(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
2. Mai 2002 (02.05.2002)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 02/34466 A1

(51) Internationale Patentklassifikation[7]: B24B 5/42

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP01/12247

(22) Internationales Anmeldedatum:
23. Oktober 2001 (23.10.2001)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
100 52 443.5 23. Oktober 2000 (23.10.2000) DE

(71) Anmelder *(für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US)*: **BOEHRINGER WERKZEUGMASCHINEN GMBH** [DE/DE]; Stuttgarter Strasse 50, 73033 Göppingen (DE).

(72) Erfinder; und

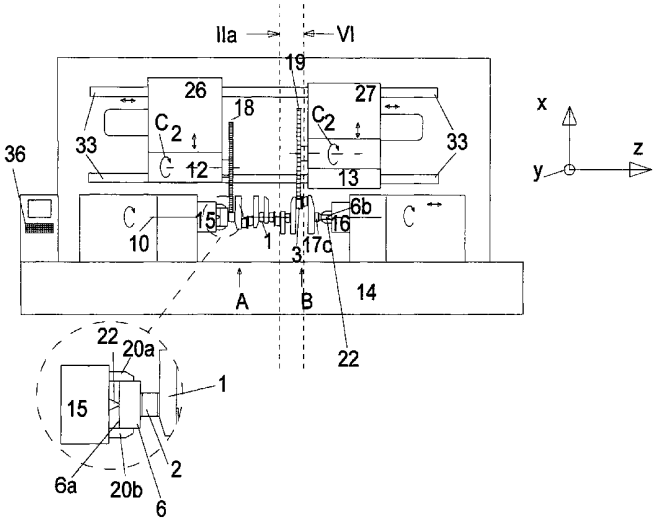
(75) Erfinder/Anmelder *(nur für US)*: **HORSKY, Anton** [DE/DE]; Hauptstrasse 93, 73117 Wangen (DE). **SCHARPF, Paul, Dieter** [DE/DE]; Weilerbachweg 13/1, 73114 Schlat (DE). **VOSS, Wolf-Dietrich** [DE/DE]; Erlengrund 17/1, 73087 Boll (DE).

(74) Anwalt: **HANSMANN & VOGESER**; Albert-Rosshaupter-Strasse 65, 81369 München (DE).

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) **Title:** MULTI-PURPOSE MACHINE

(54) **Bezeichnung:** KOMBIMASCHINE



(57) **Abstract:** The invention relates to a method and a device whereby crankshafts (1) can be machined at the appropriate machining points (lifting bearing points, main bearing points, sides of shaft flanges, end pins/end flanges) on a machine, by means of mechanical removal of material in one and the same machine. The workpiece (1) is clamped on the central axis for each machining step and can be driven in a rotating manner. The axial end regions of the workpiece are received in the receiving devices of two spindles (15, 16) which are oriented towards each other and aligned with each other. Both jaw chucks (20 or 21) and centring points (22, 23) are used as receiving devices and are provided on each spindle (15, 16). Said spindles (15, 16) are arranged on the bed (14) of the machine, as are the tool rests (12, 13) which respectively carry one tool unit. Said tool unit can be driven in a rotating manner about an axis (C2 axis) which is parallel to the rotational axis (Z axis) of the workpiece.

(57) **Zusammenfassung:** Die Erfindung betrifft ein Verfahren sowie eine Vorrichtung, bei der Kurbelwellen (1) an den einschlägigen Bearbeitungsstellen (Hublagerstellen, Hauptlagerstellen, Wangenseitenflächen, Endzapfen/Endflansch) auf einer Maschine bearbeitet werden können, durch mechanischen Materialabtrag in ein- und derselben Maschine, wobei das Werkstück (1) bei allen Bearbeitungsschritten

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 02/34466 A1

(81) Bestimmungsstaaten *(national)*: JP, US.

(84) Bestimmungsstaaten *(regional)*: europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR).

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.

auf der zentrischen Achse gespannt ist und drehend antreibbar ist. Die axialen Endbereiche des Werkstückes sind in den Aufnahmevorrichtungen zweier gegeneinander gerichteter, miteinander fluchtender Spindeln (15, 16) aufgenommen. Als Aufnahmeeinrichtungen dienen sowohl Backenfutter (20 bzw.21) als auch Zentrierspitzen (22, 23), die an jeder der Spindeln (15, 16) angeordnet sind. Die Spindeln (15, 16) sind auf dem Bett (14) der Maschine angeordnet, ebenso wie die Werkzeugsupporte (12, 13), die jeweils eine Werkzeugeinheit tragen, welche um eine parallel zur Rotationsachse (Z-Achse) des Werkstückes parallele Achse (C2-Achse) drehend antreibbar ist.

Kombimaschine

I. Anwendungsgebiet

Die Erfindung betrifft die Bearbeitung von Werkstücken mittels materialabtragender, vorzugsweise mechanisch materialabtragender, Verfahren und diesbezüglicher Vorrichtungen, wobei die Werkstücke sowohl zentrisch als auch exzentrisch bezüglich der zentrischen Achse des Werkstückes angeordnete, rotationssymmetrische Flächen und ggf. darüber hinausgehend Stirnflächen umfasst, die bearbeitet werden sollen.

II. Technischer Hintergrund

Ein typisches derartiges Werkstück sind Kurbelwellen, bei denen die Mantelflächen der Hauptlager die zentrischen rotationssymmetrischen Flächen darstellen und die Mantelflächen der Hublager die exzentrischen rotationssymmetrischen Flächen. Darüber hinaus stellen die Bearbeitungen der zwar zentrischen, jedoch den Endbereich und damit den zum Spannen in Futtern verwendeten Bereich darstellenden Endzapfen bzw. Endflansche (kleiner bzw. großer Außendurchmesser) eine Schwierigkeit dar, und die mit Abnahme großer Materialmengen verbundene Bearbeitung von Wangenseitenflächen.

Kurbelwellen sind typische Vertreter von Werkstücken, die folgende Probleme in sich vereinen:

Es sind sowohl zentrisch als auch exzentrisch positionierte, rotationssymmetrische Werkstückflächen zu bearbeiten,

- es sind zusätzlich Stirnflächen zu bearbeiten,

- es müssen auch die Endbereiche des Werkstückes, an denen normalerweise die Spannung in den Futtern der Maschine erfolgt, bearbeitet werden, und diese müssen in hohem Maße hinsichtlich Rundheit und Mittenfluchtung mit den übrigen Bereichen des Werkstückes übereinstimmen,

- das Werkstück ist aufgrund seiner Geometrie wenig widerstandsfähig gegen vor allem radial aufgebrachte Bearbeitungskräfte.

Zur Bearbeitung der einzelnen Flächen steht die bekannte Palette von materialabtragenden Bearbeitungsverfahren zur Verfügung, beginnend mit den spanabhebenden Bearbeitungsverfahren, deren Werkzeuge über eine geometrisch definierte Schneide verfügen. Diese Verfahren lassen sich in die folgenden zwei Gruppen aufteilen:

- werkstückbasierte Verfahren, also Verfahren, bei denen die gewünschte Schnittgeschwindigkeit (Relativgeschwindigkeit zwischen Werkstückoberfläche und der daran arbeitenden Schneide des Werkzeuges) primär durch die Rotationsgeschwindigkeit des Werkstückes erreicht wird: Längsdrehen, Plandrehen, Räumen, Dreh-Räumen (die Räumschneiden sind auf dem Umfang eines runden Werkzeuggrundkörpers angeordnet, welches sich bei der Bearbeitung dreht, jedoch langsamer als das Werkstück), Dreh-Dreh-Räumen (in Ergänzung zum vorbeschriebenen Drehräumen befinden sich auf dem Werkzeuggrundkörper auch Drehwerkzeuge, bei deren Einsatz das Drehräumwerkzeug nicht rotiert, sondern linear in X- oder Z-Richtung bezüglich des Werkstückes zum Längs- bzw. Plandrehen verfahren wird), Finishen (Schleifen mit im wesentlichen stillstehendem Finish-Werkzeug; noch feinere Körnung als Schleifwerkzeuge) und

- werkzeug-basierte Verfahren, bei denen also die Schnittgeschwindigkeit primär durch die Bewegung, insbesondere Rotation, des Werkzeuges erzielt wird: Orthogonalfräsen (ein Fräswerkzeug, das mit seiner Rotationsachse lotrecht auf der zu bearbeitenden rotationssymmetrischen Fläche steht, bearbeitet diese primär mit den auf der Stirnfläche des Fräsers vorhandenen Stirnschneiden), Außenfräsen (ein scheibenförmiger Fräser, dessen Rotationsachse parallel zur Rotationsachse des Werkstückes liegt, arbeitet primär mit den auf seinem Außenumfang angeordneten Schneiden die entsprechende Mantelfläche des Werkstückes), Außenrundschleifen (anstelle des vorbeschriebenen scheibenförmigen Fräswerkzeuges wird in gleicher Positionierung zum Werkstück eine scheibenförmige Schleifscheibe eingesetzt).

