(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro

(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
22. Februar 2001 (22.02.2001)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 01/12370 A1

(51) Internationale Patentklassifikation[7]: B23B 41/12, 41/02, B23Q 1/48, 1/62

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP99/08531

(22) Internationales Anmeldedatum:
6. November 1999 (06.11.1999)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
199 38 856.3 17. August 1999 (17.08.1999) DE

(71) Anmelder *(für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US)*: **TBT TIEFBOHRTECHNIK GMBH** [DE/DE]; Siemensstrasse 1, D-72576 Dettingen (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder *(nur für US)*: **NAGEL, Bernd** [DE/DE]; Bismarkstrasse 26, D-72622 Nürtingen (DE). **RANDECKER, Hermann** [DE/DE]; Metzinger Strasse 31, D-72581 Dettingen (DE).

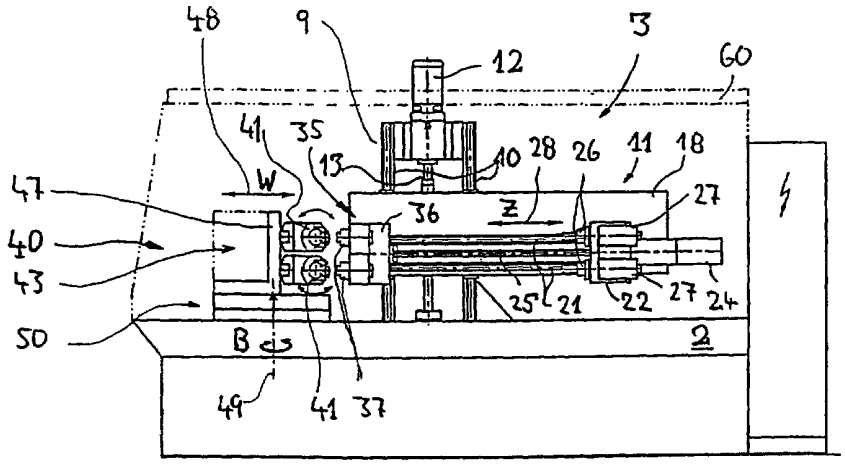
(74) Anwalt: **RUFF, BEIER, SCHÖNDORF UND MÜTSCHELE**; Willy-Brandt-Strasse 28, D-70173 Stuttgart (DE).

(81) Bestimmungsstaaten *(national)*: AE, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, CA, CH, CN, CR, CU, CZ, DK, DM, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, NO, NZ, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VN, YU, ZA, ZW.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: DEEP DRILLING DEVICE

(54) Bezeichnung: TIEFBOHREINRICHTUNG



(57) Abstract: The invention relates to a deep drilling device (1) that can be used for inserting bores into work pieces (41), especially crank shafts. The bores can be inserted at different positions and/or in different orientations in relation to a longitudinal axis (42) of the work pieces. The inventive device has a deep drilling unit (3, 74) and a holding unit (40) that co-operates therewith and holds the work pieces. The deep drilling unit (3, 74) allows for parallel displacements of the deep drilling tools in a horizontal X-direction and a vertical Y-direction as well as work piece feed parallel in relation to the axis (30) of the spindle. The holding device (40) for the tools accommodates one or more crank shafts (41) in such a way that the longitudinal axis (42) thereof is directed horizontally and allows for a rotation around the longitudinal axis (42) as well as a pivoting movement of the work pieces (41) around a vertical rotational axis (49). Different angles of inclination of the bores in relation to the longitudinal axis (42) of the work piece and different positions of the bores in relation to the circumference of the work pieces (41) can thus be introduced.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 01/12370 A1

(84) Bestimmungsstaaten *(regional)*: ARIPO-Patent (GH, GM, KE, LS, MW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZW), eurasisches Patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE), OAPI-Patent (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

— *Mit internationalem Recherchenbericht.*

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes, und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

(57) Zusammenfassung: Eine Tiefbohreinrichtung (1), die dazu geeignet ist, in Werkstücken (41), insbesondere Kurbelwellen, Bohrungen an unterschiedlichen Positionen und/oder in unterschiedlichen Ausrichtungen relativ zu einer Werkstücklängsachse (42) einzubringen, hat eine Tiefbohreinheit (3, 74) und eine mit dieser zusammenarbeitende Werkstückhalteeinheit (40). Die Tiefbohreinheit (3, 74) ermöglicht Parallelverschiebungen der Tiefbohrwerkzeuge in einer horizontalen X-Richtung und einer vertikalen Y-Richtung sowie einen Werkzeugvorschub parallel zur Spindelachse (30). Die Werkzeughalteeinrichtung (40) nimmt eine oder mehrere Kurbelwellen (41) so auf, dass deren Längsachse (42) horizontal ausgerichtet ist und ermöglicht eine Drehung um die Längsachse (42) sowie eine Verschwenkung der Werkstücke (41) um eine vertikale Drehachse (49). Dadurch können sowohl verschiedene Kippwinkel der Bohrungen relativ zur Werkstücklängsachse (42) als auch verschiedene Positionen der Bohrungen bezogen auf den Umfang der Werkstücke (41) eingebracht werden.

Beschreibung

Tiefbohreinrichtung

Die Erfindung betrifft eine Tiefbohreinrichtung zum Bohren von Bohrungen in Werkstücken, insbesondere Kurbelwellen, wobei die Bohrungen an unterschiedlichen Positionen und/oder in unterschiedlichen Ausrichtungen relativ zu einer Werkstücklängsachse einbringbar sind.

Bekanntlich werden Kurbelwellen für Verbrennungsmotoren von Luft- oder Landfahrzeugen, Schiffen oder stationären Einrichtungen häufig mit einer Vielzahl von Bohrungen versehen, die an unterschiedlichen Positionen und/oder in unterschiedlichen Ausrichtungen relativ zur Kurbelwellenlängsachse liegen und beispielsweise als Ölbohrungen dienen können. Bei der Massenherstellung derartiger Werkstücke werden häufig Transferstraßen mit mehreren Arbeitsstationen genutzt, wobei in jeder Arbeitsstation ein oder mehrere Löcher bestimmter Ausrichtung und Position in das Werkstück eingebracht werden. Eine Umrüstung derartiger Transferstraßen zur Fertigung von Werkstücken, bei denen die Bohrungen bzgl. Ausrichtung und/oder Position anders liegen, ist kompliziert, zeitaufwendig und teuer. Insbesondere für die Fertigung von kleineren Serien besteht daher seit langem der Wunsch nach flexibler einsetzbaren Einrichtungen, die vorzugsweise auch bzgl. ihres Platzbedarfes günstiger sind als Transferstraßen.

Es sind schon Vorrichtungen bekannt, die eine Verdrehung der Kurbelwelle um ihre Längsachse und eine Verschwenkung der Längsachse ermöglichen, um die Bohrung unterschiedlich

ausgerichteter und/oder positionierter Bohrungen in einer speziell ausgelegten Tiefbohreinrichtung zu ermöglichen. Eine Einrichtung dieser Art, die eine Drehung der Kurbelwelle um ihre Längsachse und eine einseitige Schwenkung der Kurbelwelle aus einer horizontalen Grundposition um eine horizontale Kippachse vorsieht, um Bohrungen unterschiedlicher Ausrichtung und/oder Position zu ermöglichen, ist z.B. in der internationalen Patentanmeldung WO 96/33043 gezeigt. Die Konstruktion dieser Anlage ist aufwendig und sie hat eine beträchtliche Baugröße. Ihre Handhabung ist umständlich.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Tiefbohreinrichtung der eingangs genannten Art zu schaffen, die besonders günstig und übersichtlich aufgebaut ist. Insbesondere soll die Handhabung ergonomisch günstig sein.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch eine Tiefbohreinrichtung mit den Merkmalen von Anspruch 1 gelöst.

Eine erfindungsgemäße Tiefbohreinrichtung hat zwei Funktionseinheiten, die jeweils sehr einfach und übersichtlich aufgebaut sein können und auf zweckmäßige Weise zusammenwirken. Die Funktionseinheiten können auf einem gemeinsamen Maschinengestell oder, insbesondere bei Anlagen für größere Werkstücke, auf zwei gesonderten Maschinengestellen angebracht sein. Eine Tiefbohreinheit hat mindestens einen Spindelstock mit mindestens einer durch einen Spindelantrieb um eine horizontale Spindelachse (Z-Achse) drehbaren Arbeitsspindel zur Aufnahme eines parallel zur Spindelachse (in Z-Richtung) verschiebbaren Tiefbohrwerkzeuges.

Eine von der Tiefbohreinheit gesonderte Werkstückhalteeinheit hat eine erste Teileinrichtung zum Halten mindestens eines Werkstückes mit horizontal ausgerichteter Werkstücklängsachse

und zum Drehen des Werkstückes um diese horizontale Achse (A-Achse). Eine zweite Teileinrichtung dient zur Drehung des Werkstückes, insbesondere der ersten Teileinrichtung, um eine vertikale Drehachse (B-Achse). Die Werkstückhalteeinheit beinhaltet somit alle Funktionen, die zum Schwenken des Werkstückes erforderlich sind, wobei durch Drehungen um die A-Achse unterschiedliche Umfangsabschnitte des Werkstückes dem Tiefbohrwerkzeug zugewandt werden können und durch Drehungen um die B-Achse unterschiedliche Kippwinkel der Bohrungen relativ zur Werkstücklängsachse einstellbar sind. Insbesondere bei Anlagen für größere Werkstücke kann zur Vermeidung übermäßig großer Axialbewegungen vorgesehen sein, auch die werkzeugtragenden Teile der Tiefbohreinheit um eine vertikale Achse (B2-Achse) verschwenkbar auszubilden.

Weiterhin sind zur Relativverschiebung von Werkstück und Tiefbohrwerkzeug erste, zweite und dritte Positioniereinrichtungen vorgesehen, um Parallelverschiebungen zwischen Werkstück und Tiefbohrwerkzeug bzgl. ortogonaler Achsen zu ermöglichen. Dabei bewirkt die erste Positioniereinrichtung Verschiebungen parallel zu einer horizontalen ersten Achse (X-Achse), wobei diese Verschiebungen dazu dienen, Bohrungen an unterschiedlichen Positionen entlang der Längsachse des horizontal gehaltenen Werkstückes einzubringen. Die X-Achse verläuft in der Regel senkrecht zur Spindelachse, kann aber auch, z.B. bei Ausführungen mit horizontal verschwenkbarer Spindelachse, allgemein quer zu dieser verlaufen. Die mittels der zweiten Positioniereinrichtung möglichen Verschiebungen parallel zu einer vertikalen zweiten Achse (Y-Achse) senkrecht zur Spindelachse, können dazu dienen, einen seitlichen Versatz bzw. Offset einer Bohrung relativ zur Werkstücklängsachse einzustellen. Die mittels der dritten Positioniereinrichtung möglichen Verschiebungen parallel zu einer dritten Achse (W-Achse) können zur Abstandsänderung zwischen Werk-

stück und Tiefbohrwerkzeug genutzt werden, um beispielsweise vor dem Bohrvorgang das Tiefbohrwerkzeug bzw. eine ggf. vorhandene Werkzeugführung des Werkzeuges zur Anlage mit der dem Werkzeug zugewandten Werkstückoberfläche zu bringen. Die W-Achse verläuft in der Regel parallel zur Spindelachse, kann aber auch, z.B. bei Ausführungen mit horizontal verschwenkbarer Spindelachse, allgemein in spitzem Winkel zu dieser verlaufen.

Vorzugsweise ist der Spindelstock Teil einer Werkzeugträgereinrichtung, die als weiteres Element eine axial zum Spindelstock versetzt angeordnete Werkzeugführungseinrichtung zur Führung des Tiefbohrwerkzeuges sowie eine zugeordnete Werkzeugverschiebeeinrichtung zur Bewegung des Tiefbohrwerkzeuges relativ zur Werkzeugführungseinrichtung parallel zur Spindelachse aufweist.

