß Fig. 3B bzw. 4B wird die Schleifscheibe 16 im wesentlichen axial von P72/1 nach P72/2 verfahren.

[0050] Eine verfeinerte Variante zeigen die Fig. 5A bis 5B in einer Darstellung ähnlich Fig. 4A und 4B.

[0051] Danach wird die Schleifscheibe 16 bzw. der Umfang 72 unverändert im ersten Schritt in radialer Richtung von P72 nach P72/1 zugestellt. Nun wird jedoch ein Zwischenschritt gemäß Fig. 5B eingelegt, bei dem die Schleifscheibe von P72/1 um einen kleinen Betrag wieder nach P73 zurückgezogen, also vom Werkstück 34 weg gefahren wird. Aus dieser zurückgezogenen Stellung heraus wird gemäß Fig. 5C eine axiale Zustellung von P73 nach P74 vorgenommen, während dann in einem weiteren Zwischenschritt gemäß Fig. 5D wieder in radialer Richtung von P74 nach P75 zugestellt wird.

[0052] Auf diese Weise ist es möglich, das Aufmaß im Bereich der Übergänge zwischen den Bereichen 50 und 52 sowie 52 und 54 exakt auszuschleifen.

Patentansprüche

1. Verfahren zum spitzenlosen Schräg-Einstechschleifen an einem um eine erste Achse (35) drehbaren Werkstück (34) mit im wesentlichen zylindrischen Abschnitten (50, 54) unterschiedlichen Durchmessers und mindestens einer zwischen den Abschnitten (50, 54) liegenden Schulter (52), bei dem eine an ihrem Umfang konisch ausgebildete Schleifscheibe (16) um ihre, zur Werkstückachse (35) um einen vorbestimmten Winkel (α) geneigte Achse (20) gedreht und mit mindestens einer Mantellinie des Umfanges in Eingriff mit dem Werkstück (34) gebracht wird, und wobei weiterhin die Schleifscheibe (16) und das Werkstück (34) um ein vorbestimmtes Aufmaß (A) relativ zueinander zugestellt werden, dadurch gekennzeichnet, daß in mindestens zwei Schritten zugestellt wird, wobei in einem ersten Schritt (74/1) im wesentlichen in radialer Richtung (X) und in einem zweiten Schritt (74/2) im wesentlichen in axialer Richtung (Z) zugestellt wird, derart, daß im ersten Schritt im wesentlichen das Aufmaß (80, 82) im Bereich der zylindrischen Abschnitte (50, 54) und im zweiten Schritt im wesentlichen das Aufmaß (84) der Schulter (52) abgetragen wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Zustellbewegung im zweiten Schritt (74/2) zusätzlich eine radiale Bewegungskomponente überlagert wird, derart, daß auch im zweiten Schritt ein Aufmaß (86, 88) im Bereich der zylindrischen Abschnitte (50, 54) abgetragen wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß nach dem ersten Schritt ein erster Zwischenschritt ausgeführt wird, in dem die Schleifscheibe (16) in im wesentlichen radialer Richtung wieder vom Werkstück (34) weg gefahren wird und daß nach dem zweiten Schritt ein zweiter Zwischenschritt ausgeführt wird, in dem die Schleifscheibe (16) in im wesentlichen radialer Richtung wieder auf das Werkstück (34) zu gefahren wird.
4. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß der Winkel (α) zwischen 10° und 30° dimensioniert wird.
5. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Werkstückachse (35) raumfest gehalten und die Schleifscheibe (16) in radialer (X) und in axialer (Z) Richtung relativ zur Werkstückachse (35) bewegt wird.
6. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Zustellbewegung der Schleifscheibe (16) relativ zum Werkstück (34) durch Überlagerung von Schlittenbewegungen erzeugt wird.
7. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß eine erste Schlittenbewegung (X) unter einem rechten Winkel zur Werkstückachse (35) erfolgt.
8. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß eine erste Schlittenbewegung (X') unter einem spitzen Winkel zur Werkstückachse (35) erfolgt.
9. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 6 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß eine zweite Schlittenbewegung (Z) parallel zur Werkstückachse (35) erfolgt.
10. Schleifmaschine zum spitzenlosen Schräg-Ein-