Dabei sind die jeweils letztgenannten Vertreter in beiden Gruppen bereits Verfahren mit geometrisch nicht definierter Schneide.

Hinzu kommen noch Verfahren, die Material abtragen ohne eine mechanisch wirkende Schneide, beispielsweise Elektroerosionsverfahren, Materialabtrag mittels Laser etc., bei denen jedoch nur geringe Relativgeschwindigkeiten zwischen Werkzeug und Werkstück notwendig sind, und diese Relativgeschwindigkeit wahlweise durch Bewegung des Werkstückes und/oder des Werkzeuges zur Verfügung gestellt werden kann.

Für die Großserienproduktion von derartigen Werkstücken wie etwa PKW-Kurbelwellen sind eine möglichst kurze Bearbeitungszeit - einschließlich Rüst- und Totzeiten - pro Kurbelwelle einerseits sowie niedrige Werkzeug- und Energiekosten andererseits die entscheidenden Paramater, abhängig von den dabei erzielbaren Oberflächenqualitäten (Rundheit, Rauhtiefe etc.), die die Notwendigkeit nachfolgender Endbearbeitungsschritte wie Schleifen und/oder Finishen bedingen können.

In diesem Sinne sind zur Zeit für die Großserienfertigung nach wie vor die mittels mechanischer Schneide abtragenden Bearbeitungsverfahren zu präferieren.

Dabei steht momentan bezüglich der zentrischen rotationssymmetrischen Flächen die Bearbeitung mittels Drehräumen oder Dreh-Drehräumen im Vordergrund. Hinsichtlich der exzentrischen rotationssymmetrischen Flächen, also beispielsweise den Hublagerstellen, wird derzeit das Außenrundfräsen bevorzugt. Da die Hublagerstelle während der Bearbeitung - damit alle Umfangspunkte von einer Seite aus bearbeitet werden können - um die zentrische Achse des Werkstückes rotiert, ist gleichzeitig eine zeitlich und geometrisch sehr genaue Nachführung des entsprechenden Werkzeuges notwendig. Um dies realisieren zu können, werden für die Bearbeitung dieser exzentrischen rotationssymmetrischen Flächen werkzeugbasierte Verfahren bevorzugt. Bei Einsatz werkstückbasierter Verfahren würde - zur Erzielung einer hohen Schnittgeschwindigkeit und damit einer effizienten Bearbeitung - das Werkstück so schnell rotieren, dass eine Nachführung des Werkzeuges nicht realisierbar wäre, beziehungsweise die so erreichbaren Drehzahlen des Werkstückes und damit Schnittgeschwindigkeiten wären nicht konkurrenzfähig.

Die derzeit bevorzugten Verfahren werden in der Großserienfertigung in der Regel auf getrennten Maschinen nacheinander eingesetzt. Zusätzlich werden - meist ebenfalls auf einer separaten Maschine bzw. Station einer Produktionslinie - vorher die Endbereiche, bei einer Kurbelwelle also Endzapfen und Endflansch, separat wenigstens am Umfang, eventuell auch an den endseitigen Stirnfläche, vorbearbeitet, um definierte Spannflächen für die weitere Bearbeitung zur Verfügung zu haben.

Im Sinne der vorliegenden Anmeldung wird bei den zu bearbeitenden Mantelflächen zwar nur von rotationssymmetrischen Flächen gesprochen, da dies der weitaus größte Anteil an Bearbeitungsfällen ist. Selbstverständlich können auch nicht rotationssymmetrische, jedoch konvex gekrümmte Außenrundflächen wie etwa die Nocken von Nockenwellen analog bearbeitet werden.

Gelegentlich wurde auch bereits angedacht, für kleine Stückzahlen, wie etwa Vorserienmodelle von Kurbelwellen etc. die Bearbeitung der zentrischen rotationssymmetrischen Flächen durch werkstück-basierte Bearbeitungsverfahren sowie

die Bearbeitung der exzentrischen rotationssymmetrischen Flächen durch werkzeug-basierte Bearbeitungsverfahren auf einer Maschine durchzuführen, indem dort die beiden entsprechenden Werkzeugeinheiten beide vorhanden sind. Dabei stellten die extrem unterschiedlichen zu realisierenden Drehzahlbereiche des Werkstückantriebes das eine Hauptproblem dar, und die Bearbeitung der Endbereiche der Kurbelwelle das andere Hauptproblem.

II. Darstellung der Erfindung

a) Technische Aufgabe

Es ist daher die Aufgabe gemäß der vorliegenden Erfindung, ein Verfahren sowie eine Vorrichtung zu schaffen, bei der Kurbelwellen und ähnliche Teile an den einschlägigen Bearbeitungsstellen (Hublagerstellen, Hauptlagerstellen, Wangenseitenflächen, Endzapfen/Endflansch) auf einer Maschine und damit mit geringem Aufwand an Investitionsgütern und dennoch insgesamt sehr zeiteffizient bearbeitet werden können.

b) Lösung der Aufgabe

Diese Aufgabe wird durch die Merkmale der Ansprüche 1 und 13 gelöst. Vorteilhafte Ausführungsformen ergeben sich aus den Unteransprüchen.

Dabei soll das Werkstück bei allen Bearbeitungsschritten jeweils auf der zentrischen Achse gespannt und um diese Achse drehend angetrieben werden, um den Einsatz mechanisch sehr aufwendiger und teurer sogenannter Taktfutter zu vermeiden, die zusätzlich die Flexibilität einer Maschine stark einschränken, da sie auf die Abmessungen der zu bearbeitenden Kurbelwelle abgestellt sein müssen.

Durch Einsatz von werkstück-basierten Verfahren für die zentrischen Flächen wird dort bereits eine sehr kurze Bearbeitungszeit bei gleichzeitig sehr guter Oberflächenqualität erreicht.

Durch Einsatz der werkzeug-basierten Bearbeitungsverfahren bei exzentrischen Flächen kann die Drehzahl des Werkstückes so niedrig gehalten werden, dass noch eine optimale Nachführung des Werkzeuges und damit eine optimale Maßhaltigkeit dieser Flächen sichergestellt ist.

Um bei den werkstück-basierten Verfahren einerseits und werkzeug-basierten Verfahren andererseits die realisierbaren, maximalen Schnittgeschwindigkeiten erreichen zu können, wird das Werkstück, welches in seinen Endbereichen in Spindeln gelagert und mittels Futter drehend antreibbar ist, von den beiden Seiten her über unterschiedliche Antriebe wahlweise angetrieben, wobei der eine Antrieb die möglichst hohen Drehzahlen für die werkstückbasierten Bearbeitungsverfahren zur Verfügung stellt, die andererseits nur geringe Drehmomente erfordern, während der andere Antrieb zwar nur die geringen notwendigen Werkstückdrehzahlen für werkzeug-basierte Bearbeitungsverfahren aufbringen muss, jedoch bei hohem Drehmoment und Einhaltung definierter Drehlage des Werkstückes, somit auch einer Positioniermöglichkeit der Drehlage des Werkstückes gegenüber dieser Spindel. Entsprechend ist dieser langsame Antrieb vorzugsweise auch mit einer Selbsthemmung, realisiert mittels z. B. Schnecke/ Schneckenradübersetzung, ausgestattet. Beide Antriebe können von separaten Motoren (bevorzugt) oder einem gemeinsamen Motor aus angetrieben werden, jedoch sollte wenigstens der selbsthemmende langsame Antriebsstrang z. B. zwischen der Spindel und der selbsthemmenden Stelle oder zwischen Futter und Spindel entkuppelbar sein.

Um zusätzlich auch Endzapfen und Endflansch, wenigstens deren Mantelflächen, bearbeiten zu können, müssen die Spindeln neben einem üblichen Spannfutter, etwa einem Dreibacken-Futter, auch eine Zentrierspitze aufweisen, wobei Zentrierspitze und die Backen des Backenfutters relativ zueinander in Axialrichtung (Z-Richtung) verfahrbar sind, beispielsweise durch Verwendung von Futtern mit

rückziehbaren Spannbacken. Auf diese Art und Weise ist es möglich, jeweils einen Endbereich drehfest mittels Futterspannung mit der jeweiligen Spindel zu verbinden, während der andere, momentan zu bearbeitende, Endbereich lediglich durch eine Zentrierspitze abgestützt ist.

Der in der langsamen Spindel aufgenommene Endbereich kann dabei - aufgrund Antrieb durch die schnelle Spindel - mit hohen Drehzahlen betrieben werden und damit mit dem auch für die Mittellager verwendeten werkstück-basierten Bearbeitungsverfahren, z. B. Dreh-Drehräumen, bearbeitet werden.