Der erfindungsgemäße Aufbau, bei dem das Werkstück unabhängig vom Drehwinkel um die vertikale B-Achse mit seiner Werkstücklängsachse immer im wesentlichen horizontal ausgerichtet ist, hat zahlreiche große Vorteile. So kann z.B. als Tiefbohreinheit eine Standard-Tiefbohreinheit verwendet werden, die beispielsweise die ersten und zweiten Positioniereinrichtungen für die Verschiebung in X-Richtung und Y-Richtung schon enthält. Erforderlichenfalls können auch existierende Tiefbohreinheiten mit Schwenkmöglichkeit für die Spindelachse um eine vertikale B2-Achse genutzt werden. Die Werkstückhalteeinheit kann unter Verwendung eines bei moderneren Tiefbohrzentren ohnehin meist vorhandenen Drehtisches aufgebaut werden, der als Teil der zweiten Teileinrichtung zur Drehung des Werkstückes um die B-Achse nutzbar ist. Der Drehtisch kann horizontal parallel oder in spitzem Winkel zur Spindelachse verfahrbar sein, um eine Abstandsänderung zwischen Werkstück und Tiefbohreinheit zu ermöglichen. Der Grundaufbau

erfindungsgemäßer Anlagen kann also kostengünstig weitgehend unter Verwendung zweckmäßig kombinierter, an sich vorhandener Teilanlagen erfolgen.

Wegen der ausschließlich horizontalen Halterung der Werkstücke ist ein in Vertikalrichtung relativ kompakter bzw. gedrungener Aufbau ohne hoch hinausragende Teile möglich, wodurch die Schwingungsanfälligkeit der Anlage herabgesetzt und damit die Bohrgenauigkeit erhöht werden kann. Für eine ggf. gewünschte Mehrfachbearbeitung, bei der beispielsweise zwei oder mehr Kurbelwellen gleichzeitig auf gleiche Weise bearbeitet werden, können die Werkstücke bequem übereinander angeordnet werden. Zur Be- und Entladung kann die Werkstückhalteeinheit mittels der zweiten Teileinrichtung in eine Beladeposition gedreht bzw. gefahren werden, bei der die Werkstücklängsachsen beispielsweise etwa parallel zur Spindelachse liegen und in der eine bequeme seitliche Be- und Entladung in horizontaler Richtung möglich ist. Diese Vorgänge lassen sich einerseits besonders einfach mittels entsprechender Be- und Entladeeinheiten automatisieren. Insbesondere sind diese Vorgänge aber auch bequem manuell durchführbar, da die ggf. schweren und langen Kurbelwellen etc. nur horizontal zu halten sind und nicht aufgerichtet oder schräg gestellt werden müssen. Die Ergonomie wird dadurch im Vergleich zu bekannten Anlagen deutlich verbessert.

Die horizontale Halterung der Werkstücke ermöglicht es auch auf einfache Weise, daß sie, bezogen auf die Richtung der Spindelachse, in zwei gegenläufige Horizontalrichtungen verschwenkt werden können. Ausgehend von einer Grundstellung, bei der die Spindelachse senkrecht zur Werkstücklängsachse steht und bei der z.B. radial ausgerichtete Bohrungen einbringbar sind, können Kippungen der Bohrungen zu beiden Längsenden der Werkstücke einfach erreicht werden. Damit kann

das bei herkömmlichen Einrichtungen hierfür erforderliche Umspannen der Werkstücke entfallen, was erhebliche Produktivitätssteigerungen ermöglicht.

Obwohl es möglich ist, die dritte Positioniereinrichtung zur Abstandsänderung zwischen Tiefbohreinheit und Werkstückhalteeinheit beispielsweise als Linearführung der Tiefbohreinheit auszugestalten, ist bei einer bevorzugten Ausführungsform die dritte Positioniereinrichtung der Werkstückhalteeinheit zugeordnet. Sie kann eine parallel zur Spindelachse bzw. zur Spindelachsengrundausrichtung ausgerichtete dritte Linearführungseinrichtung zur Führung der Werkstückhalteeinheit relativ zum Maschinengestell der Tiefbohreinrichtung aufweisen. Dann kann ein einfacher Aufbau der Tiefbohreinheit genutzt werden, der nur Führungseinrichtungen in X-Richtung und Y-Richtung, nicht jedoch zur Verschiebung der Werkzeugträgereinrichtung als Ganzes im wesentlichen parallel zur Spindelachse aufweist. Im Rahmen der Erfindung ist es im übrigen auch möglich, auch die erste und/oder die zweite Positioniereinrichtung der Werkstückhalteeinrichtung zuzuordnen, indem beispielsweise entsprechende Linearführung zur horizontalen Querverschiebung des Drehtisches senkrecht zur Spindelachse und/oder zur vertikalen Verschiebung senkrecht zur Spindelachse vorgesehen werden.

Eine Weiterbildung zeichnet sich dadurch aus, daß die Tiefbohreinheit eine Einrichtung zur Drehung der Spindelachse bzw. einer vorzugsweise vorhandenen Werkzeugträgereinrichtung um eine vertikale Drehachse (B1-Achse) aufweist. Die hierdurch mögliche horizontale Verschwenkung der Tiefbohrwerkzeuge und der sie tragenden Bauteile ist besonders vorteilhaft, wenn stark gegen die Werkstücklängsachse gekippte Bohrungen einzubringen sind, da zur Einstellung der erforderlichen Schrägstellungen sowohl die Werkstücke, als auch die Werkzeu-

ge verschwenkt werden können, so daß extreme Drehstellungen des Werkstückträgers vermieden werden können.

Um die vorzugsweise vorgesehenen, meist als Bohrbuchsen bezeichneten Werkzeugführungen den jeweiligen Werkstück- bzw. Kurbelwellenkonturen anpassen zu können und/oder um sie an unterschiedliche Bohrwerkzeugdurchmesser anpassen zu können, kann eine Werkzeugführungs-Wechseleinrichtung zum automatischen Auswechseln von Werkzeugführungen an der Werkzeugführungseinheit vorgesehen sein. Ein Pickup-Magazin oder ein Scheiben- oder Kettenmagazin der Werkzeugführungs-Wechseleinrichtung kann der Werkstückhalteeinheit zugeordnet und insbesondere fest an dieser angeordnet und daher mit dieser zum Beispiel parallel zur Spindelachse verfahrbar sein. Dadurch wird ein Bohrbuchsenwechsel bei in Spindelachsenrichtung unbeweglicher Werkzeugführungseinrichtung möglich, indem die Werkzeugführungseinrichtung und die Werkzeugführungs-Wechseleinrichtung axial zueinander ausgerichtet und dann durch Verfahren der Werkstückhalteeinheit zum Bohrbuchsenwechsel zueinandergebracht werden können.

Es ist auch möglich, an der Werkzeugführungseinrichtung bewegliche, insbesondere linear verfahrbare Gruppen von Werkzeugführungen bzw. Bohrbuchsen vorzusehen, die z.B. an einem gemeinsamen Träger angeordnet sein können. Es reicht dann zum Bohrbuchsenwechsel aus, den Träger so zu verfahren, daß die jeweils gewünschten Bohrbuchsen im Bereich der Spindelachse angeordnet wird. Ein bevorzugter dreifach-Linearwechsler für eine zweispindlige Einrichtung wird bei den Ausführungsformen näher beschrieben.

Zweckmäßig ist auch eine Werkzeugwechseleinrichtung zum automatischen Aus- und Einwechseln von Tiefbohrwerkzeugen an der Arbeitsspindel vorgesehen. Die Werkzeugwechseleinheit kann

beispielsweise in Form eines Pickup-Magazins für Werkzeuge fest am Maschinengestell der Tiefbohreinrichtung angebracht sein. Nach entsprechender axialer Ausrichtung von Spindelstock und Magazin zum Beispiel mittels Verschiebung der Werkzeugträgereinrichtung in X-Richtung kann der Werkzeugwechsel unter Verfahren des Spindelstockes in Spindelachsenrichtung durchgeführt werden. Zweckmäßig sind die Werkzeugführungs-Wechseleinrichtungen und die Werkzeug-Wechseleinrichtung derart ausgebildet und angeordnet, daß eine Auswechslung von Tiefbohrwerkzeuge und zugeordneten Werkzeugführungen zeitgleich durchführbar ist, wozu die Einrichtungen in entsprechendem Axialabstand und in einander entsprechender Höhe angeordnet sein können.

Da in der Regel auch Durchgangsbohrungen herzustellen sind, ist bei einer bevorzugten Ausführungsform eine Abdichteinrichtung zur Abdichtung von Durchtrittsstellen von Tiefbohrwerkzeugen beim Bohren des Werkstückes vorgesehen. Dadurch kann verhindert werden, daß das Kühlmittel, vermischt mit Bohrspänen, beim Durchbruch des Bohrers auf der dem Werkzeug abgewandten Seite herausspritzt, die Vorrichtung verschmutzt und den Bohrer unter Umständen trockenlaufen läßt, was zu vorzeitigem Bohrerverschleiß führen könnte.

Eine besonders zuverlässige Abdichtung ist bei einer Weiterbildung dadurch möglich, daß eine Abdichteinrichtung, die zur Abdichtung eines axialen Werkstückabschnittes, beispielsweise eines Hauptlagers oder eines Hublagers, vorgesehen ist, mindestens eine in dem Abdichtabschnitt an eine Werkstückmantelfläche über einen Umfangsabschnitt anpreßbare Abdichtschale aufweist, wodurch sich eine großflächige Abdichtung erreichen läßt, die auch hohen Bohröldrücken widersteht. Die Abdichtschale kann auf der werkstückzugewandten Seite aus Kunststoff bestehen, in den hineingebohrt werden kann.

Vorzugsweise sind pro Abdichtabschnitt mehrere Abdichtschalen vorgesehen, wodurch eine in Umfangsrichtung lückenlose Abdichtung erreichbar ist, die praktisch nur den Eintrittsbereich des Werkzeuges freiläßt.

Eine besonders hohe Flexibilität und gute Anpassbarkeit an unterschiedliche Kurbelwellengeometrien läßt sich dadurch erreichen, daß Abdichteinrichtungen für unterschiedliche Durchmesser und/oder axiale Längen von Abdichtabschnitten auswechselbar an der Werkstückträgereinrichtung anbringbar sind, wobei die Anbringung vorzugsweise in Axialrichtung an beliebigen Stellen erfolgen kann. Dies ist beispielsweise dadurch möglich, daß Abdichteinrichtungen so gestaltet sind, daß sie an zur Werkstücklängsachse parallelen Halteprofilen eingehängt und mit diesen verrastet werden können.

Beim Bohren insbesondere von schrägen Bohrungen können am Übergang zwischen Bohrung und Werkstückmantelfläche unter Umständen schmale Materialgrate entstehen, die insbesondere nach dem Härten von Kurbelwellen so spröde sein können, daß sie im Betrieb von der Kurbelwelle abreißen können. Dadurch könnten erhebliche Motorschäden entstehen. Zur Vermeidung dieser Gefahr ist es daher zweckmäßig, die Eintritts- und Austrittsbereiche von Bohrungen z.B. durch Ansenken nachzubearbeiten, was herkömmlich in gesonderten Senkstationen durchgeführt wird. Bevorzugte Tiefbohreinrichtungen der Erfindung zeichnen sich dagegen dadurch aus, daß sie eine integrierte Bohrungsendbearbeitungseinrichtung zur Bearbeitung der Endbereiche, also der Eintrittsbereiche und/oder Austrittsbereiche von Bohrungen an der Werkstückmantelfläche aufweisen. Gesonderte Senkstationen können dadurch entfallen und die numerischen Vorgaben für die Bohrung können auch für die Endbearbeitung der Bohrungsendbereiche genutzt werden. Hierdurch läßt sich die Produktivität steigern. Der Begriff

"Senken" bei erfindungsgemäßen Einrichtungen umfaßt nicht nur das herkömmliche Senken mit einem Senkwerkzeug, dessen Spitzendurchmesser größer als der Bohrungsdurchmesser ist, sondern auch den Einsatz von Zirkularfräsern, die z.B. den gekrümmten, elliptischen Randbereich schräger Bohrungen in Umfangsrichtung ablaufen und dabei entgraten. Vorzugsweise ist vorgesehen, daß die Bohrungsendbearbeitungseinrichtung mindestens eine Senkpinole mit mindestens einem parallel zur Spindelachse verfahrbaren Senkwerkzeug aufweist, das vorzugsweise über einen eigenen Antrieb antreibbar ist. Die Senkpinole kann fest mit einem Werkzeugführungsträger bzw. Bohrbuchsenträger verbunden und/oder mit diesem quer zur Spindelachse beweglich sein. Sie kann zur Vermeidung gegenseitiger Beeinträchtigungen von Bohrbuchse und Senkeinrichtung sowohl in horizontaler, als auch in vertikaler Richtung gegenüber der zugeordneten Bohrbuchse versetzt sein. Die Senkpinole fährt das Senkwerkzeug von der Wartestellung außerhalb des Kollisionsbereiches in die Arbeitsstellung (am Werkstück). Der Bearbeitungsvorschub des Senkwerkzeuges erfolt durch Verfahren des Werkstücks entlang der W-Achse.