stechschleifen an einem um eine erste Achse (35) drehbaren Werkstück (34) mit im wesentlichen zylindrischen Abschnitten (50, 54) unterschiedlichen Durchmessers und mindestens einer zwischen den Abschnitten (50, 54) liegenden Schulter (52), bei der eine an ihrem Umfang konisch ausgebildete Schleifscheibe (16) um ihre, zur Werkstückachse (35) um einen vorbestimmten Winkel (α) geneigte Achse (20) drehbar angeordnet und mit mindestens einer Mantellinie des Umfanges in Eingriff mit dem Werkstück (34) bringbar ist, und wobei weiterhin die Schleifscheibe (16) und das Werkstück (34) um ein vorbestimmtes Aufmaß (A) relativ zueinander zustellbar sind, dadurch gekennzeichnet, daß Mittel zum Zustellen in mindestens zwei Schritten vorgesehen sind, wobei in einem ersten Schritt (74/1) im wesentlichen in radialer Richtung (X) und in einem zweiten Schritt (74/2) im wesentlichen in axialer Richtung (Z) zugestellt wird, derart, daß im ersten Schritt im wesentlichen das Aufmaß (80, 82) im Bereich der zylindrischen Abschnitte (50, 54) und im zweiten Schritt im wesentlichen das Aufmaß (84) der Schulter (52) abgetragen wird.