Einschränkungen hinsichtlich der Effizienz sind nur im umgekehrten Fall, also bei Bearbeitung des in der schnellen Spindel aufgenommenen Endbereiches, in der Regel dem Endflansch, notwendig: Dieser ist bei Bearbeitung nur durch eine Zentrierspitze gehalten, während das Werkstück auf der gegenüberliegenden Seite durch das Backenfutter der langsamen Spindel in Drehung versetzt wird.

Aufgrund der langsamen Drehzahl des Werkstückes stehen realistisch nur zwei Möglichkeiten der Bearbeitung zur Verfügung:

Entweder Bearbeiten mittels eines der werkstückbasierten Verfahren, wegen niedriger Werkstückdrehzahl jedoch bei sehr niedriger Schnittgeschwindigkeit, mit entsprechender Beschränkung auf hierfür geeignete Schneidstoffe. Beim Drehen ist dies beispielsweise Schnellarbeitsstahl (HSS).

Da die übrigen, mittels werkzeug-basierter Verfahren bearbeiteten Flächen, beispielsweise die Mittellager, selbst bei Anwendung des Drehens mit Werkzeugen aus Hartmetall, Schneidkeramik und ähnlichen Hochleistungswerkstoffen bearbeitet werden, müssen derartige HSS-Schneiden allein wegen dieser Endflansch-Bearbeitung zusätzlich auf dem entsprechenden Werkzeuggrundkörper vorgesehen werden.

Schneiden aus Hartmetall oder Schneidkeramik würden bei diesen niedrigen drehzahlen des Werkstückes zu schnell beschädigt werden.

Die andere Möglichkeit besteht darin, analog der niedrigen Werkstückdrehzahl mit werkzeug-basierten Verfahren, also beispielsweise mittels Außenrundfräsen, diesen Endbereich zu bearbeiten. Nachteil ist dabei die gegenüber werkstückbasierten Verfahren geringfügig schlechtere erzielbare Oberflächenqualität. Da in der Regel für alle gleichartigen Werkstückoberflächen, beispielsweise alle zentrischen Lagerstellen, übereinstimmende Mindestanforderungen hinsichtlich der Oberflächenqualität gestellt werden, wird durch diese Endflanschbearbeitung unter Umständen eine Qualitätsvorgabe nicht erreicht, die für alle anderen Mittellagerstellen aufgrund des geeigneteren Bearbeitungsverfahrens erreichbar ist.

Da bei der Bearbeitung mindestens eines der Endbereiche (Endzapfen/ Endflansch) eine Spannung mittels Futter in der Regel zunächst am unbearbeiteten Außenumfang des Werkstückes notwendig ist, muss wenigstens dieses entsprechende Futter ausgleichende Spannbacken aufweisen. Ebenso muss an einer der Spindeln eine Drehlagenfixierung des Werkstückes gegenüber einer der Spindeln vorhanden sein, beispielsweise ein Drehlagenanschlag oder Richtbacken im entsprechenden Backenfutter.

Da, wie vorbeschrieben, derartige Verfahren und Maschinen primär zur Herstellung von Kurbelwellen oder ähnlichen Werkstücken in geringen Stückzahlen, häufig nur in Einzelstücken, dienen, werden die Außenrundfräser relativ schmal gewählt, so dass sie für alle herzustellenden Kurbelwellen eingesetzt werden können. Entsprechend ist dann jedoch - nach der Bearbeitung eines ersten Axialbereiches an einem Hublager mittels Außenrundfräsen - eine Axialverfahrung des Fräsers - sei es kontinuierlich oder schrittweise - notwendig, bis die gesamte Lagerbreite bearbeitet ist.

Zu diesem Zweck muss zum einen der Fräser in Z-Richtung verfahrbar sein, also der Werkzeugsupport über einen Z-Schlitten verfügen, und zum anderen müssen die Schneiden des Fräsers nicht nur auf dessen Außenumfang, sondern auch im äußeren Randbereich der Stirnfläche vorhanden sein, um bei kontinuierlicher Zustellung in Z-Richtung auch an der Stirnfläche schneiden zu können. Anderenfalls

ist nur die axial abschnittweise Bearbeitung über Einstechen und Umfangsbearbeitung möglich.

Sofern ausschließlich die Bearbeitung von Einzelstücken beabsichtigt ist bzw. die Bearbeitungsdauer nur eine sehr untergeordnete Rolle spielt, kann von dem vorbeschriebenen Lösungsgedanken dahingehend abgewichen werden, dass auch die exzentrischen rotationssymmetrischen Flächen und trotz Antriebes während ihrer Bearbeitung über den langsamen Spindelantrieb mit einem werkstückbasierten Bearbeitungsverfahren wie etwa dem Drehen bearbeitet werden. Wie zuvor hinsichtlich der Bearbeitung des im schnellen Spindelfutter aufgenommenen, jedoch nur langsam antreibbaren, Endbereiches beschrieben, erhöht sich dadurch die Bearbeitungszeit für die Hublager und damit der Kurbelwelle insgesamt sehr stark und zusätzlich müssen für diese niedrige Schnittgeschwindigkeit geeignete Schneidstoffe wie etwa HSS-Schneiden vorhanden sein.

Der Vorteil einer solchen Lösung liegt jedoch maschinentechnisch gesehen darin, dass für Hub- und Hauptlager das gleiche Bearbeitungsverfahren eingesetzt, wenn auch bei stark unterschiedlichen Schnittgeschwindigkeiten, und demzufolge mit der Notwendigkeit unterschiedlicher Schneidstoffe. Diese aus unterschiedlichem Material bestehenden Schneiden können entweder wie vorbeschrieben aus zwei getrennten Werkzeugeinheiten, nämlich z. B. Schneiden aus keramischen Schneidstoffen auf einem Werkzeuggrundkörper und HSS-Schneiden auf dem anderen Werkzeuggrundkörper, angeordnet sein. Beide Werkzeugsysteme benötigen jedoch die gleichen Bewegungsmöglichkeiten (neben Verfahren in der X- und Z-Richtung entweder ein Verschwenken um die C2-Achse oder ein Verfahren in Y-Richtung) und können demzufolge identisch aufgebaut und mit einer identischen Steuerung ausgerüstet sein, was die Kosten senkt.

Einen Schritt weiter betrachtet könnten - da es sich bei den werkstück-basierten Verfahren ausschließlich um Bearbeitungsverfahren handelt, bei denen das Werkzeug nicht zwingend um volle 360° rotieren muss - Schneiden aus beiden Schneidstoffarten gleichzeitig auf demselben, beispielsweise scheibenförmigen,

Werkzeuggrundkörper angeordnet sein, so dass damit insgesamt nur eine einzige Werkzeugeinheit an der Maschine notwendig wäre.

Unter den vorstehend erwähnten hohen und niedrigen Werkstückdrehzahlen bzw. Schnittgeschwindigkeiten bzw. Drehmomenten beim Antrieb des Werkstückes sind in etwa folgende Wertebereiche zu verstehen:

Hohe Werkstückdrehzahlen von 40 U/min bis 1.600 U/min, insbesondere von 200 U/min bis 800 U/min, niedrige Werkstückdrehzahlen von 0 U/min bis 40 U/min, insbesondere von 20 U/min bis 40 U/min, hohe Drehmomente des Werkstückantriebes von 600 Nm bis 3.000 Nm, insbesondere von 2.000 Nm bis 2.500 Nm, niedrige Drehmomente des Werkstückantriebes von 200 Nm bis 600 Nm, insbesondere von 300 Nm bis 550m, Schnittgeschwindigkeiten von 150 m/s bis 700 m/s, insbesondere von 180 m/s bis 250 m/s.

Ein Detailproblem stellen die bei Kurbelwellen-Lagerstellen häufig notwendigen Hinterschnitte am Rand der Lagerstelle dar, die bei Mittellagerstellen mittels Drehen leicht herzustellen sind, bei einer Bearbeitung der Hublager mittels eines werkzeug-basierten Verfahrens jedoch nicht herstellbar sind. Für diesen Fall müssen nach Bearbeitung der Mantelfläche eines solchen Hublagers die entsprechenden Hinterschnitte mittels Drehen eingebracht werden. Da hierbei die Hublagerstelle exzentrisch um die zentrische Achse des Werkstückes rotiert, muss diese Drehschneide im Umlauf des Werkstückes nachgeführt werden, und aufgrund dessen kann das Werkstück nur mit der niedrigen Drehzahl angetrieben werden. Entsprechend sind auch hier wieder Schneidmittel aus geeigneten Schneidstoffen wie etwa HSS notwendig.

c) Ausführungsbeispiele

Eine Ausführungsform gemäß der Erfindung ist im folgenden beispielhaft näher beschrieben. Es zeigen

Fig. 1a: eine erfindungsgemäße Maschine in Frontansicht,

Fig. 1b: eine andere erfindungsgemäße Maschine in Frontansicht,

Fig. 2a: die Maschine gemäß Fig. 1a in der Seitenansicht von links,

Fig. 2b: eine andere Bauform der Maschine in Seitenansicht,

Fig. 3a: den linken Spindelbereich der Maschine gemäß Fig. 1a in vergrößertem Teilschnitt,

Fig. 3b: den rechten Spindelbereich der Maschine gemäß Fig. 1a in vergrößertem Teilschnitt,

Figuren 4: Prinzipdarstellungen bei linksseitigem Antrieb des Werkstückes,

Figuren 5: Prinzipdarstellungen bei rechtsseitigem Antrieb des Werkstückes, und

Fig. 6: einen Schnitt entlang der Linie VI-VI der Fig. 1.