Für Fälle, in denen es gewünscht ist, eine gefertigte Durchgangsbohrung einseitig zu verschließen, kann auch eine Bohrungsverschlußeinrichtung vorgesehen sein, die vorzugsweise derart ausgebildet, daß zunächst z.B. durch einen Bohrvorgang mit größerem Bohrwerkzeug eine Durchmessererweiterung begrenzter Tiefe eines Bohrungsendabschnittes erzeugt wird, das danach ein vorzugsweise kugelförmiger, metallischer Verschlußkörper in die Durchmessererweiterung eingesetzt wird und daß danach der Verschlußkörper in der Durchmessererweiterung festgesetzt wird, indem beispielsweise in einem Stemmvorgang das die Kugel umgebende Material des Werkstückes unter Einklemmung der Kugel plastisch verformt wird.

Es ist bekannt, daß die beim Tiefbohren verwendeten Bohrhilfsmittel schädlich sein können, wenn sie nach der Bearbeitung in nachfolgende Arbeitsstationen verschleppt werden. Daher ist eine Reinigung der fertig bearbeiteten Werkstücke zweckmäßig und wird herkömmlich in gesonderten Reinigungsstationen durchgeführt. Eine bevorzugte Weiterbildung zeichnet sich dadurch aus, daß sie eine integrierte Reinigungseinrichtung zur Befreiung der Werkstücke von festen und flüssigen Bearbeitungsrückständen aufweist. Als besonders zweckmäßig hat sich eine Reinigung ohne fremde Reinigungsmittel wie flüssige Waschmittel o. dgl. herausgestellt. Die Reinigungseinrichtung ist hierzu vorzugsweise als Schleudereinrichtung ausgebildet, in der die Reinigung unter Nutzung von Zentrifugaltkräften hilfsmittelfrei erfolgen kann. Zweckmäßig kann hierzu der Drehantrieb, der für die Drehung der Werkstücke um ihre Längsachse vorgesehen ist, derart ausgebildet sein, daß Drehgeschwindigkeiten von beispielsweise mehr als 500 Umdrehungen pro Minute, insbesondere zwischen ca. 800 Umdrehungen pro Minute und ca. 1.700 Umdrehungen pro Minute durchführbar sind. Derart trocken gereinigte Werkstücke sind in der Regel weitgehend spänefrei und haben allenfalls einen sehr dünnen Restfilm von Bohröl, der in nachfolgenden Einrichtungen nicht schädlich ist.

Zur Erhöhung der Produktivität der Tiefbohreinrichtung ist bei einer bevorzugten Ausführungsform vorgesehen, daß die Werkstückhalteeinheit zur gleichzeitigen Aufnahme von mehreren, insbesondere zwei, gleichzeitig bearbeitbaren Werkstücken ausgebildet ist, die vorzugsweise achsparallel übereinander anordenbar sind. Vorzugsweise ist für jedes Werkstück ein eigener, gesondert steuerbarer Drehantrieb vorgesehen. Insbesondere kann der Aufbau modular sein, wobei für jedes Werkstück ein vollständig und unabhängig funktionsfähiges Modul vorgesehen sein kann, das einen Drehantrieb,

Einspannmittel, ggf. Einspannhilfseinrichtungen und ggf. Abdichteinrichtungen und dergleichen aufweist.

Entsprechend kann ein zugeordneter Spindelstock mehrere, insbesondere zwei achsparallel übereinander angeordnete Arbeitsspindeln haben oder es können mehrere übereinander angeordnete Spindelstöcke vorgesehen sein. Eine entsprechende Werkzeugführungseinrichtung kann mehrere, insbesondere zwei, vier, sechs oder acht u.s.w. achsparallel übereinander angeordnete Werkzeugführungen haben. Durch die zweckmäßige Übereinanderanordnung der Werkstücke, Bohrbuchsen, Werkzeuge und Spindeln bei der Mehrfachbearbeitung ist eine Produktivitätssteigerung der Einrichtung ohne weiteres möglich, ohne daß deren horizontale Baumaße gegenüber Einzelbearbeitungseinrichtungen geändert werden müssen oder der vorhandene Bauraum auf dem Maschinengestell zugebaut werden muß.

Weitere Merkmale und Einzelheiten der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung einer bevorzugten Ausführungsform in Verbindung mit den Zeichnungen und den Unteransprüchen. Hierbei können die einzelnen Merkmale jeweils für sich allein oder zu mehreren in Kombination miteinander bei einer Ausführungsform verwirklicht sein. Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung wird in den Zeichnungen dargestellt und im folgenden näher erläutert. In den Zeichnungen zeigen:

Fig. 1 eine schematische Seitenansicht einer Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Tiefbohreinrichtung,

Fig. 2 eine Draufsicht auf die Tiefbohreinrichtung von Fig. 1,

Fig. 3 eine Vorderansicht der Tiefbohreinrichtung gemäß Fign. 1 und 2,

Fig. 4 eine Draufsicht auf eine andere Tiefbohreinrichtung mit gesonderten Maschinengestellen für Tiefbohreinheit und Werkstückhalteeinheit,

Fig. 5 eine Seitenansicht der Ausführungsform in Fig. 4,

Fig. 6 eine schrägperspektivische Teilansicht einer bevorzugten Ausführung einer Werkzeugträgereinrichtung mit einem Dreifach-Linear-Bohrbuchsenwechsler und einer integrierten Senkeinrichtung mit Senkpinolen in Kombination mit einer bevorzugten Ausführungsform einer Werkstückhalteeinheit mit gesondert antreibbaren Drehvorrichtungen für Kurbelwellen sowie mit Einrichtungen zum Einrichten der Kurbelwellen und zum Abdichten von Bohrungsstellen,

Fig. 7 eine Seitenansicht einer auswechselbaren Abdichteinrichtung, die an der Werkstückhalteeinheit gem. Fig. 6 anbringbar ist und

Fig. 8 eine Seitenansicht einer auswechselbar an der Werkstückhalteeinheit gemäß Fig. 6 anbringbaren Einrichtung zur radialen Ausrichtung von Kurbelwellen vor dem Festspannen in der Werkstückhalteeinheit gemäß Fig. 6.

Die in den Fign. 1 bis 3 gezeigte Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Tiefbohreinrichtung 1 basiert auf einem Standard-Tiefbohrzentrum, bei dem auf der Oberseite eines Maschi-

nenbettes 2 eine Tiefbohreinheit 3 befestigt ist. Diese hat eine erste Positioniereinrichtung 4 mit einem Querschlitten 5, der auf zwei achsparallelen Linearführungsschienen 6 gleitbeweglich geführt ist und mittels eines (nicht gezeigten) ersten NC-Antriebsmotors über einen ersten Spindeltrieb 7 parallel zu einer horizontalen ersten Achse 8 (X-Achse) verfahrbar ist.

Auf dem Querschlitten erhebt sich ein Ständer 9 mit einem Paar vertikal ausgerichteter, achsparalleler Linearführungsschienen 10, an denen eine Werkzeugträgereinrichtung 11 vertikal beweglich geführt ist. Zum Heben und Senken der Werkzeugträgereinrichtung 11 dient ein an der Oberseite des Ständers angeordneter NC-Motor, z.B. ein Servomotor 12, dessen Motorachse parallel zu den Achsen der Linearführungen 10 verläuft und der über einen zwischen den Führungsschienen 10 angeordneten, vertikalen zweiten Spindeltrieb 13 an der Rückseite der Werkzeugträgereinrichtung 11 angreift. Dadurch ist eine einfach aufgebaute zweite Positioniereinrichtung 14 zur Vertikalverschiebung der Werkzeugträgereinrichtung 11 parallel zu einer vertikalen zweiten Achse 15 geschaffen, die als Y-Achse bezeichnet wird.

Die Werkzeugträgereinrichtung 11 umfaßt einen horizontal langgestreckten, in Form einer vertikalen Platte ausgebildeten Träger 18, an dessen ständerzugewandter Rückseite Führungselemente 19 zum Angreifen an den Linearführungen 10 sowie eine Spindelmutter 20 zum Zusammenwirken mit der vertikalen zweiten Spindel 13 befestigt sind. Auf der gegenüberliegenden Vorderseite verläuft in horizontaler Richtung eine Linearführung mit zwei achsparallelen Führungsschienen 21, auf denen ein Spindelstock 22 linear beweglich geführt ist. Zum Verschieben des Spindelstockes entlang der Linearführung 21 parallel zur horizontalen Z-Achse 28 ist ein weiterer NC-

Servormotor 24 vorgesehen, der über eine horizontale Gewindespindel 25 an einer Gewindetriebsmutter an der Unterseite des Spindelstockes angreift.

Im Spindelstock 22 sind mit Abstand übereinanderliegend zwei achsparallele Arbeitsspindeln 26 angeordnet, wobei für jede der Arbeitsspindeln am Spindelstock ein gesondert ansteuerbarer, elektromotorischer Spindelantrieb 27 zur Drehung der Arbeitsspindel um eine horizontale Spindelachse 30 vorgesehen ist. Jede der Arbeitsspindeln hat auf der antriebsabgewandten Seite ein Schnellspannfutter zur Aufnahme eines Tiefbohrwerkzeuges 32. Es gibt auch Ausführungen mit nur einer Spindel oder mit mehr als zwei Spindeln.

In der gezeigten Betriebsstellung der Tiefbohreinrichtung sind keine Tiefbohrwerkzeuge eingespannt. Einige Tiefbohrwerkzeuge sind achsparallel übereinanderliegend in einem später erläuterten Wechselmagazin 33 angeordnet, das seitlich neben der Werkzeugträgereinrichtung an einer vertikalen Trägerplatte am Rand des Maschinenbettes angeordnet ist.

Zur Führung der in die jeweiligen Arbeitsspindeln eingespannten Tiefbohrwerkzeuge vor, während und nach einem Bohrvorgang ist eine Werkzeugführungseinrichtung 35 vorgesehen, die an dem dem Vorschubantrieb 24 gegenüberliegenden Ende fest an der Trägerplatte 18 angebracht ist und einen Bohrbuchsenträger 36 zur Aufnahme von auswechselbaren Bohrbuchsen bzw. Werkzeugführungen 37 hat.

Die beschriebene bevorzugte Tiefbohreinheit ermöglicht es, durch rechtwinklig zueinander verlaufende Bewegungen der Werkzeuge parallel zur X-Achse bzw. zur Y-Achse die Werkzeuge zur Einnahme einer Bearbeitungsposition senkrecht zur Werkzeuglängsachse parallel zu verschieben. Weiterhin ist durch

die Verschiebung des Spindelstockes in Richtung auf die Werkzeugführungseinrichtung 35 oder von dieser weg eine Axialverschiebung des Werkzeuges in Z-Achsen-Richtung möglich. Dieser Arbeitsvorschub des Tiefbohrwerkzeuges ist möglich, ohne daß größere Massen der Tiefbohreinheit, beispielsweise die Werkzeugträgereinrichtung als Ganzes, verschoben werden müßte. Der Bearbeitungsvorschub erfolgt durch Linearverschiebung des Spindelstockes, also durch eine dem Werkzeug zugeordnete Z-Achse 28.