5

10

15

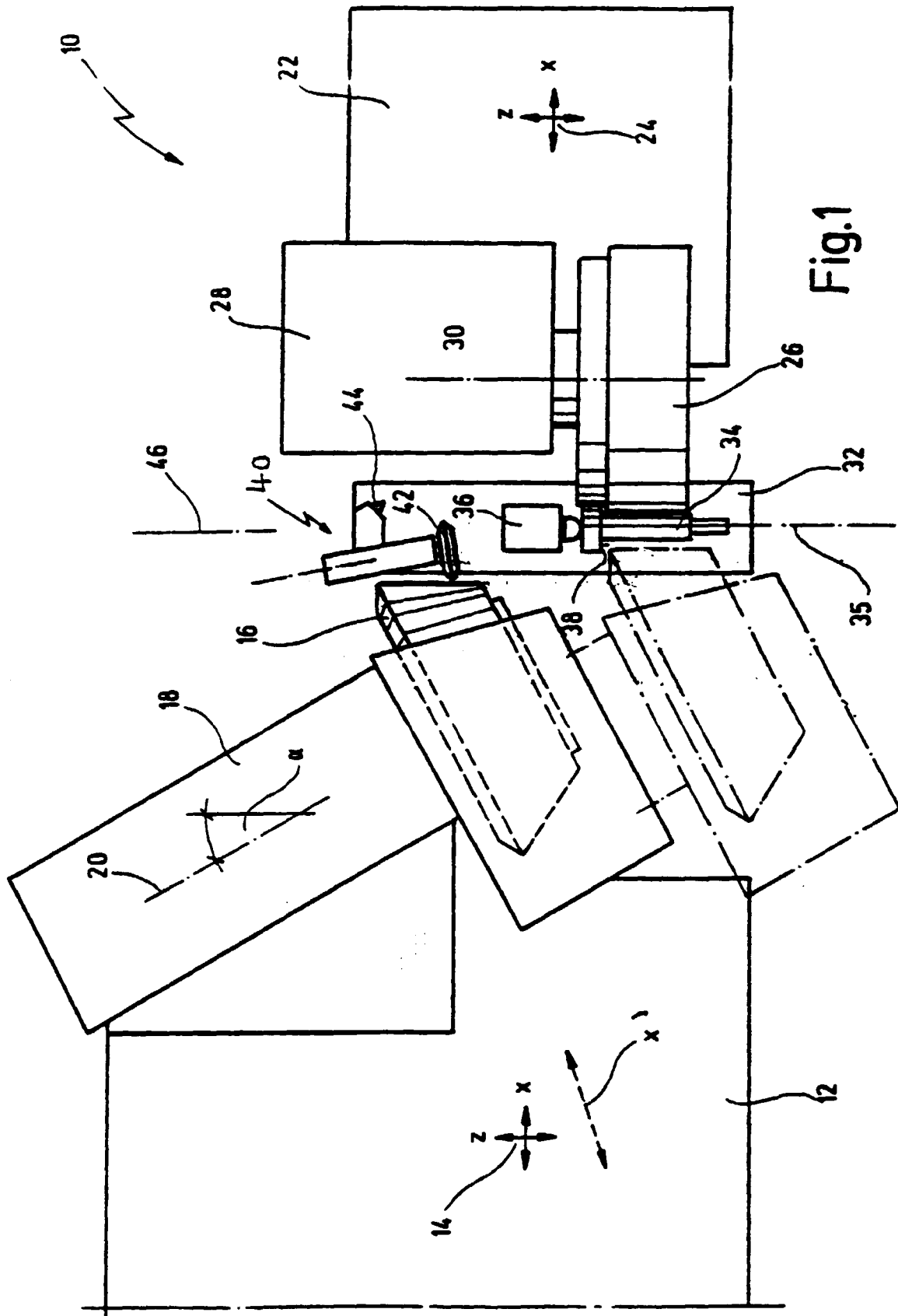
20

25

11. Schleifmaschine nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß der Zustellbewegung im zweiten Schritt (74/2) zusätzlich eine radiale Bewegungskomponente überlagerbar ist, derart, daß auch im zweiten Schritt ein Aufmaß (86, 88) im Bereich der zylindrischen Abschnitte (50, 54) abgetragen wird. 30
12. Schleifmaschine nach Anspruch 10 oder 11, dadurch gekennzeichnet, daß nach dem ersten Schritt ein erster Zwischenschritt ausführbar ist, in dem die Schleifscheibe (16) in im wesentlichen radialer Richtung wieder vom Werkstück (34) weg gefahren wird und daß nach dem zweiten Schritt ein zweiter Zwischenschritt ausführbar ist, in dem die Schleifscheibe (16) in im wesentlichen radialer Richtung wieder auf das Werkstück (34) zu gefahren wird. 35 40
13. Schleifmaschine nach einem oder mehreren der Ansprüche 10 bis 12, dadurch gekennzeichnet, daß der Winkel (α) zwischen 10° und 30° beträgt. 45
14. Schleifmaschine nach einem oder mehreren der Ansprüche 10 bis 13, dadurch gekennzeichnet, daß die Werkstückachse (35) raumfest und die Schleifscheibe (16) in radialer (X) und in axialer (Z) Richtung relativ zur Werkstückachse (35) bewegbar ist. 50
15. Schleifmaschine nach einem oder mehreren der Ansprüche 10 bis 14, dadurch gekennzeichnet, daß die Schleifscheibe (16) und das Werkstück (34) relativ zueinander durch Überlagerung von 55

Schlittenbewegungen verfahrbar sind.

16. Schleifmaschine nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, daß ein Schlitten (18) entlang einer ersten Achse (X) unter einem rechten Winkel zur Werkstückachse (35) verfahrbar ist.
17. Schleifmaschine nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, daß ein Schlitten entlang einer ersten Achse (X') unter einem spitzen Winkel zur Werkstückachse (35) verfahrbar ist.
18. Schleifmaschine nach einem oder mehreren der Ansprüche 15 bis 17, dadurch gekennzeichnet, daß ein Schlitten (18) entlang einer zweiten Achse (Z) parallel zur Werkstückachse (35) verfahrbar ist.
19. Schleifmaschine nach einem oder mehreren der Ansprüche 16 bis 18, dadurch gekennzeichnet, daß der Schlitten (18) die Schleifscheibe (16) trägt.