Fig. 1a zeigt eine Werkzeugmaschine, die ein Werkstück, beispielsweise die dargestellte Kurbelwelle 1, welche sowohl zentrische Flächen 2, z. B. Hauptlagerstellen, als auch exzentrische Flächen 3, beispielsweise Hublagerstellen, umfaßt, an den Endbereichen drehend antreibbar aufnimmt und bearbeitet.

Dabei sind die axialen Endbereich des Werkstückes in den Aufnahmevorrichtungen zweier gegeneinander gerichteter, miteinander fluchtender Spindeln 15, 16 aufgenommen. Als Aufnahmeeinrichtungen dienen sowohl Backenfutter 20 bzw. 21 als auch Zentrierspitzen 22, 23, die an jeder der Spindeln 15, 16 angeordnet sind.

Die Spindeln 15, 16 sind auf dem Bett 14 der Maschine angeordnet, ebenso wie die Werkzeugsupporte 12, 13, die jeweils eine Werkzeugeinheit tragen, welche um eine parallel zur Rotationsachse (Z-Achse) des Werkstückes parallele Achse (C2-Achse) drehend antreibbar ist.

Zusätzlich sind die Werkzeugsupporte 12, 13 in X-Richtung, also quer zur axialen Z-Richtung, definiert verfahrbar auf den jeweiligen, in Z-Richtung verfahrbaren, Z-Schlitten 26, 27. Die Z-Schlitten sind entlang der Z-Führungen 33 verfahrbar. Die Werkzeugeinheiten sind in der Regel scheibenförmige Werkzeuggrundkörper, wobei der Werkzeuggrundkörper 18 des einen Werkzeugsupportes 12 im äußeren Umfangsbereich mit Schneiden besetzt ist, die für ein werkstück-basiertes Verfahren einsetzbar sind, beispielsweise mit Drehschneiden oder Dreh-Drehräumschneiden.

Entsprechend muß sich dieser Werkzeuggrundkörper 18 nicht unbedingt über volle 360° definiert verdrehen lassen, sondern es ist bereits das Verschwenken um geringere Winkelbereiche um die C2-Achse ausreichend. Die Einnahme einer definierten Drehlage des Werkzeuggrundkörpers 18 ist jedoch notwendig. Entsprechend ist dieser Werkzeuggrundkörper 18 bei der Bearbeitung einer zentrischen rotationssymmetrischen Fläche 2, nämlich einem Mittellager, dargestellt.

Im Gegensatz dazu ist der andere Werkzeuggrundkörper 19 mit Schneiden eines werkzeug-basierten Verfahrens, beispielsweise mit Frässchneiden, in seinem äußeren Umfangsbereich bestückt, die dementsprechend vorzugsweise über den gesamten Umfang des scheibenförmigen Grundkörpers 19 verteilt, insbesondere gleichmäßig verteilt, sind. Der Werkzeuggrundkörper 19 dieses werkzeug-basierten Verfahrens muß dementsprechend über mehr als 360°, insbesondere über eine beliebige Anzahl von Umdrehungen, drehend antreibbar sein.

Die Z-Führungen 33 sind so lang ausgebildet, daß beide Werkzeuggrundkörper 18, 19 jede Axialposition am Werkstück in Z-Richtung erreichen können, insbesondere auch die Endbereiche, nämlich den in Fig. 1a am rechten Ende der Kurbelwelle dargestellten Endzapfen 5 sowie den am linken Ende der Kurbelwelle 1

dargestellten Endflansch 6, der einen größeren Außendurchmesser als der Endzapfen 5 aufweist.

Wie insbesondere die vergrößerte Detaildarstellung des linken Aufnahmebereiches der Fig. 1a zeigt, ist die Kurbelwelle während der Bearbeitung vorzugsweise an beiden Enden in den jeweiligen Backenfuttern 20, 21, also mit Hilfe radial greifender Spannbacken 20a, 20b, ..., 21a, 21b, ... gehalten und drehend angetrieben.

Nur wenn die für das Ansetzen der Spannbacken notwendigen Umfangsbereiche sowie die stirnseitigen Endflächen der Kurbelwelle bearbeitet werden, wird auf der jeweiligen Seite die Spannung mittels Spannbacken gelöst, und die Kurbelwelle auf dieser Seite ausschließlich mittels einer Zentrierspitze 22, 23 in einer entsprechenden Zentrierbohrung der Kurbelwelle gehalten. Gleichzeitig sind die Spannbacken auf dieser Seite in Z-Richtung gegenüber der Zentrierspitze axial zurückgezogen, damit das betreffende Werkzeug an der Endfläche z. B. 5a oder der Umfangsfläche des Endflansches bzw. Endzapfens arbeiten kann.

Dabei ist vorzugsweise der gesamte Spindelstock, in dem eine der Spindeln, z. B. die Spindel 16, gelagert ist, in Z-Richtung gegenüber dem Bett 14 der Maschine definiert verfahrbar. Dies ermöglicht die Bearbeitung unterschiedlich langer Werkstücke, und erleichtert auch die Be- und Entladung der Maschine mit Werkstücken. Ob bei der axialen Relativbewegung der Backen eines Backenfutters gegenüber der an derselben Spindel angeordneten Zentrierspitze in Z-Richtung die Spannbacken gegenüber dem Backenfutter beweglich sind, oder die Zentrierspitze relativ zum Spannfutter bzw. zur Spindel, ist nicht entscheidend, wobei in der Praxis die Verlagerung der Zentrierspitze 22, 23 in Z-Richtung gegenüber dem zugeordneten Backenfutter und der zugeordneten Spindel bevorzugt wird, wie beispielhaft in Fig. 3a, 3b getrennt für die linke und rechte Seite der Maschine dargestellt ist. Unerheblich ist ferner, ob bei Spannung im Backenfutter auf derselben Seite zusätzlich die Spannung durch die Zentrierspitze auf der gleichen Seite aufrechterhalten bleibt.

Fig. 1b zeigt eine Werkzeugmaschine, die sich von der Lösung gemäß Fig. 1a dadurch unterscheidet, daß der Werkzeugsupport 13 mit dem zugeordneten Werkzeuggrundkörper 19, welcher die Schneiden für das oder die werkzeugbasierten Verfahren trägt, fehlt.

Fig. 2a zeigt die Maschine gemäß Fig. 1a von der linken Seite her in einem Schnitt entlang der Linie IIa-IIa. Dabei ist zu erkennen, daß der die Spindel 16 tragende Spindelstock über der Wanne eines wannenförmigen Bettes 14 in Z-Richtung verfahrbar ruht. Der den Werkzeuggrundkörper 19 drehend antreibbar tragende Werkzeugsupport 13, der als X-Schlitten ausgebildet ist, ist seinerseits in X-Richtung verfahrbar auf einem Z-Schlitten geführt, wobei die X-Richtung dabei schräg abwärts gerichtet unter einem Winkel von 60 - 80° gegenüber der Horizontalen geneigt ist.

Auch die Führungsebene des Z-Schlittens 27 gegenüber dem Bett 14 ist nicht horizontal oder vertikal, sondern unter einem Winkel von etwa 40 - 50° gegenüber der Horizontalen geneigt.

Fig. 2b zeigt dagegen eine Bettkonstruktion mit einem Bett 14', welches bezüglich der Z-Richtung symmetrisch ausgebildet ist, also auf zwei gegenüberliegend schräg angeordneten Führungsflächen jeweils einen Z-Schlitten 26', 27' trägt, die jeweils wiederum einen in X1- bzw. X2-Richtung, welche V-förmig nach oben auseinanderstreben, verfahrbaren Werkzeugsupport 12', 13' mit entsprechenden Werkzeuggrundkörpern 18', 19' tragen.

Die Figuren 3a und 3b zeigen den linken und rechten Spindelstock der Maschine.

Dabei ist die jeweilige Spindel 15 bzw. 16 im nicht näher bezeichneten Spindelstock drehbar gelagert und axial fest positioniert. Auf dem vorderen Ende der Spindel und drehfest mit dieser verbunden sitzt das Backenfutter 20 bzw. 21 mit den Spannbacken 20a, ..., 21a, ...