Zum Halten der zu bohrenden Werkstücke sowie zur richtigen Ausrichtung der Werkstücke in Bezug auf die Werkzeug- bzw. Spindelachse ist eine Werkstückhalteeinheit 40 vorgesehen, die im gezeigten Beispiel zwei Kurbelwellen 41 trägt, deren Längsachsen 42 parallel zueinander horizontal ausgerichtet sind. Die Werkstückhalteeinheit hat im wesentlichen zwei funktionell zusammenwirkende Teileinrichtungen. Eine erste Teileinrichtung 43 dient zum Halten der Werkstücke mit horizontal ausgerichteter Werkstücklängsachse und zum Drehen der Werkstücke um die auch als A-Achse bezeichnete Werkstücklängsachse. Im gezeigten Beispiel sind hierzu die Kurbelwellen 41 in Spannfuttern 44 aufgenommen, die von einem Schwenkantrieb 45 mit z.B. über einen Zahnriemen 46 oder eine Kette oder ein Stirnrad drehbar sind. Für jede Kurbelwelle ist ein gesonderter, unabhängig vom anderen Motor steuerbarer Antrieb vorgesehen. Auf der Gegenseite können die Werkstücke auf Spitzen oder in Spannfuttern gelagert sein. Die beschriebenen Elemente sind an einem im Querschnitt L-förmigen Träger 47 an dessen vertikalem Schenkel befestigt. Der Träger ist auf einem in Fig. 3 gut zu erkennenden Drehtisch 50 befestigt, der Teil einer zweiten Teileinrichtung der Werkstückhalteeinheit ist und um eine vertikale Drehachse 49, im folgenden auch B-Achse, drehbar ist. Durch die Nutzung eines ggf. ohnehin vorhandenen Drehtisches einer Tiefbohreinrichtung

können herkömmliche Tiefbohreinrichtungen auf zweckmäßige und kostengünstige Weise zu einer erfindungsgemäßen Tiefbohreinrichtung aufgewertet werden, indem eine geeignete erste Teileinrichtung am Drehtisch befestigt wird.

Der Drehtisch ist mittels einer dritten Positioniereinrichtung 51 parallel zu einer dritten Achse bzw. W-Achse 48 verschiebbar, die parallel zur Spindelachse 30 ausgerichtet ist. Hierzu ist der Drehtisch auf einer dritten Linearführungseinrichtung 52 angeordnet, die zwei auf dem Maschinenbett befestigte, achsparallel zueinander horizontal angeordnete Führungsschienen 53 umfaßt, auf denen das Drehtellerunterteil geradlinig verschiebbar geführt ist. Zur Verschiebung der Kurbelwellenspannvorrichtung in W-Richtung ist ein Antriebsmotor 54 vorgesehen, der eine Gewindespindel 55 dreht, auf der eine an der Unterseite des Drehtisches befestigte Mutter läuft.

Es können durch eine Überlagerung von Drehungen um die A-Achse 42 und die B-Achse 49 beliebige Raumwinkel eingefahren werden. Dabei werden durch Drehung um die vertikale B-Achse unterschiedliche Kippwinkel der Bohrungen relativ zu den Werkstückachsen eingestellt, während durch Drehung um die A-Achse unterschiedliche Positionen bzgl. des Umfanges eines Werkstückes einstellbar sind. Bei allen Winkeleinstellungen bleiben die Längsachsen 42 der Werkstücke horizontal.

Durch Parallelverschiebung der Werkzeuge in X-Richtung sind verschiedene Positionen entlang der Längsachse des Werkstückes einstellbar, während Parallelverschiebungen in vertikaler Y-Richtung dazu genutzt werden können, abweichend von einer Radialrichtung zur Längsachse eine seitlich zur Längsachse versetzte Bohrung einzubringen. So können durch recht-

winklige Bewegungen im Werkzeug die erforderlichen Bearbeitungspositionen angefahren werden.

Über Bewegung der Werkstückhalteeinheit 40 mittels Motor 54 parallel zur W-Achse kann das Werkstück gegen die in W-Richtung bzw. Z-Richtung festgelegte Bohrbuchse 37 gefahren werden. Durch Bewegungen in W-Richtung können auch Kompensationsbewegungen durchgeführt werden, die durch das Schwenken der Werkstücke um die vertikale B-Achse erforderlich werden, wenn die Werkzeuge horizontal gegen die vertikale B-Achse versetzt sind.

Der Bearbeitungsvorschub zur Vertiefung einer Bohrung bzw. zum Herausziehen eines Werkzeuges aus der Bohrung erfolgt zweckmäßig durch die dem Werkzeug zugeordnete Z-Achse, indem der Spindelstock relativ zur Werkzeugführungseinrichtung verfahren wird, wobei zweckmäßig die Bohrbuchse fest an der dem Werkzeug zugewandten Seite des Werkstückes anliegt.

Ein Verfahren zum Bohren von Bohrungen, die an unterschiedlichen Positionen und/oder in unterschiedlichen Ausrichtungen relativ zur Längsachse der Werkstücke eingebracht werden sollen, kann wie folgt durchgeführt werden. Die Tiefbohreinheit ist soweit eingerichtet, daß Tiefbohrwerkzeuge in die Arbeitsspindeln eingespannt und den Tiefbohrwerkzeugen und der Werkstückgeometrie angepaßte Bohrbuchsen in die Werkzeugführungseinrichtung 37 eingebaut sind. Zum Einspannen der Kurbelwellen in die Werkstückhalteeinheit kann der Drehtisch mittels Vorschub in W-Richtung auf Höhe eines seitlich neben dem Maschinengestell angeordneten Ladeportals 58 verfahren werden. Der Drehtisch kann in eine Ladeposition verdreht werden, bei der die Einspannelemente für die Werkstücke dem Ladeportal zugewandt sind, also in eine ca. 90° gegen die gezeigte Ausrichtung verdrehte Beladeposition. Nach Einspan-

nen der Kurbelwellen werden diese durch den B-Achsen-Antrieb und die Schwenkantriebe 45 in eine erste Arbeitsposition gedreht, die der Ausrichtung der ersten zu erzeugenden Bohrungen entspricht. Durch Verschiebung des Werkzeugträgers in X-Richtung und/oder Y-Richtung wird die richtige Position der Werkzeuge angefahren. Anschließend werden durch Verfahren des Drehtisches in Richtung der W-Achse die Werkstückkonturen an die feststehenden Bohrbuchsen angedrückt. Bei eingeschaltetem Spindelantrieb wird dann über den Vorschubantrieb 24 der Spindelstock vorgeschoben und damit das von ihm getragene Werkzeug durch die Führungsbuchse hindurch in das Werkstück bis zur vorgesehenen Tiefe eingebracht. Anschließend wird das Werkzeug zurückgezogen. Anschließend kann der Drehtisch zurückgezogen werden, um durch Drehungen um die B-Achse und/oder A-Achse eine neue Werkstückausrichtung relativ zum Werkzeug zu erreichen. Zeitgleich oder zeitversetzt zu dieser Schwenkung kann durch Bewegungen der Werkzeuge in X- und/oder Y-Richtung die neue Werkzeugposition angefahren werden. Dann wird der beschriebene Vorgang für die neuen Bohrungen eingeleitet.

An der Teileinrichtung 43 können noch zusätzliche, im Zusammenhang mit den Figuren 6 bis 8 näher beschriebene Einrichtungen vorgesehen sein, beispielsweise Ausrichteinrichtungen für die genaue Winkelstellung der Kurbelwelle bei der Bearbeitung und/oder Bohrhilfseinrichtung, beispielsweise eine Abdichteinrichtung, die bei Durchgangsbohrungen die Durchbruchstelle des Bohrers auf der Werkstückrückseite abdichtet, damit nicht das Kühlmittel, vermischt mit den Bohrspänen, auf der gegenüberliegenden Seite beim Bohrerdurchbruch herausspritzt, die Vorrichtung verschmutzt und den Bohrer u.U. trockenlaufen läßt, was zum vorzeitigen Bohrerverschleiß führen könnte.

Um einen sicheren Anlagekontakt zwischen Bohrbuchse und Werkstück zu ermöglichen, sind zweckmäßig den jeweiligen Kurbelwellenkonturen angepaßte Bohrbuchsen vorgesehen. Sollen Bohrungen unterschiedlichen Durchmessers gebohrt werden, so sind zweckmäßig entsprechend unterschiedlich dimensionierte Tiefbohrwerkzeuge und den jeweiligen Werkzeugdurchmessern angepaßte Bohrbuchsen vorgesehen. Ein Werkzeugwechsel und ggf. ein durchzuführender Bohrbuchsenwechsel sind bei der gezeigten Ausführungsform zeitgleich automatisch durchführbar. Hierzu sind der automatische Bohrbuchsenwechsler 33 neben der Tiefbohreinheit 1 sowie eine Bohrbuchsen-Wechseleinrichtung 34 an der Werkstückhalteeinheit 40 vorgesehen. Während die Werkzeugwechseleinrichtung 33 gestellfest angebracht ist, ist die Werkzeugführungs-Wechseleinrichtung 34 fest mit dem Träger 47 der Werkstückhalteeinheit verbunden und mit diesem in W-Richtung verfahrbar. Zum gleichzeitigen Wechsel von Tiefbohrwerkzeugen und dazu passenden Bohrbuchsen wird der Drehtisch so weit zurückgezogen, daß eine Querverschiebung des Ständers 9 ohne Berührung mit der Werkstückhalteeinheit oder den darin gehaltenen Werkstücken möglich ist. Der Spindelstock wird in die in den Figuren gezeigte maximale Rückzugstellung linear verschoben. Anschließend wird der Ständer so weit seitlich verfahren, bis die Spindelachse koaxial mit der Achse eines in der Haltevorrichtung 33 gehaltenen, einzuwechselnden Werkzeuges 32 ist. In dieser Stellung sind die zu wechselnden Bohrbuchsen ebenfalls zueinander ausgerichtet und ein Bohrbuchsenwechsel kann durch entsprechende Manipulationen vorgenommen werden, wobei der Drehtisch in W-Richtung verfahren werden kann. Der Werkzeugwechsel kann ggf. gleichzeitig unter Verschiebung des Spindelstockes und entsprechende Manipulationen in der Arbeitsspindel vorgenommen werden. Nach dem Werkzeug- und Bohrbuchsenwechsel, die selbstverständlich auch jeweils gesondert durchführbar sind, kann der beschriebene Arbeitsvorgang zum Einbringen neuer Bohrungen

durchgeführt werden. Eine andere Möglichkeit des Bohrbuchsenwechsels wird im Zusammenhang mit Fig. 6 beschrieben.

Die sehr übersichtlich, einfach und kompakt aufgebaute Tiefbohreinrichtung, die zum Beispiel mit der Tiefbohreinheit 4 und dem Drehtisch 50 wesentliche Komponenten moderner Tiefbohrzentren nutzen kann, erhöht eine flexible Bohrung von Werkstücken, insbesondere Kurbelwellen mit hoher Produktivität und hoher Präzision. Sämtliche Antriebe zur Bewegung der gegeneinander verschiebbaren und verdrehbaren Elemente werden zweckmäßig über eine numerische Steuerung computergestützt gesteuert. Diese Steuereinrichtung ist bei der gezeigten Anlage in einem neben der Anlage stehenden Bedienpult 59 untergebracht. Durch die NC-Steuerung sind die Vorgänge beim Bohren und zwischen den Bohrvorgängen vollständig automatisierbar. Die NC-Steuerung kann auch so eingerichtet sein, daß die Manipulationen zum Ein- und Auswechseln von Werkstücken weitgehend automatisierbar sind. Entsprechend ist es möglich, mit der beschriebenen oder einer entsprechenden maschinellen "Hardware" durch geeignete Steuerprogramme die unterschiedlichsten Bohrungsgeometrien und -verteilungen an Werkstücken, insbesondere Kurbelwellen, zu schaffen. Der kompakte Aufbau ermöglicht es, alle beweglichen Komponenten der Einrichtung innerhalb einer kompakt dimensionierten Schutzhaube 60 unterzubringen, die für Arbeiten an der Tiefbohreinrichtung zum Beispiel auf der dem Ladeportal 58 zugewandten Seite mit Türen o.dgl. verschließbare Öffnungen haben kann.

In den Figuren 4 und 5 ist eine andere Ausführungsform einer Tiefbohreinrichtung 70 gezeigt, bei der aus Gründen der Übersichtlichkeit manche entsprechenden Elemente mit den gleichen Bezugszeichen wie in den Figuren 1 bis 3 gekennzeichnet sind. Während die Ausführungsform gemäß Figuren 1 bis 3 vorzugsweise für Kurbelwellen vorgesehen ist, die nicht

länger als ca. 850 mm bis 900 mm sind, ist die Ausführungsform nach den Figuren 4 und 5 besonders für längere Werkstükke, beispielsweise bis zu Längen von ca. 1.500 mm optimiert. Derartige lange Kurbelwellen werden vorwiegend in stationär einsetzbaren Dieselmotoren sowie in Schiffsdieseln oder Nutzfahrzeugen eingesetzt.