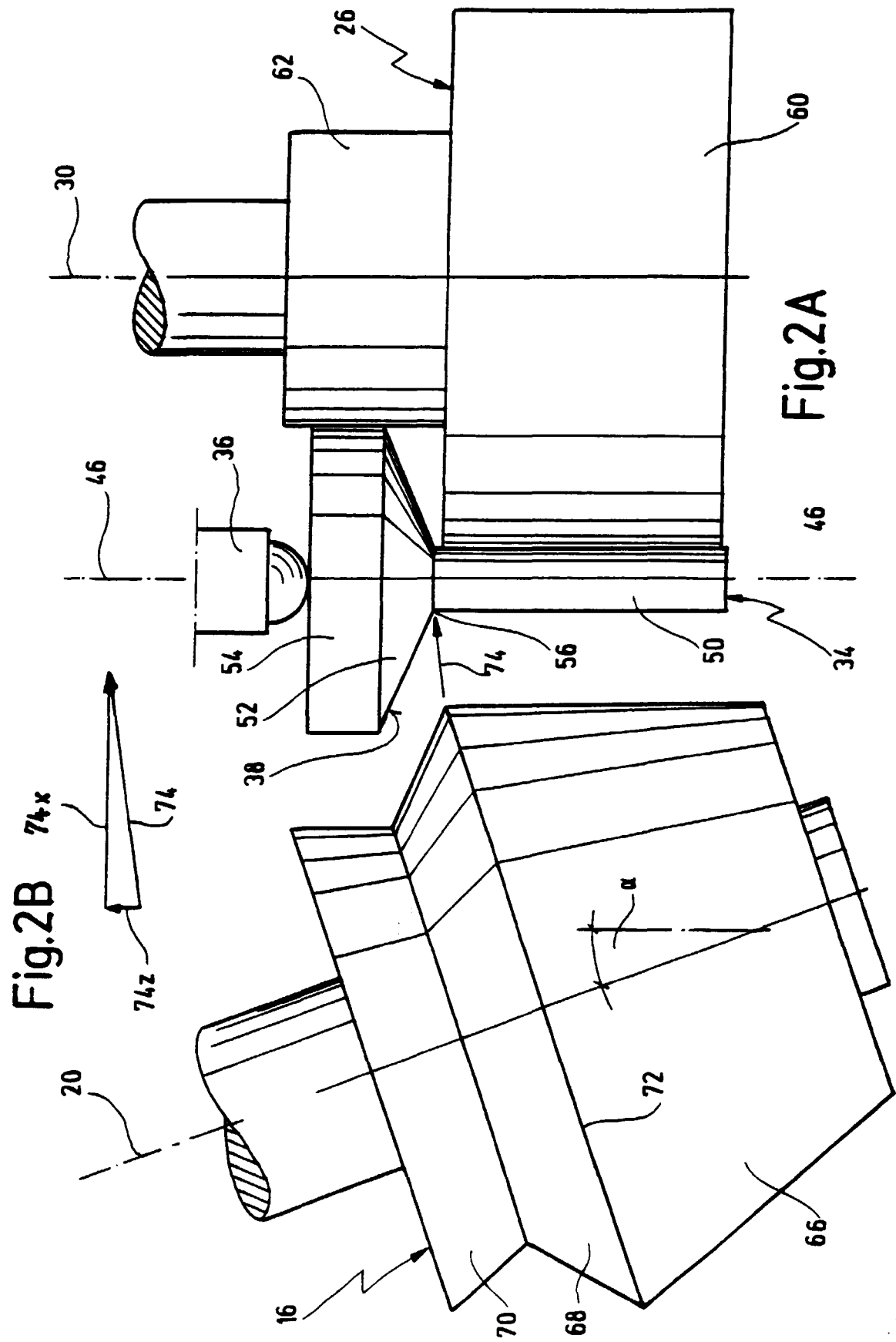


Fig.3A

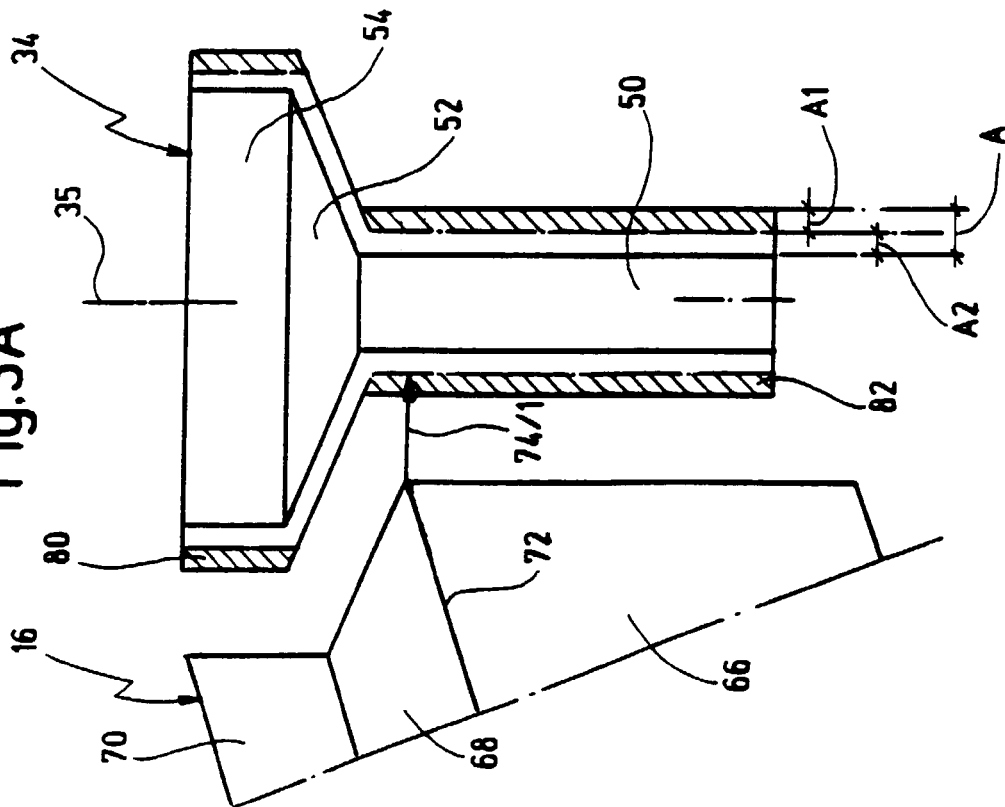


Fig.3B