Sowohl die Spindel 15 bzw. 16 als auch das Backenfutter 20 bzw. 21 sind im Zentrum in Z-Richtung durchgängig hohl ausgebildet, und in diesem Hohlraum ist die Zentrierspitze 22 bzw. 23 gelagert, die aus dem Backenfutter 20 bzw. 21 ebenfalls nach vorne vorstehend positioniert werden kann.

Die Zentrierspitze ist gegenüber Spindel und Backenfutter drehbar gelagert und in Axialposition verlagerbar.

Wie anhand der Figuren 4 und 5 noch zu erläutern sein wird, ist für die Bearbeitung unter Umständen eine Fixierbarkeit der Z-Position der Zentrierspitze 22, 23 trotz freier Drehbarkeit um die Z-Achse notwendig. In den Lösungen gemäß Fig. 3a, 3b ist dies gelöst mittels eines im Inneren der Spindel 15 in Z-Richtung verfahrbaren, insbesondere gegenüber dem Innendurchmesser der Spindel 15 mittels eines Gewindes verschraubbaren Zentrier-Anschlages 34 bzw. 35 gelöst, der über einen Hinterschnitt mit dem hinteren Ende der Zentrierspitze 22, 23 verbunden ist und damit die Zentrierspitze sowohl schieben als auch ziehen kann. Dabei muß eine relative Drehbarkeit zwischen der Zentrierspitze 22, 23 und dem Zentrieranschlag 34, 35 gegeben sein.

In Fig. 3a ist - ebenso wie in den Figuren 1 - das Werkstück, nämlich die Kurbelwelle 1, mit dem Endflansch 6 am linken Ende dargestellt, und dem Endzapfen 5 am rechten Ende.

Dabei ist die Kurbelwelle 1 auf der linken Seite gehalten, indem dort die Spannbacken 20a, 20b, ... des Backenfutters 20 am Außenumfang des Endflansches 6 anliegen und diesen spannen, wobei die Zentrierspitze 22 zusätzlich in der entsprechenden Zentrierbohrung 36 eingreift. Auf der rechten Seite ist die Kurbelwelle dagegen ausschließlich mittels der in die Zentrierbohrung 37 eingreifenden Zentrierspitze 23 gehalten, die entsprechend gegenüber den zugeordneten Baken 21a, 21b, ... des Backenfutters 21 weiter vorsteht.

Auch hier ist die Z-Position der Zentrierspitze 23 - analog zur anderen Zentrierspitze 22 - mittels eines in der Axialposition fixierbaren Zentrier-Anschlages 35

fixiert, indem z. B. das Gewinde zwischen dem Zentrieranschlag 34/35 und der umgebenden Spindel 15, 16 selbsthemmend ausgebildet ist.

Die beiden Spindelseiten unterscheiden sich ferner grundlegend hinsichtlich der wechselseitigen Antriebe:

Die eine, beispielsweise linke, Spindel 15 ist mit hohen Drehzahlen mittels eines Motors M antreibbar, der am Spindelstock montiert ist und beispielsweise über einen Riemenantrieb und diesbezügliche Riemenscheiben 28, 29 die Spindel 15 drehend um die Z-Achse antreibt.

Die andere, z. B. rechte, Spindel 16 ist dagegen mittels eines weiteren, nicht dargestellten Motors über eine Zahnradpaarung langsam drehend antreibbar, indem das Schneckenrad 38 drehfest mit der Spindel 16 verbunden ist, während der nicht dargestellte Motor die Schnecke 39 antreibt. Dieser Antriebsstrang ist entkuppelbar, beispielsweise durch Außereingriffbringen von Schnecke 39 und Schneckenrad 38, oder mittels Auskuppeln einer nicht dargestellten Kupplung in diesem Antriebsstrang.

Die Figuren 4 und 5 zeigen typische Spannsituationen des Werkstückes, beispielsweise einer Kurbelwelle 1, bei Bearbeitung der unterschiedlichen Bereiche des Werkstückes.

Da die erfindungsgemäße Maschine/Verfahren nicht auf möglichst hohe Bearbeitungseffizienz, sondern auf vollständige Bearbeitung von zentrischen, exzentrischen und Stirnflächen auf derselben Maschine ausgelegt ist, sollen z. B. bei Kurbelwellen vorzugsweise auch die Endbereiche der Kurbelwelle mit bearbeitet werden, um eine Vorbearbeitung - ausgenommen das Einbringen von Zentrierbohrungen für die Zentrierspitzen - weitestgehend zu vermeiden. In diesem Fall werden bevorzugt die Umfangsflächen des Endflansches 6 und der Endzapfen 5, auf denen die Spannbacken der Backenfutter angreifen sollen, als erstes bearbeitet, und - falls notwendig und gewünscht - auch die jeweilige stirnseitige Endfläche 5a bzw. 6a.

Bei der Bearbeitung der Endbereiche eines Werkstückes wird der zu bearbeitende Endbereich vorzugsweise ausschließlich mittels Zentrierspitze gehalten, während der Antrieb von dem anderen Ende des Werkstückes her über die dortige Spindel erfolgt, um die Zugänglichkeit für das entsprechende Werkzeug im Endbereich überhaupt zu ermöglichen.

Die Figuren 4a - 4d zeigen Situationen, bei denen die Kurbelwelle am linken Ende mittels der Backen 20a, 20b, ... des Backenfutters 20 am Umfang des linken Endbereiches, also z. B. des dortigen Endflansches 6, geklemmt und drehend angetrieben wird. Bei der Lösung gemäß Fig. 3a, 3b sei dies die schnell antreibbare Spindel 15.

Dabei muß die freie Drehbarkeit des anderen, rechten Endes, des Werkstückes gegeben sein, da mittels des auf der rechten Seite vorhandenen langsamen Drehantriebes der rechten Spindel 16 ein synchroner Antrieb mit ebenfalls hoher Drehzahl nicht möglich ist.

Dies wird erreicht, indem - wie in den Figuren 4a - 4d dargestellt - das rechte Ende des Werkstückes gehalten wird, indem nur die rechte Zentrierspitze 23 in der entsprechenden rechten Zentrierbohrung 37 des Werkstückes sitzt, und die rechte Zentrierspindel 23 gegenüber der rechten Werkstückspindel 16 und dem rechten Antriebsstrang frei drehbar ist.

Die andere Möglichkeit besteht darin, das rechte, also dem langsamen Spindelantrieb zugewandte, Ende der Kurbelwelle zwar im dortigen Backenfutter zu spannen, dem Antriebsstrang des rechten Spannfutters jedoch zu entkoppeln, beispielsweise durch Ausrücken der Schnecke 39 aus dem Schneckenrad 38 des Antriebsstranges, wie in Fig. 4e dargestellt.

Durch die Spannungen gemäß der Figuren 4 kann das Werkstück mit hoher Drehzahl angetrieben werden und damit am Werkstück alle zentrischen Bearbeitungsflächen mittels eines werkstückseitigen Bearbeitungsverfahrens wie etwa

Drehen, Drehräumen oder Dreh-Drehräumen, bearbeitet werden. Darunter fallen auch der auf der rechten Seite angeordnete Endzapfen 5 und dessen Endfläche 5a, die bis nahe bis an die im Eingriff befindliche rechte Zentrierspitze 23 heran bearbeitet werden kann.

Dabei muß sich das Werkstück auch in einer definierten Z-Position befinden.

Gemäß Fig. 4a kann zu diesem Zweck die rechte Zentrierspitze zusammen mit dem Werkstück soweit nach links geschoben werden, bis die rechte Zentrierspitze 23 einen Zentrier-Anschlag 35' erreicht, beispielsweise in Form des in den Figuren 3 dargestellten Zentrieranschlages 35. In diesem Fall muß die von rechts nach links wirkende Kraft F2, mit welcher die rechte Zentrierspitze 23 beaufschlagt wird, größer sein als die entgegengerichtete Kraft F1, mit der die linke Zentrierspitze 22 beaufschlagt wird.

Gleiches gilt auch im Fall der Fig. 4d, wobei dort jedoch im Bereich des linken Spannfutters ein Werkstückanschlag 45' vorhanden ist, durch den das Werkstück mit der linken Endfläche 6a gegen diesen Werkstückanschlag 45' gedrückt wird.

Ist dagegen die Kraft F1, mit der die linke Zentrierspitze 22 beaufschlagt wird, größer als die von rechts nach links wirkende Kraft der rechten Zentrierspitze 23, so muß gemäß Fig. 4b ein rechtzeitiger Werkstückanschlag 44' im Bereich der rechten Spindel 16 vorhanden sein. Dabei muß gleichzeitig die rechte Zentrierspitze 23 axial fest in der rechten Zentrierbohrung 37 des Werkstückes verbleiben, also die Z-Position der rechten Zentrierspitze 23 fixierbar sein, ohne die Drehbarkeit der Zentrierspitze zu behindern.