Es liegen im wesentlichen zwei Unterschiede vor. Während bei erstgenannter Ausführungsform die Tiefbohreinheit und die Werkstückhalteeinheit auf einem gemeinsamen Maschinenbett 2 in einer kompakten Anordnung montiert sind, sind bei der Ausführungsform gemäß Figuren 4 und 5 gesonderte Maschinengestelle 71 bzw. 72 für Werkstückhalteeinheit 73 bzw. Tiefbohreinheit 74 vorgesehen. Diese Maschinengestelle können nach beispielsweise L-förmiger Aufstellung z.B. durch Schrauben aneinander fixiert werden, so daß eine stabile Unterlage für die Gesamteinrichtung entsteht.

Außerdem ist, anders als bei der Ausführungsform gemäß Figuren 1 bis 3, an der Tiefbohreinheit eine zusätzliche vertikale Drehachse (B1-Achse 75) vorgesehen, die eine horizontale Verschwenkung der Werkzeugträgereinrichtung 76 ermöglicht. Hierzu ist ein auf den Linearführungsschienen der ersten Positioniereinrichtung 4 linear beweglicher Drehtisch 77 vorgesehen, dessen Unterteil auf den Führungsschienen 6 geführt ist und dessen Oberteil den Ständer 78 mit der zweiten Positioniereinrichtung 14 (vertikale Verschiebung parallel zur Y-Achse) trägt. Hierdurch ist insbesondere eine Schwenkung der Werkzeugträgereinrichtung 76 derart möglich, daß diese von einer Grundstellung, bei der die Spindelachse 79 parallel zur W-Achse 48 der Werkstückhalteeinheit verläuft, in die in Fig. 4 gestrichelt gezeichnete Position 76' verschwenkt wird, in der die Spindelachse in spitzem Winkel von beispielsweise 20° gegen die W-Achse angestellt ist. Auch

eine Verschwenkung in die entgegengesetzte Richtung ist möglich.

Die dem Werkzeug zugeordnete, zweite vertikale Drehachse 75 ermöglicht es, daß auch größere Kippwinkel der Bohrungen relativ zur Radialrichtung realisiert werden können, ohne daß bei der hierfür erforderlichen Schrägstellung der Spindelachse 79 gegenüber der Werkstücklängsachse 42 das Werkstück soweit um die werkstückeigene Vertikalachse 49 verschwenkt werden muß, daß vor allem die Endbereiche der Werkstückträgereinrichtung störend in den Bewegungsbereich des Ständers 78 oder der Werkzeugträgereinrichtung 76 hineinragen. Dieses Problem wird größer, je länger die horizontal verschwenkten Werkstücke werden. Wenn zumindest ein Teil des erforderlichen Kippwinkels aus einer Verschwenkung der Spindelachse um die Vertikalachse 75 resultiert, kann dieses Störkonturproblem vermieden werden, da eine Verschwenkung um die B-Achse 49 nur den entsprechenden Restwinkel bereitstellen muß und entsprechend eine weniger starke Schwenkung ausreicht als bei ungeschwenkter Spindel.

Fig. 6 zeigt u.a. den werkstückzugewandten Endbereich einer besonders bevorzugten Ausführungsform einer Werkzeugträgereinrichtung 84, an der als Werkzeugführungseinrichtung 85 ein Bohrbuchsenwechsler in Form eines Dreifach-Linearwechslers vorgesehen ist. Dieser hat einen vertikal an einer Linearführung verschiebbaren Träger 86, an dem im Abstand der beiden Spindelachsen übereinander liegend zwei Gruppen von jeweils drei paarweise identischen Bohrbuchsen 87 angebracht sind. Dabei sind in vertikaler Anordnungsrichtung die erste und die vierte, die zweite und die fünfte und die dritte und die sechste Bohrbuchse jeweils identisch. Die Linearführung für den Träger 86 ist an der Vorderseite eines vertikal langgestreckten, kastenförmigen Späneauffangbehälters 88 be-

festigt, an dessen Oberseite der durch ein kastenförmiges Gehäuse gekapselte Antrieb zur Linearverschiebung des Bohrbuchsenträgers 88 vorgesehen ist. Die an ihrer Unterseite offene Auffangeinrichtung 88 wird beim Bohrvorgang horizontal von den Bohrwerkzeugen 95 durchsetzt, wobei auf der bohrbuchsenabgewandten Rückseite abgedichtete Führungen für die Werkzeuge vorgesehen sind. Dadurch wird erreicht, daß unter Druck stehendes Bohröl, das zum Ausspülen der Späne aus dem Bohrloch und zum Kühlen des Bohrwerkzeuges genutzt wird, entlang einer Axialnut der Einlippen-Bohrwerkzeuge 95 zurück in den Auffangbehälter gepreßt wird und dort nicht herausspritzt, sondern nach unten in einen geeigneten Auffangbehälter abläuft. Sollen beim Wechsel zwischen verschiedenen Bohrwerkzeugen die Bohrbuchsen 87 gewechselt werden, so reicht bei dem gezeigten Dreifach-Linearwechsler eine gemeinsame Linearverschiebung der Bohrbuchsen, um das gewünschte Paar von Bohrbuchsen in Höhe der Spindelachsen anzuordnen. Hierzu werden vorher die Werkzeuge zumindest bis in den Spänekasten 88 zurückgezogen bzw., bei Wechsel des Bohrdurchmessers, selbst ausgewechselt.

Diese Ausführungsform ermöglicht nicht nur einen bequemen Bohrbuchsenwechsel und einen weitgehend verschmutzungsfreien Betrieb, sondern auch ein Ansenken der Bohrungsendbereiche direkt an der Tiefbohrmaschine, ohne die Werkstücke umzuspannen. Hierzu ist die Senkeinrichtung 90 vorgesehen, die zwei im vertikalen Abstand der Spindelachsen übereinander liegende Senkpinolen 91 aufweist. Die parallelen Senkpinolen sind durch Vertikalverschiebung der Werkzeugträgereinrichtung 84 gemeinsam höhenverstellbar und durch einen eigenen, gemeinsamen Antrieb 89, der bei Bedarf an die Senkwerkzeuge angekoppelt werden kann, drehend antreibbar. Der Horizontalvorschub erfolgt hydraulisch mittels eines nicht gezeigten Hydraulikkolbens, an dessen Kolbenstange 93 die linear

geführten Werkzeugeinheiten der Senkeinrichtung befestigt sind. Die Senkpinolen sind seitlich sowie vertikal gegen die Spindelachsen versetzt, so daß sie im zurückgezogenen Zustand den Bohrvorgang und die hierfür ggf. erforderlichen Schwenkbewegungen nicht behindern. Zum Ansenken werden die Pinolen zunächst koaxial mit den zu bearbeitenden Bohrungen angeordnet und anschließend die Senkwerkzeuge durch Pinolenvorschub an das Werkstück herangefahren. Der Bearbeitungsvorschub, bei dem die drehenden Senkwerkzeuge in das Werkstück eindringen, wird durch Bewegung der Werktsücke entlang der W-Achse erreicht.

Die in Fig. 6 ebenfalls bevorzugte Ausführungsform einer Teileinrichtung 100 zum horizontalen Einspannen sowie zum Drehen der Werkstücke hat eine dem L-förmigen Träger der Einrichtung 43 entsprechende Trägerplatte 101, an deren werkzeugzugewandter Vorderseite vier übereinanderliegende horizontale, von der Werkzeugseite hintergreifbare Profilschienen 102 befestigt sind. An diesen können alle für den Aufbau der Teileinrichtung gewünschten Einheiten auswechselbar angebracht werden. Sie ermöglichen die Anbringung der Einheiten an jeder beliebigen Axialposition, so daß eine Anpassung der Teileinrichtung 100 an jede gewünschte Kurbelwellengeometrie auf einfache Weise möglich ist. An dem Betrachter zugewandten Ende sind übereinander zwei identische Lagerteile 103 befestigt, die an ihren Innenseiten nicht gezeigte Spannfutter für die Werkstücke tragen. Am gegenüberliegenden Ende sind Gegenlagerteile in Form von Reitstöcken 104 mit Lagerspitzen 105 zur Festlegung der Drehachse der Kurbelwellen vorgesehen. Zwischen den axialen Endlagern 103, 104 ist eine der Anzahl der zu bearbeitenden Lagerstellen entsprechende Anzahl von auswechselbaren Abdichteinrichtungen 106 (siehe Fig. 7) an den Profilschienen 102 eingehängt und mit diesen verrastet. Außerdem ist eine hydraulisch betätig-

bare Ausrichteinrichtung 107 eingehängt und verrastet, die im Detail in Fig. 8 dargestellt ist. die sichtbaren Einrichtungen 103 bis 107 dienen der Manipulation und Bearbeitung der aus Drastellungsgründen nicht gezeigten oberen Kurbelwelle. Unter den Einrichtungen 106, 107 sind identische Einrichtungen für die untere Kurbelwelle an den unteren beiden Profilschienen auswechselbar befestigt.

Für jedes einzuspannende Werkstück ist ein gesonderter, unabhängig ansteuerbarer Drehantrieb 125 für die Werkstückdrehung um die A-Achse vorgesehen. Dieser umfaßt im gezeigten Beispiel einen jeweils einen an dem Träger 101 befestigten Servomotor 126, der über einen Zahnriemen 127 am drehbar gelagerten Spannfutter angreift. Die Servomotoren sind für Werkstückdrehungen von bis zu ca. 1.700 U/min. ausgelegt, wodurch ggf. eine Reinigung der Werkstücke durch Abschleudern von Bohröl und Spänen möglich ist. Die unabhängigen Antriebe fördern zum einen den vorteilhaften modularen Aufbau der Teileinrichtung, die einfach für unterschiedliche Werkstückzahlen umgerüstet werden kann. Zum anderen wird die Einstellung der richtigen Drehstellung für jedes Werkstück individuell ermöglicht, was insbesondere bei der Einstellung mittels Meßtastern vorteilhaft ist.

Wie in den Figuren 7 und 8 gut zu erkennen, hat jede der auswechselbaren Einrichtungen 106, 107 einen in Axialrichtung schmalen Grundkörper 108 bzw. 109 mit einem am Oberende vorgesehenen, nach unten abragenden Haltefinger 110 bzw. 111, der in eine obere Aufnahmenut der jeweils oberen Profilschiene eingehängt wird. Am gegenüberliegenden Unterende ist ein verschwenkbarer Rasthebel 112 bzw. 113 vorgesehen, der nach Einhängen der Haltefinger in die obere Schiene und Anlegen des Grundkörpers an die Vorderseite der Halteprofile in eine Aufnahmenut an die Unterseite der jeweils unteren Führungs-

schiene einrastet und so die Einrichtung wackelfrei und verliersicher an den Profilen 102 festlegt. Diese Art der Befestigung ermöglicht eine Anbringung dieser Einrichtungen an beliebigen, ggf. stufenlos einstellbaren Axialpositionen entlang der Führungsprofile. Die Anpassung der Einrichtung an unterschiedlich dimensionierte Kurbelwellen ist dadurch sehr einfach möglich.

Die Abdichteinrichtung 106 (Fig. 7) hat drei an einem gemeinsamen Kniehebelmechanismus angebrachte, jeweils einen Umfangswinkel von ca. 110° Grad umfassende Abdichtschalen 115, 116, 117, die an den zylindrisch gekrümmten, werkstückzugewandten Flächen Kunststoffbeläge aufweisen. Der Kniehebelmechanismus ist so ausgelegt, daß bei einem hydraulischen Vorschub der mittleren Schale 115 in Richtung des abzudichtenden Werkstückabschnitts (Lager 119) sich die symmetrisch zur Mittelschale angeordneten äußeren Schalen 116, 117 zur Bildung eines fast lückenlosen Dichtringes um den abzudichtenden Werkstückabschnitt legen, so daß nur noch auf der der Schale 115 gegenüberliegenden Seite ein Spalt zur Durchführung des Bohrwerkzeuges bleibt. Durch diese Rundum-Abdichtung wird ein Austritt von unter Druck stehender Bohrflüssigkeit bei Durchbruch des Bohrwerkzeuges zuverlässig verhindert. Dieses dringt lediglich ein Stück in dem weichen Belag der Schale 115 ein. Ein Austreten von Bohrflüssigkeit und damit eine Verschmutzung des Bohrbereiches sowie ggf. ein Trockenlaufen der Bohrwerkzeuge wird auf diese Weise zuverlässig verhindert.