Fig. 4c unterscheidet sich von der Lösung gemäß Fig. 4b dadurch, daß - bei gleicher Relation von linker zu rechter Kraft der beiden Zentrierspitzen - die linke Zentrierspitze, die mit der höheren Kraft beaufschlagt ist, gegen einen längsseitigen Zentrieranschlag 34' drückt. Auch dies muß - wie bei der Lösung gemäß Fig. 4b - geschehen, bevor die Backen 20a, 20b des linken Backenfutters 20 geschlossen werden.

Fig. 5 zeigt dagegen den Antrieb der Kurbelwelle von der rechten Seite, also über den langsamen Antriebsstrang. Daher ist in den Figuren 5 das rechte Ende, beispielsweise der Endzapfen 5, der Kurbelwelle 1 am Umfang von den Backen 21a, 21b des rechten Backenfutters 21 gespannt, welches von der zugeordneten Spindel 16 langsam drehend antreibbar ist.

Bei dieser Antriebsart werden die exzentrischen Flächen, Mantelflächen ebenso wie Stirnflächen, des Werkstückes bearbeitet mittels eines werkzeug-basierten Verfahrens, wobei das Werkzeug in X-Richtung nachgeführt werden muß, wie anhand der Fig. 6 zu erläutern. Dabei ist das gegenüberliegende linke Ende des Werkstückes - gemäß Fig. 5a und 5b - ebenfalls zwischen den Backen 20a, 20b, ... des dortigen Backenfutters 20 aufgenommen, da der auf der linken Seite vorhandene Antriebsstrang nicht selbsthemmend ist und vom rechten Antriebsstrang aus unter Vermittlung des Werkstückes leer durchdrehend mit angetrieben wird. Dies führt keineswegs zu einer unerwünschten Torsion des Werkstückes, sondern der mit dem Werkstück verbundene linksseitige, leer mitlaufende, Antriebsstrang dient vielmehr der dynamischen Dämpfung des Werkstückes während der Bearbeitung. Dies ist vorteilhaft, da die hier zum Einsatz kommenden werkzeugbasierten Verfahren wie etwa das fräsen wegen des unterbrochenen Schnittes eine stärkere dynamische Belastung auf das Werkstück bringen als die werkzeugbasierten Verfahren.

Zusätzlich kann auf der linken Seite die linke Zentrierspitze 22 im Eingriff am Werkstück bleiben.

Auch die Aufnahme der linken Seite des Werkstückes ausschließlich mittels der linksseitigen Zentrierspitze 22 ist möglich.

Um auch hier das Werkstück in einer definierten Z-Position zu halten, kann entweder (Fig. 5a) die rechte Zentrierspitze 23 gegen einen rechtsseitigen Zentrieranschlag 35' gefahren werden, wobei dann - analog zur Fig. 4a - die mittels der rechten Zentrierspitze von rechts nach links in das Werkstück einwirkende Kraft

F2 größer als die entgegengesetzt wirkende Kraft der linken Zentrierspitze F1 bzw. des linken Futters sein muß.

Die andere Möglichkeit besteht gemäß Fig. 5b darin, die von links nach rechts mittels der linken Zentrierspitze 22 bzw. des linken Backenfutters 20 in Z-Richtung auf die Kurbelwelle wirkende Kraft F1 größer zu wählen als die entgegengerichtete Kraft F2 und das Werkstück dadurch gegen einen rechtsseitigen Werkstückanschlag 44' zu drücken.

Dabei kann - gemäß Fig. 5c - das Werkstück links auch nur von der Zentrierspitze gehalten sein, so daß die Backen des Futters dort von dem Werkstück abgehoben sind.

Fig. 6 zeigt die Bearbeitung eines Hublagers H1 der Kurbelwelle, die auf dem Mittellager ML gespannt und drehend angetrieben wird. Daraus ist ersichtlich, daß bei Drehung der Kurbelwelle um die Z-Richtung die Verlagerung des zu bearbeitenden Hublagerzapfens H1 in X-Richtung ausgeglichen werden muß durch entsprechende Nachführung des bearbeitenden Werkzeuges, beispielsweise des rotierenden Werkzeuggrundkörpers 18, im gleichen Maß in analoger Richtung. Daraus wird ferner klar, daß der Durchmesser der Werkzeuggrundkörper groß genug gewählt sein muß, um bei der am weitesten entfernten Position einer solchen exzentrischen Werkstückfläche von der Rotationsachse C2 des Werkzeuggrundkörpers noch eine Bearbeitung sicherzustellen.

Fig. 6 zeigt ferner die Aufnahme des Endzapfens 5 zwischen den Backen 21a, 21b, 21c des Backenfutters 21, sowie die Fixierung der Drehlage der Kurbelwelle gegenüber dem Backenfutter, indem ein Stößel 31 außermittig und quer zur Z-Richtung gegen einen der anderen Hublagerzapfen, z. B. H3, drückt, um diesen gegen einen Drehlagenanschlag 32 zu drücken, wobei Drehlagenanschlag 32 und Stößel 31 mit dem Futter bzw. der Spindel drehfest verbunden sind.

BEZUGSZEICHENLISTE

1	Kurbelwelle		21	Backe
2	zentrische Fläche		22	Zentrierspitze
3	exzentrische Fläche		23	Zentrierspitze
4	Wangenfläche		24	Längsanschlag
5	Endzapfen		25	Längsanschlag
5a	Endfläche		26	Z-Schlitten
6	Endflansch		27	Z-Schlitten
6a	Endfläche		28	Riemenscheibe
7	Hublager		29	Riemenscheibe
8	Hauptlager		30	Endstück
10	Z-Richtung (Axialrichtung)		31	Stößel
11	Maschine		32	Drehlagen-Anschlag
12	Werkzeug-Support		33	Z-Führungen
13	Werkzeug-Support		34	Zentrier-Anschlag
14	Bett		35	Zentrier-Anschlag
15	Spindeln		36	Zentrierbohrung
16	Spindeln		37	Zentrierbohrung
17	Motor		38	Schneckenrad
18	Werkzeug-Grundkörper		39	Schnecke
19	Werkzeug-Grundkörper		44'	Werkstück-Anschlag
20	Backen-Futter		45'	Werkstück-Anschlag
20a, 20b	Backe			

PATENTANSPRÜCHE

1. Verfahren zum Bearbeiten sowohl der zentrischen (2) als auch der exzentrischen, rotationssymmetrischen Flächen (3) von Werkstücken, insbesondere Kurbelwellen (1), durch mechanischen Materialabtrag in ein- und derselben Maschine (11),
dadurch gekennzeichnet, dass
- das Werkstück bei allen Bearbeitungsschritten auf der zentrischen Achse gespannt ist und drehend antreibbar ist
- die zentrischen rotationssymmetrischen Flächen (2) durch werkstückbasierte Verfahren bearbeitet werden.

2. Verfahren nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet, dass
bei Bearbeitung der exzentrischen, rotationssymmetrischen Flächen (3) die Bearbeitung durch werkzeug-basierte Verfahren erfolgt.

3. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
die exzentrischen, rotationssymmetrischen Werkstückflächen (3) bearbeitet werden mittels werkstück-basierter Verfahren, aber bei um mindestens den Faktor 10 niedrigeren Drehzahlen des Werkstückes als bei Einsatz werkzeug-basierter Verfahren.

4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
das Werkstück von dem einen Ende her mit hohen Drehzahlen antreibbar ist und vom anderen Ende her mit niedrigen Drehzahlen und Einhaltung definierter Drehlagen antreibbar ist.

5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
auch die Endzapfen des Werkstückes bearbeitet werden.

6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
bei der Bearbeitung der Endstücke das eine Endstück bei hoher Drehzahl des Werkstückes und mittels eines werkstück-basierten Verfahrens geschieht und das andere Endstück bei um wenigstens den Faktor 10 niedrigerer Drehzahl des Werkstückes mittels Antrieb von der mit niedriger Drehzahl her antreibbaren Ende des Werkstückes geschieht.

7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
das eine Endstück ein Endzapfen und das andere Endstück ein Endflansch mit gegenüber dem Endzapfen wesentlich größerem Außendurchmesser, insbesondere bei einer Kurbelwelle (1) als Werkstück, ist und das Werkstück von der Seite, insbesondere dem Endflansch (6) her, mit hoher Drehzahl antreibbar ist.

8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
die Bearbeitung der Endstücke möglichst früh, insbesondere vor den anderen zentrischen rotationssymmetrischen Flächen, erfolgt und ab der Bearbeitung der Endstücke die Umfangsfläche wenigstens eines der Endstücke zum Spannen und/oder Antreiben, insbesondere mittels Backenfuttern, benutzt wird.

9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
die exzentrischen rotationssymmetrischen Flächen (3), insbesondere die Hublager (7) einer Kurbelwelle (1) vor den zentrischen rotationssymmetrischen Flächen (2) - ausgenommen die Endbereiche - , insbesondere den Hauptlagern (8) einer Kurbelwelle 1, durchgeführt wird.

10. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
die hohen Drehzahlen des Werkstückes während der Bearbeitung Drehzahlen von 40 U/min bis 1.600 U/min, insbesondere von 200 U/min bis 800 U/min, sind und niedrige Drehzahlen des Werkstückes von 0 U/min bis 40 U/min, insbesondere von 20 U/min bis 40 U/min, sind.

11. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
das hohe Antriebs-Drehmoment für das Werkstück während der Bearbeitung Antriebs-Drehmomente von 600 N x m bis 3.000 N x m, insbesondere von 2.000 N x m bis 2.500 N x m, sind und das niedrige Antriebs-Drehmoment für das Werkstück Antriebs-Drehmomente von 200 N x m bis 600 N x m, insbesondere von 300 N x m bis 550 N x m.

12. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
die Schnittgeschwindigkeiten im Bereich von 150 m/s bis 700 m/s, insbesondere von 180 m/s bis 250 m/s liegen.

13. Maschine (11) zum Bearbeiten sowohl der zentrischen (2) als auch der exzentrischen, rotationssymmetrischen Flächen (3) von Werkstücken, insbesondere Kurbelwellen (1), durch mechanischen Materialabtrag mit

- einem Bett (14),
- zwei gegeneinander gerichteten, drehend antreibbaren Spindeln (15, 16) zur Aufnahme und Antrieb der Enden des Werkstückes, insbesondere einer Kurbelwelle (1), um die Längsrichtung (10), die Z-Achse,
- wenigstens einem Werkzeug-Support (12, 13), der wenigstens in X-Richtung definiert verfahrbar ist,

dadurch gekennzeichnet, dass

- die eine Spindel (15) mit hoher Drehzahl antreibbar ist und die andere Spindel (16) mit niedriger Drehzahl antreibbar ist und in der Lage ist, definierte Drehlagen anzufahren (C1-Achse) und

- wenigstens eine der Spindeln (15, 16) über eine Drehlagen-Richtvorrichtung für das Werkstück verfügt.

14. Maschine nach Anspruch 13,
dadurch gekennzeichnet, dass
der Werkzeug-Support (12, 13) zusätzlich zur Verfahrbarkeit in X-Richtung entweder über eine Verfahrbarkeit in Y-Richtung oder über eine Schwenkmöglichkeit um die Z-Richtung (C2-Achse) besitzt.

15. Maschine nach einem der vorhergehenden Vorrichtungsansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
der Drehantrieb der langsameren Spindel (16) ein selbsthemmender Drehantrieb ist, und insbesondere über eine Schnecken/Schneckenrad-Paarung verfügt.

16. Maschine nach einem der vorhergehenden Vorrichtungsansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
die Maschine (2) Werkzeug-Supporte (12, 13) aufweist, von denen der eine ein Werkzeug für werkstück-basierte Bearbeitungsverfahren, insbesondere ein Drehwerkzeug, ein Räumwerkzeug, ein Drehräumwerkzeug, ein Dreh-Drehräumwerkzeug oder ein Finish-Werkzeug, trägt, und der andere wenigstens ein Werkzeug für ein werkzeug-basiertes Bearbeitungsverfahren, insbesondere einen Orthogonalfräser oder einen außenverzahnten Fräser.

17. Maschine nach einem der vorhergehenden Vorrichtungsansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
die Antriebe der Spindeln (15, 16) abkuppelbar sind.

18. Maschine nach einem der vorhergehenden Vorrichtungsansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Spindeln (15, 16) vom gleichen Motor (17) aus angetrieben werden.

19. Maschine nach einem der vorhergehenden Vorrichtungsansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Werkzeuge auf wenigstens einem scheibenförmigen Werkzeug-Grundkörper (18, 19) am Außenumfang angeordnet sind, und insbesondere die Werkzeuge für werkzeug-basierte Verfahren über den gesamten Umfang des Grundkörpers (18, 19) verteilt angeordnet sind.

20. Maschine nach einem der vorhergehenden Vorrichtungsansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Maschine mit Werkzeugen unterschiedlicher Materialien, insbesondere Materialien, die für hohe Schnittgeschwindigkeiten, insbesondere oberhalb 180 m/s einerseits und niedrige Schnittgeschwindigkeiten, insbesondere maximal 180 m/s andererseits, bestückt ist, insbesondere mit Hartmetall oder keramischen Schneidstoffen einerseits und Schnellarbeitsstahl (HSS), also Stahlwerkzeugen, andererseits.

21. Maschine nach einem der vorhergehenden Vorrichtungsansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Maschine nur über einen einzigen Werkzeug-Support (12) verfügt, auf dem Werkzeuge für hohe Schnittgeschwindigkeiten und Werkzeuge für niedrige Schnittgeschwindigkeiten angeordnet sind, die jedoch allesamt Werkzeuge für werkstück-basierte Bearbeitungsverfahren sind.

22. Maschine nach einem der vorhergehenden Vorrichtungsansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass wenigstens eine der Spindeln, insbesondere beide Spindeln (15, 16) einerseits mit einem am Außenumfang spannenden Futter, insbesondere einem Backenfutter (20) bzw. (21) und andererseits mit einer Zentrierspitze (22) bzw. (23), insbesondere einer relativ zum Futter in Z-Richtung beweglichen, Zentrierspitze verfügt.

23. Maschine nach einem der vorhergehenden Vorrichtungsansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
die Zentrierspitze (22,23) freilaufend drehbar gelagert ist.

24. Maschine nach einem der vorhergehenden Vorrichtungsansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
die Zentrierspitze (22, 3) in definierter Z-Position bezüglich des Backenfutters axial fixierbar ist.

25. Maschine nach einem der vorhergehenden Vorrichtungsansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
wenigstens eine, insbesondere beide Spindeln (15,16) über einen Längsanschlag (24) bzw. (25) entweder für die Z-Position der Zentrierspitze (22,23) gegenüber dem Backenfutter (20, 21) oder gegenüber der Spindel (15,16) verfügt oder über einen Längsanschlag für das Werkstück bezüglich des Backenfutters (20, 21).

26. Maschine nach einem der vorhergehenden Vorrichtungsansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
die Axialkräfte, mit denen die Zentrierspitzen (22,23) beaufschlagbar sind, einstellbar sind, insbesondere hinsichtlich der Tatsache, ob die jeweilige Axialkraft größer oder kleiner als die Axialkraft der Beaufschlagung der anderen Zentrierspitze, z. B. (23), ist.