Die hydraulische betätigbare Ausrichteinrichtung 107 in Fig. 8 wird beim Einspannen der Werkstücke eingesetzt, um die richtige Drehlage bzw. Radialposition des Werkstückes zu gewährleisten. Sie hat ein hydraulisch horizontal vor- und zurückbewegbares Abstützorgan 120 mit einer werkstückzuge-

wandten, trapezförmigen Ausnehmung 121, die von prismatischen Abstützflächen 122 begrenzt ist. Beim Einspannen einer Kurbelwelle wird diese zunächst zwischen einer Spitze 105 am Lagerbock 104 und dem gegenüberliegenden Spannfutter axial eingespannt, ohne daß das Spannfutter das Werkstück schon radial einspannt und festhält. Anschließend erfolgt die radiale Festlegung des Werkstückes bzw. die Einstellung der richtigen Drehposition um die Werkstücklängsachse dadurch, daß das Abstützorgan an ein geeignetes Hublager der Kurbelwelle angedrückt wird. Die richtige Drehstellung ist erreicht, wenn der Mantel des Hublagers an den beiden gegenüberliegenden Abstützflächen 122 anliegt. Anschließend wird durch Betätigung des Spannfutters das Werkstück radial eingespannt und kann nun bearbeitet werden. Die Festlegung mittels derartiger Ausrichtelemente ist vor allem bei größeren Serien vorteilhaft, wobei für jede Kurbelwelle und Wellengeometrie geeignet dimensionierte und ausgelegte Ausrichtelemente vorzusehen sind. Bei kleineren Serien kann zur Steigerung der Flexibilität der Einrichtung auch mit Meßtastern gearbeitet werden, die beispielsweise an der Tiefbohreinheit angebracht sein können.

Die in den Figuren 6 bis 8 gezeigten Einrichtungen können bei allen erfindungsgemäßen Tiefbohreinrichtungen z.b. gemäß figuren 1 bis 3 und Figuren 4 und 5 in Teilen oder in Gesamtheit vorgesehen sein.

Insbesondere die Abdichteinrichtung, eine integrierte Bohrungsendbearbeitungseinrichtung, eine Bohrungsverschlußeinrichtung und die Integration einer Reinigungseinrichtung in die Tiefbohreinrichtung sind Maßnahmen, die unabhängig von einer ausschließlich horizontalen Ausrichtung der zu bearbeitenden Werkstücke auch bei anderen Tiefbohreinrichtungen der beschriebenen Art vorteilhaft sein können. Sie ermöglichen

eine Komplettbearbeitung, z.B. von Ölkanälen in einer einzigen Arbeitsstation und damit im Vergleich zum Stand der Technik erhebliche Platzsparvorteile und Produktivitätssteigerungen.

Patentansprüche

1. Tiefbohreinrichtung zum Bohren von Bohrungen in Werkstücken, insbesondere Kurbelwellen, wobei die Bohrungen an unterschiedlichen Positionen und/oder in unterschiedlichen Ausrichtungen relativ zu einer Werkstücklängsachse einbringbar sind, mit
einer Tiefbohreinheit (3; 74) mit mindestens einem Spindelstock (22), der mindestens eine durch einen Spindelantrieb (27) um eine horizontale Spindelachse (30; 79) drehbaren Arbeitsspindel (26) zur Aufnahme eines parallel zur Spindelachse verschiebbaren Tiefbohrwerkzeuges (32) aufweist;
einer Werkstückhalteeinheit (40) mit einer ersten Teileinrichtung (43; 100) zum Halten mindestens eines Werkstückes (41) mit horizontal ausgerichteter Werkstücklängsachse (42) und zur Drehung des Werkstückes um die Werkstücklängsachse (42); und einer zweiten Teileinrichtung (50) zur Drehung des Werkstücks (41) um eine vertikale Drehachse (49);
einer ersten Positioniereinrichtung (4) zur Relativverschiebung von Werkstück und Tiefbohrwerkzeug parallel zu einer horizontalen ersten Achse (8) (X-Achse) quer zur Spindelachse (30);
einer zweiten Positioniereinrichtung (14) zur Relativverschiebung von Werkstück und Tiefbohrwerkzeug parallel zu einer vertikalen zweiten Achse (15) (Y-Achse) senkrecht zur Spindelachse (30); und
einer dritten Positioniereinrichtung (51) zur Relativverschiebung von Werkstück und Tiefbohrwerkzeug parallel zu einer dritten Achse (48) (W-Achse) parallel oder in spitzem Winkel zur Spindelachse (30).

2. Tiefbohreinrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Tiefbohreinheit mindestens eine Werkzeugträgereinrichtung (11; 84) mit mindestens einem Spindelstock aufweist und daß die Werkzeugträgereinrichtung eine dem Spindelstock zugeordnete Werkzeugführungseinrichtung (35; 85) zur Führung des Werkzeuges sowie eine Werkzeugverschiebungseinrichtung zur Bewegung des Tiefbohrwerkzeuges relativ zur Werkzeugführungseinrichtung parallel zur Spindelachse (30; 76) aufweist.

3. Tiefbohreinrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die zweite Teileinrichtung der Werkstückhalteeinheit (40) einen Drehtisch (50) mit vertikaler Drehachse (49) aufweist, der vorzugsweise parallel oder in spitzem Winkel zur Spindelachse (30) verfahrbar ist.

4. Tiefbohreinrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die dritte Positioniereinrichtung (51) der Werkstückhalteeinheit (40) zugeordnet ist, wobei die dritte Positioniereinrichtung vorzugsweise eine parallel oder in spitzem Winkel zur Spindelachse ausgerichtete dritte Linearführungseinrichtung (52) zur Führung der Werkstückhalteeinheit (40) relativ zu einem Gestell (2) der Tiefbohreinrichtung aufweist.

5. Tiefbohreinrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die erste Positioniereinrichtung (4) und die zweite Positioniereinrichtung (14) der Tiefbohreinheit (3) zugeordnet sind, wobei vorzugsweise die erste Positioniereinrichtung eine quer zur Spindelachse (30) horizontzal verlaufende erste

Linearführungseinrichtung (6) und die zweite Positioniereinrichtung (14) eine senkrecht zur Spindelachse vertikal verlaufende zweite Linearführungseinrichtung (10) zur Führung der Werkzeugträgereinrichtung (11) relativ zu einem Gestell (2) der Tiefbohreinrichtung aufweist, wobei insbesondere die erste Positioniereinrichtung an dem Gestell (2) befestigt und die zweite Positioniereinrichtung an der ersten Positioniereinrichtung beweglich geführt ist.

6. Tiefbohreinrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Tiefbohreinheit (3) keine Positioniereinrichtung zur Verschiebung der Werkzeugträgereinrichtung (11; 84) parallel oder in spitzem Winkel zur Spindelachse (30; 79) aufweist.

7. Tiefbohreinrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Tiefbohreinheit (74) eine Einrichtung zur Drehung der Spindelachse (79), insbesondere einer Werkzeugträgereinrichtung (76), um eine vertikale Drehachse (75) aufweist.

8. Tiefbohreinrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß sie ein Gestell (72) zum Tragen der Tiefbohreinheit (74) und ein davon gesondertes weiteres Gestell (71) zum Tragen der Werkstückhalteeinheit (40) aufweist.

9. Tiefbohreinrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüch, dadurch gekennzeichnet, daß die Spindelachse (30, 79) und das Werkstück ausgehend von einer Grundstellung, in der die Werkstücklängsachse (42) senkrecht zur Spindelachse (30; 79) ausgerichtet ist, in zwei

gegensinnige Richtungen horizontal gegeneinander verschwenkbar sind.

10. Tiefbohreinrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß eine Werkzeugführungs-Wechseleinrichtung (34; 85) zum automatischen Auswechseln von Werkzeugführungen (37; 87) der Werkzeugführungseinrichtung vorgesehen ist.

11. Tiefbohreinrichtung nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Werkzeugführungs-Wechseleinrichtung der Werkstückhalteeinheit (40) zugeordnet, insbesondere fest an dieser angeordnet und mit dieser verfahrbar ist, wobei sie insbesondere ein Pickup-, Scheiben- oder Kettenmagazin für Werkzeugführungen aufweist.

12. Tiefbohreinrichtung nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Werkzeugführungseinrichtung (85) mindestens einen beweglich, insbesondere linear beweglich gelagerten Werkzeugführungsträger (86) mit mehreren einer Spindelachse zugeordneten, durch Bewegung des Werkzeugführungsträgers auswechselbaren Werkzeugführungen (87) aufweist, insbesondere einen Mehrfach-Linearwechsler.

13. Tiefbohreinrichtung nach einem der Ansprüche 10 bis 12, dadurch gekennzeichnet, daß der Werkzeugführungseinrichtung (85) eine Auffangeinrichtung (88) zum spritzgeschützten Auffangen von flüssigen Bohrhilfsmitteln und/oder Spänen zugeordnet ist, wobei die Werkzeugführungseinrichtung (85) vorzugsweise mindestens einen geschlossenen Bohrbuchsenträger aufweist.

14. Tiefbohreinrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß eine Werkzeugwechseleinrichtung (33) zum automatischen Auswechseln von Tiefbohrwerkzeugen (32) an der Arbeitsspindel (26) vorgesehen ist, wobei die Werkzeugwechseleinrichtung vorzugsweise der Tiefbohreinheit (3) zugeordnet ist, insbesondere fest am Gestell (2) angebracht und durch Verfahren der Werkzeugträgereinrichtung (11) zugänglich ist.

15. Tiefbohreinrichtung nach einem der Ansprüche 10 bis 14, dadurch gekennzeichnet, daß die Werkzeugführungs-Wechseleinrichtung (34) und die Werkzeugwechseleinrichtung (33) derart ausgebildet und angeordnet sind, daß eine Auswechslung von Tiefbohrwerkzeugen (32) und zugeordneten Werkzeugführungen (37) zeitgleich durchführbar ist.

16. Tiefbohreinrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß mindestens eine Abdichteinrichtung (106) zur Abdichtung von Durchtrittsstellen von Tiefbohrwerkzeugen auf der dem Tiefbohrwerkzeug abgewandten Seite eines Werkstückes vorgesehen ist.

17. Tiefbohreinrichtung nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, daß die Abdichteinrichtung (106) mindestens eine in einem Abdichtabschnitt an eine Werkstückmantelfläche über einen Umfangsabschnitt anpreßbare Abdichtschale (115, 116, 117) aufweist, wobei vorzugsweise für einen Abdichtabschnitt mehrere Abdichtschalen zur im wesentlichen lückenlosen Abdichtung des Abdichtabschnitts entlang des Werkstückumfanges vorgesehen sind.

18. Tiefbohreinrichtung nach Anspruch 16 oder 17, dadurch gekennzeichnet, daß Abdichteinrichtungen (106) auswechselbar an der Werkstückträgereinrichtung (100) anbringbar sind.

19. Tiefbohreinrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß sie eine integrierte Bohrungsendbearbeitungseinrichtung (90) zur vorzugsweise materialabtragenden Bearbeitung der Eintrittsbereiche und/oder Austrittsbereiche von Bohrungen an der Werkstückmantelfläche, insbesondere zum Ansenken dieser Bereiche, aufweist.

20. Tiefbohreinrichtung nach Anspruch 19, dadurch gekennzeichnet, daß die Bohrungsendbearbeitungeinrichtung (90) mindestens eine Senkpinole (91) mit mindestens einem parallel zur Spindelachse verfahrbaren Senkwerkzeug aufweist, wobei die Senkpinole vorzugsweise fest mit einer Werkzeugführungseinrichtung (85) verbunden und/oder mit dieser quer zur Spindelachse beweglich ist.

21. Tiefbohreinrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß eine integrierte Einrichtung zur Vorbereitung für einen Bohrungsverschluß vorgesehen ist, die vorzugsweise derart ausgebildet ist, daß zunächst eine Durchmessererweiterung eines Bohrungsendabschnittes erzeugt wird, daß danach ein vorzugsweise kugelförmiger Verschlußkörper in die Durchmessererweiterung eingesetzt wird und daß danach der Verschlußkörper in der Durchmessererweiterung festgesetzt wird, insbesondere durch Verstemmen.

22. Tiefbohreinrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß sie eine integrierte Reinigungseinrichtung zur Befreiung der Werkstücke von Bearbeitungsrückständen aufweist.

23. Tiefbohreinrichtung nach Anspruch 22, dadurch gekennzeichnet, daß die Reinigungseinrichtung als Schleudereinrichtung ausgebildet ist, wobei vorzugsweise ein Drehantrieb (45; 125) für eine Drehung des Werkstückes um seine Werkstücklängsachse (42) derart ausgebildet ist, daß eine Werkstückdrehung mit Drehgeschwindigkeiten von mehr als ca. 500 U/min., insbesondere zwischen ca. 800 und ca. 1.700 U/min., durchführbar ist.

24. Tiefbohreinrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Werkstückhalteeinheit (40) zur gleichzeitigen Aufnahme von mehreren, insbesondere zwei, gleichzeitig bearbeitbaren Werkstücken (41) ausgebildet ist, wobei die Werkstücke vorzugsweise mit parallelen Werkstücklängsachsen (42) übereinander anordenbar sind.

25. Tiefbohreinrichtung nach Anspruch 24, dadurch gekennzeichnet, daß für jedes Werkstück (41) ein gesondert steuerbarer Drehantrieb (45; 125) vorgesehen ist.

26. Tiefbohreinrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß mehrere, insbesondere zwei, achsparallel übereinander angeordnete Arbeitsspindeln (26) vorgesehen sind und/oder daß die Werkzeugführungseinrichtung mehrere, insbesondere zwei oder vielfache von zwei, achsparallel übereinander angeordnete Werkzeugführungen (37; 87) hat.

- - - - - - -

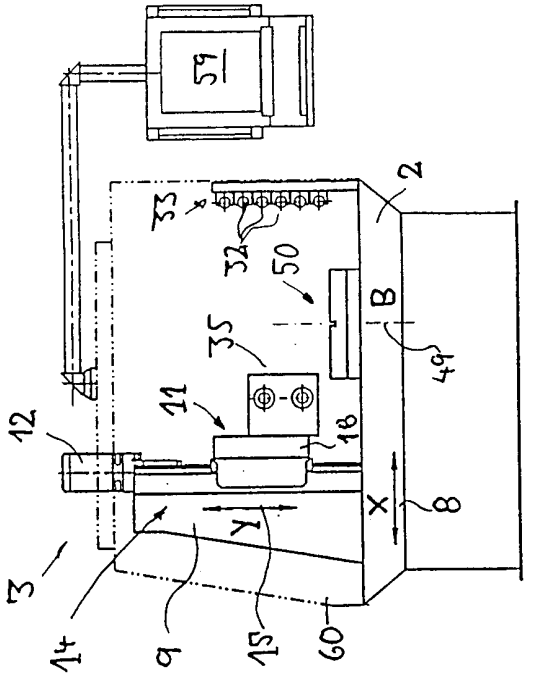


Fig. 3

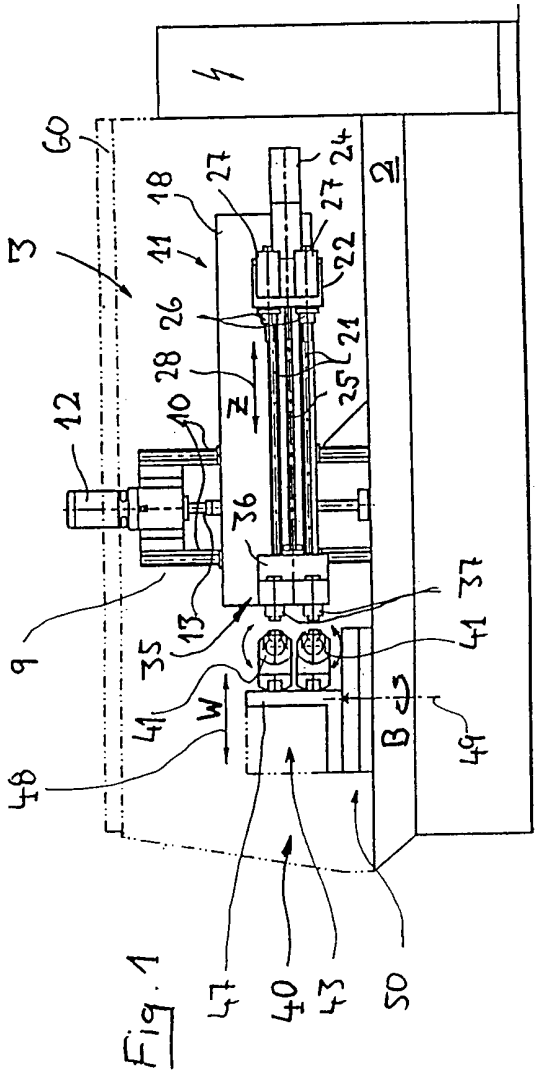


Fig. 1

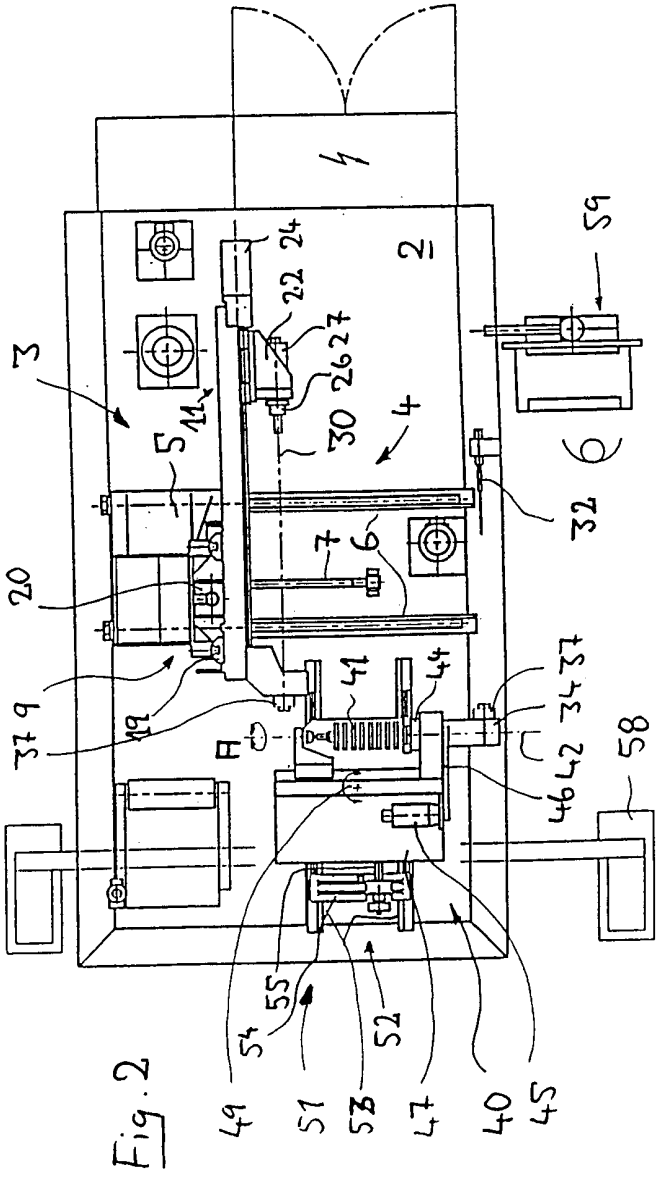


Fig. 2

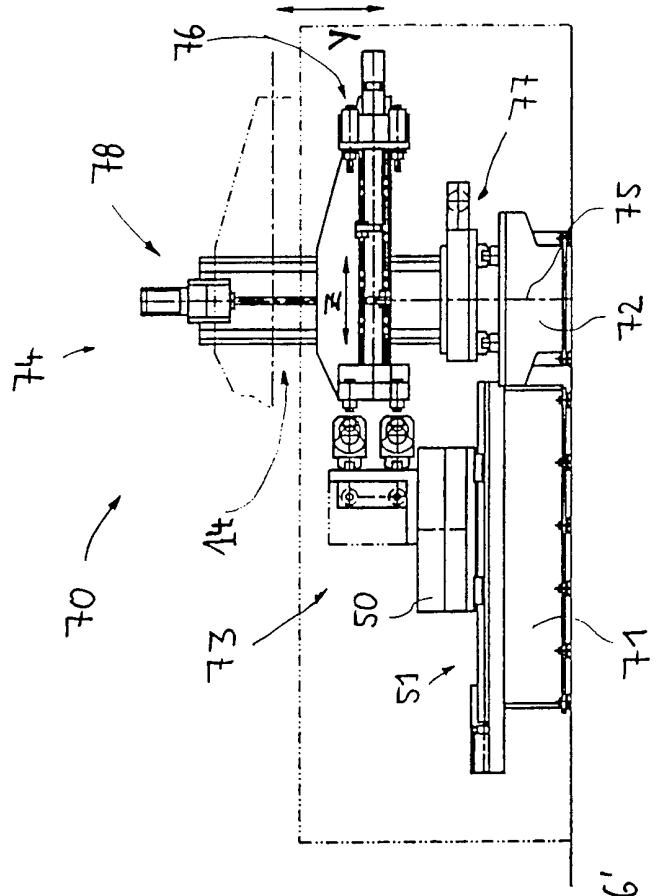

76
Y
77
78
75
74
Z
72
14
70
73
50
51
71

Fig. 5

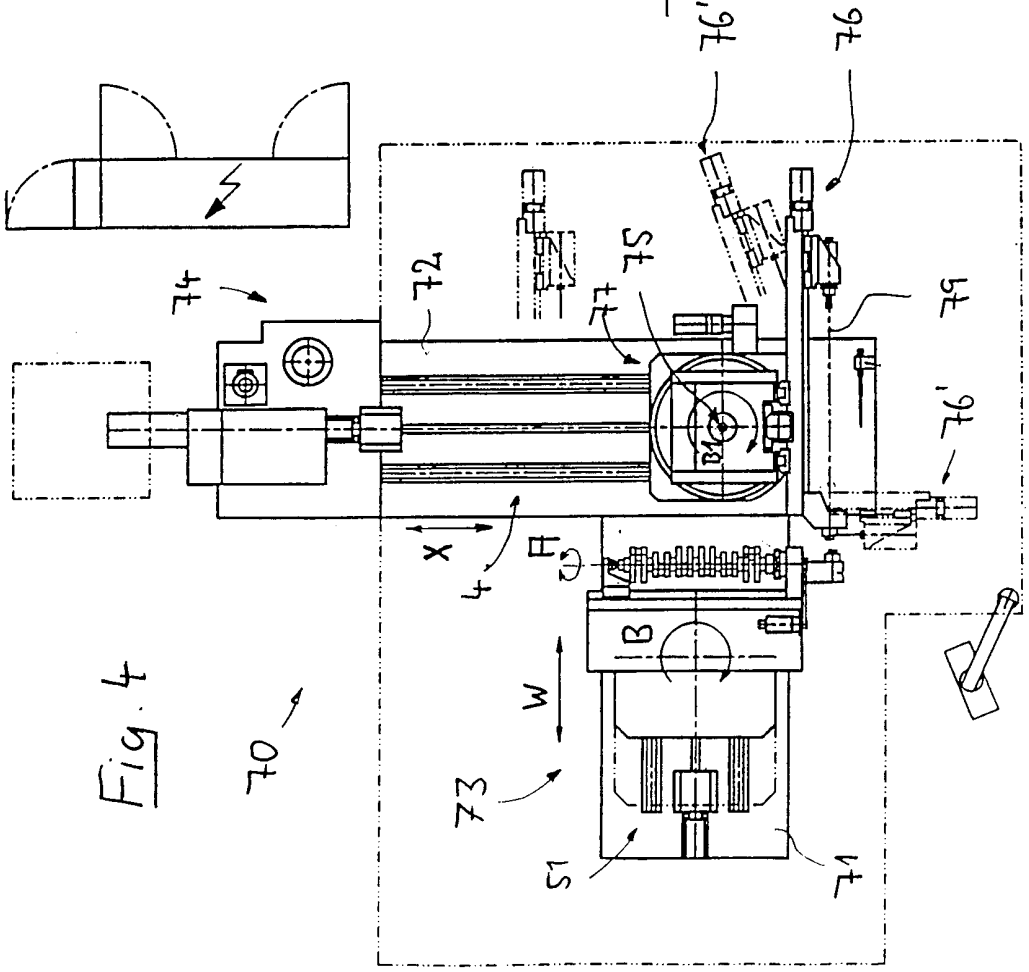

76'
76
74
72
75
77
79
76'
X
4
A
B
W
70
73
51
71

Fig. 4

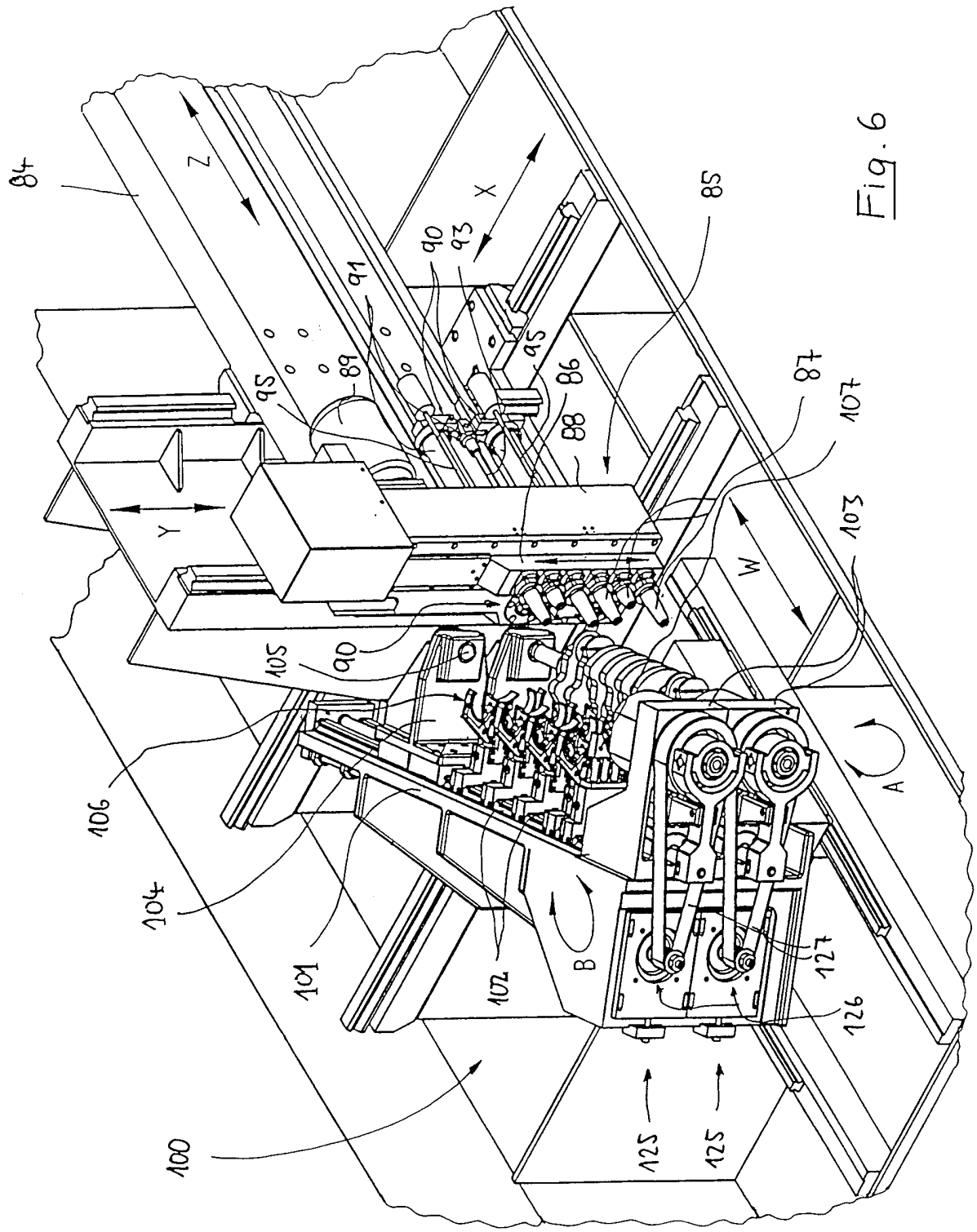


Fig. 6

ERSATZBLATT (REGEL 26)

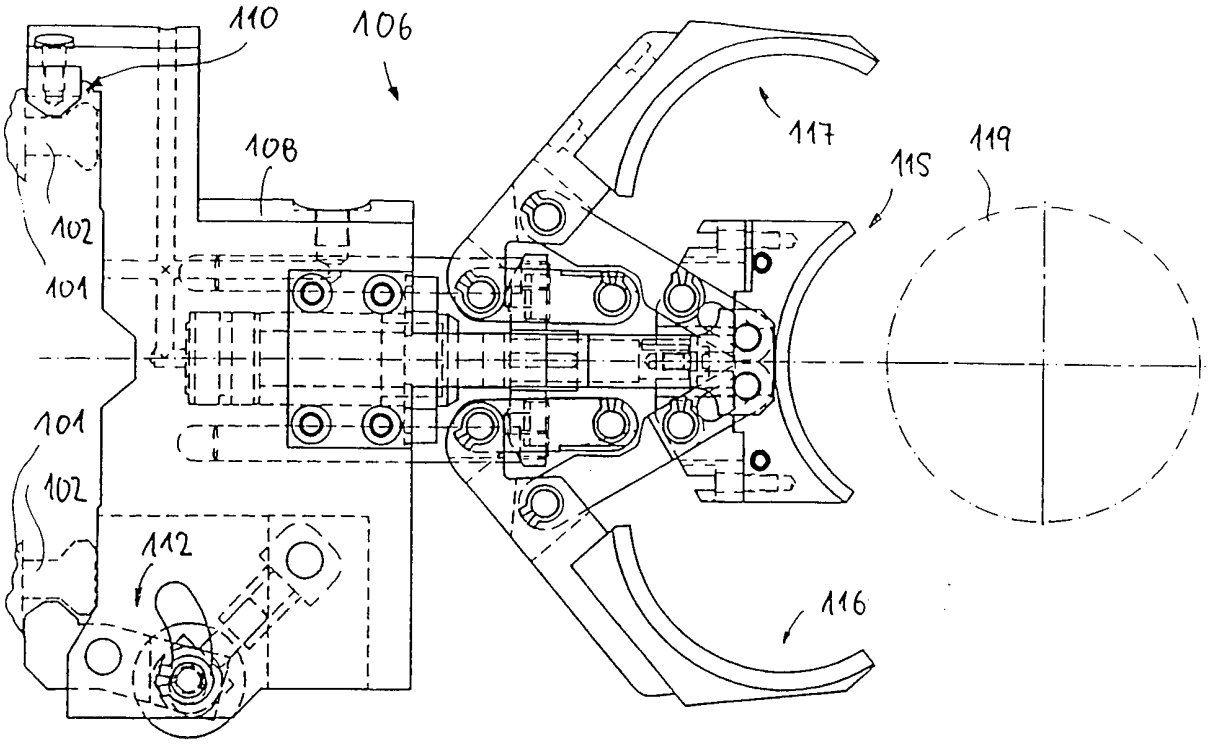

110
106
108
117
115
119
102
101
101
102
112
116

Fig. 7

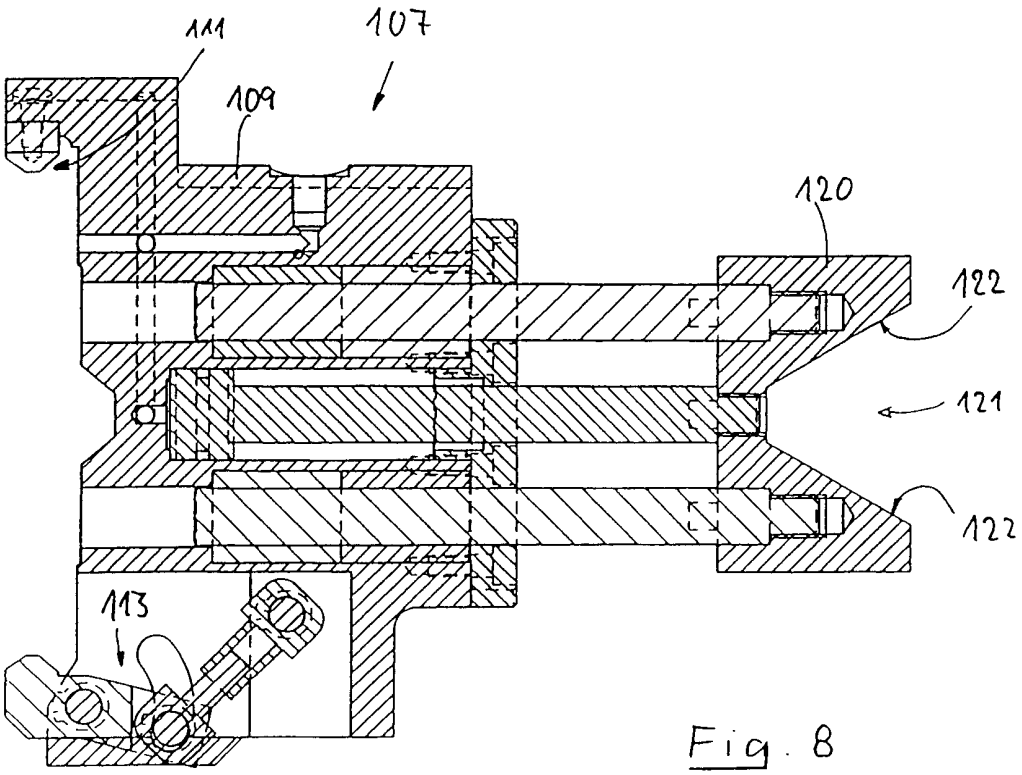

111
107
109
120
122
121
122
113

Fig. 8

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Ir. .ational Application No
PCT/EP 99/08531

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
IPC 7 B23B41/12 B23B41/02 B23Q1/48 B23Q1/62

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
IPC 7 B23B B23Q

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category °	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 5 759 140 A (EGBERT JAMES) 2 June 1998 (1998-06-02) cited in the application claim 1	1
A	DE 299 07 963 U (HONSBERG LAMB SONDERWERKZEUGMA) 29 July 1999 (1999-07-29) claim 1	1
A	JP 59 232707 A (HONDA GIKEN KOGYO KK) 27 December 1984 (1984-12-27) figures 1-6	1

☐ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

° Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier document but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
3 May 2000	10/05/2000

Name and mailing address of the ISA	Authorized officer
European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL – 2280 HV Rijswijk Tel. (+31–70) 340–2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+31–70) 340–3016	De Gussem, J

1

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

Ir. ational Application No
PCT/EP 99/08531

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 5759140 A	02-06-1998	AU 5663996 A	07-11-1996
		BR 9608091 A	23-02-1999
		CA 2218624 A	24-10-1996
		EP 0821631 A	04-02-1998
		WO 9633043 A	24-10-1996
DE 29907963 U	29-07-1999	NONE	
JP 59232707 A	27-12-1984	JP 1032007 B	29-06-1989
		JP 1549664 C	09-03-1990

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Ir. ationales Aktenzeichen
PCT/EP 99/08531

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
IPK 7 B23B41/12 B23B41/02 B23Q1/48 B23Q1/62

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
IPK 7 B23B B23Q

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie°	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	US 5 759 140 A (EGBERT JAMES) 2. Juni 1998 (1998-06-02) in der Anmeldung erwähnt Anspruch 1	1
A	DE 299 07 963 U (HONSBERG LAMB SONDERWERKZEUGMA) 29. Juli 1999 (1999-07-29) Anspruch 1	1
A	JP 59 232707 A (HONDA GIKEN KOGYO KK) 27. Dezember 1984 (1984-12-27) Abbildungen 1-6	1

☐ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

☒ Siehe Anhang Patentfamilie

° Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :
"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist
"E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist
"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)
"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht
"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist
"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist
"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden
"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist
"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche	Absendedatum des internationalen Recherchenberichts
3. Mai 2000	10/05/2000

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde	Bevollmächtigter Bediensteter
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL – 2280 HV Rijswijk Tel. (+31–70) 340–2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+31–70) 340–3016	De Gussem, J

1

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Ir. ationales Aktenzeichen
PCT/EP 99/08531

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 5759140 A	02-06-1998	AU 5663996 A	07-11-1996
		BR 9608091 A	23-02-1999
		CA 2218624 A	24-10-1996
		EP 0821631 A	04-02-1998
		WO 9633043 A	24-10-1996
DE 29907963 U	29-07-1999	KEINE	
JP 59232707 A	27-12-1984	JP 1032007 B	29-06-1989
		JP 1549664 C	09-03-1990