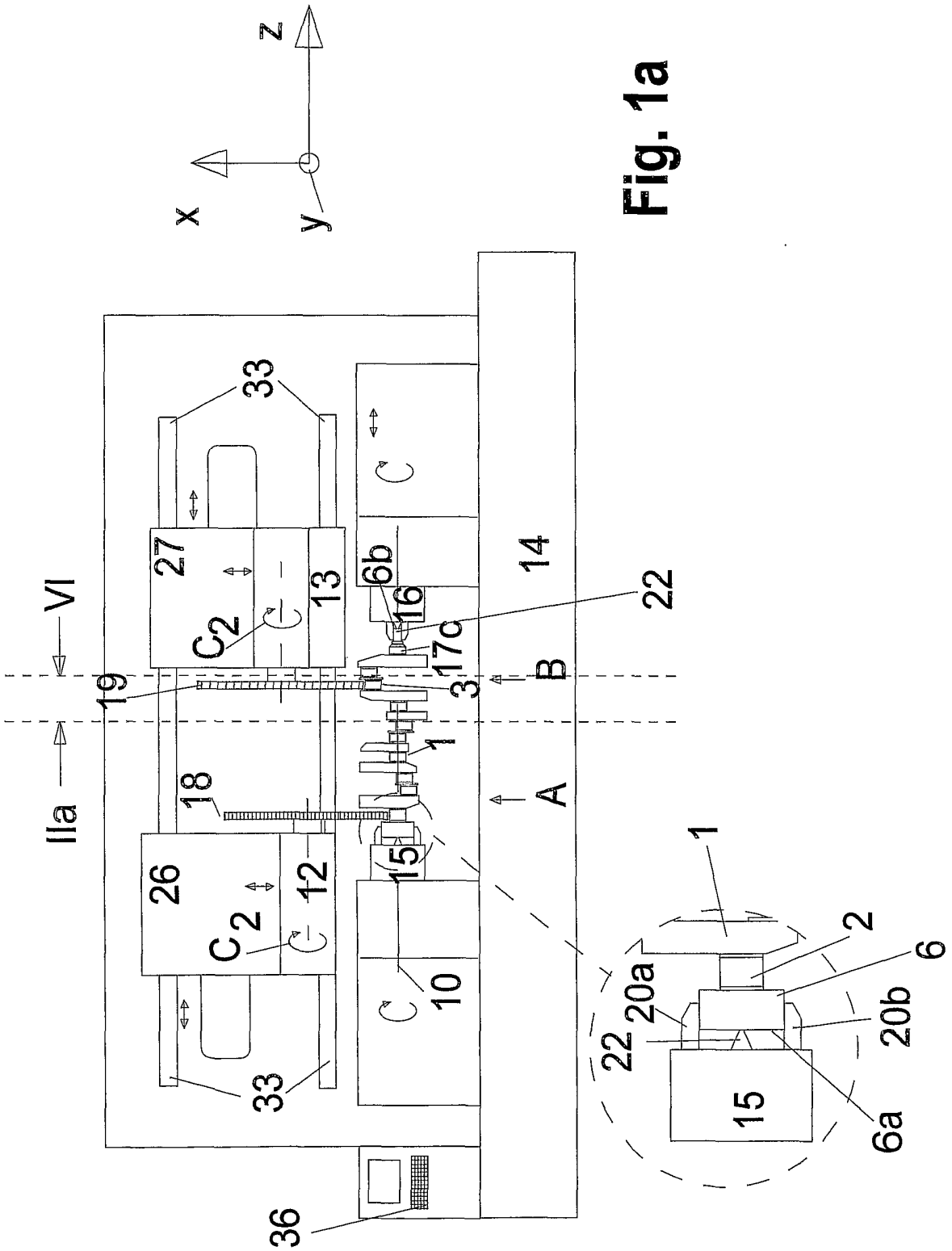

z
x
y
VI
IIa
19
18
33
27
26
C2
13
12
6b
16
17c
22
3
B
A
14
1
15
10
36
2
6
20a
20b
6a

Fig. 1a

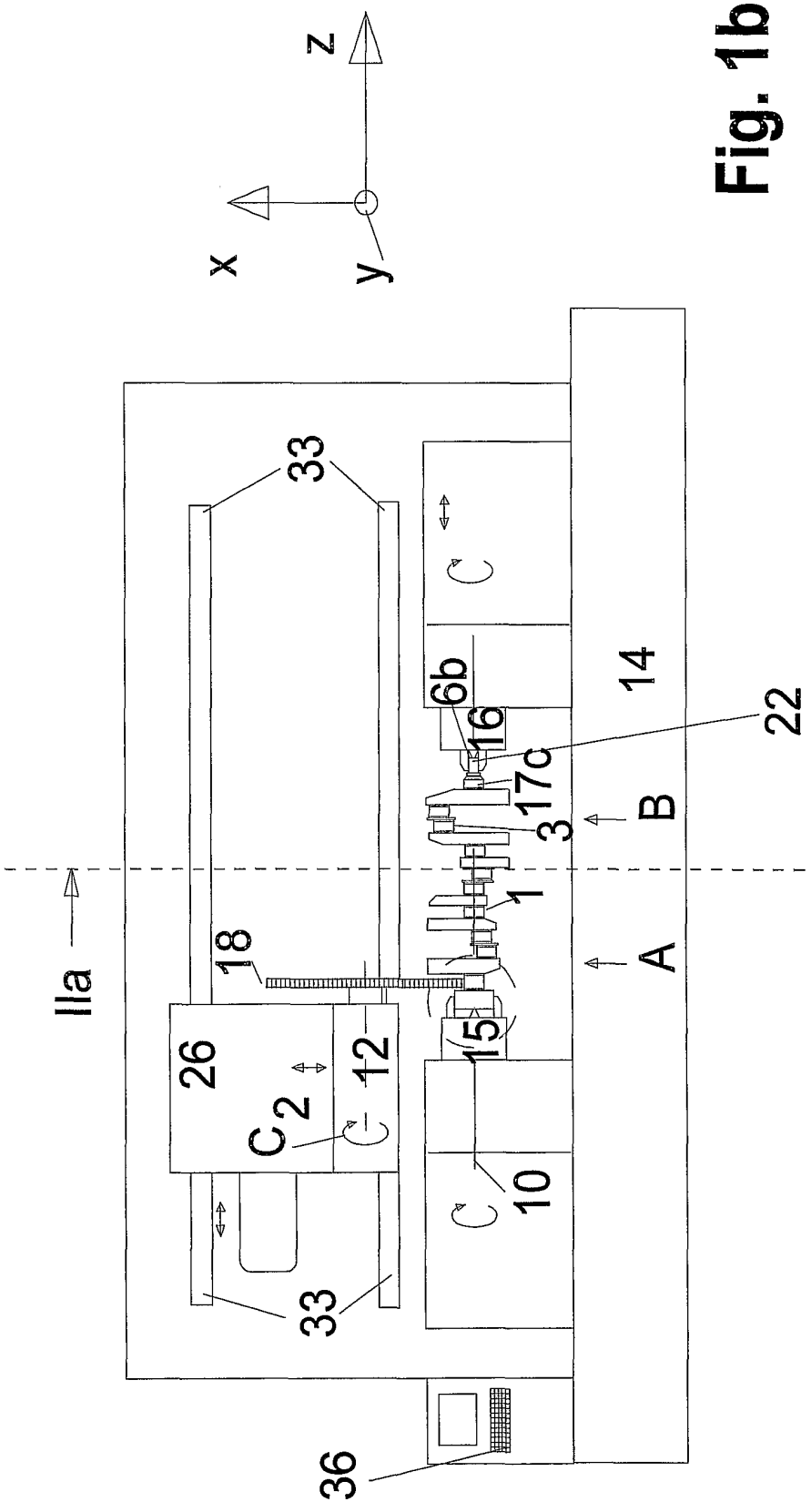


Fig. 1b

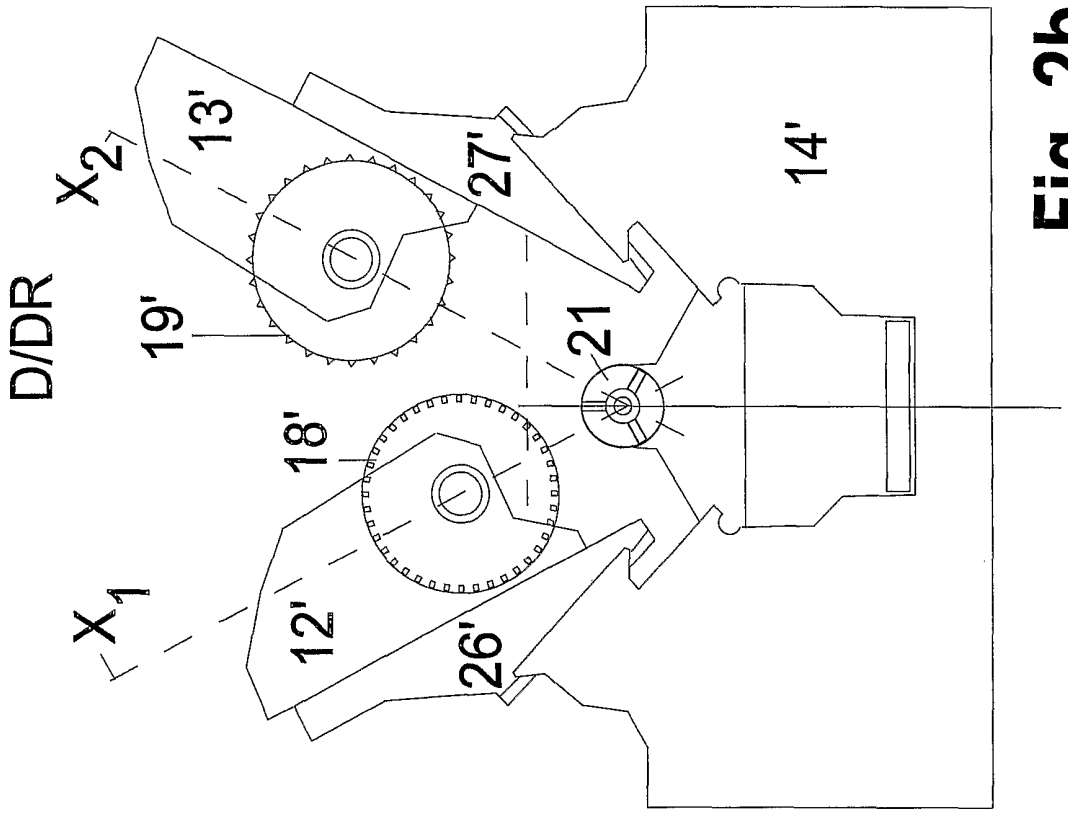


Fig. 2b

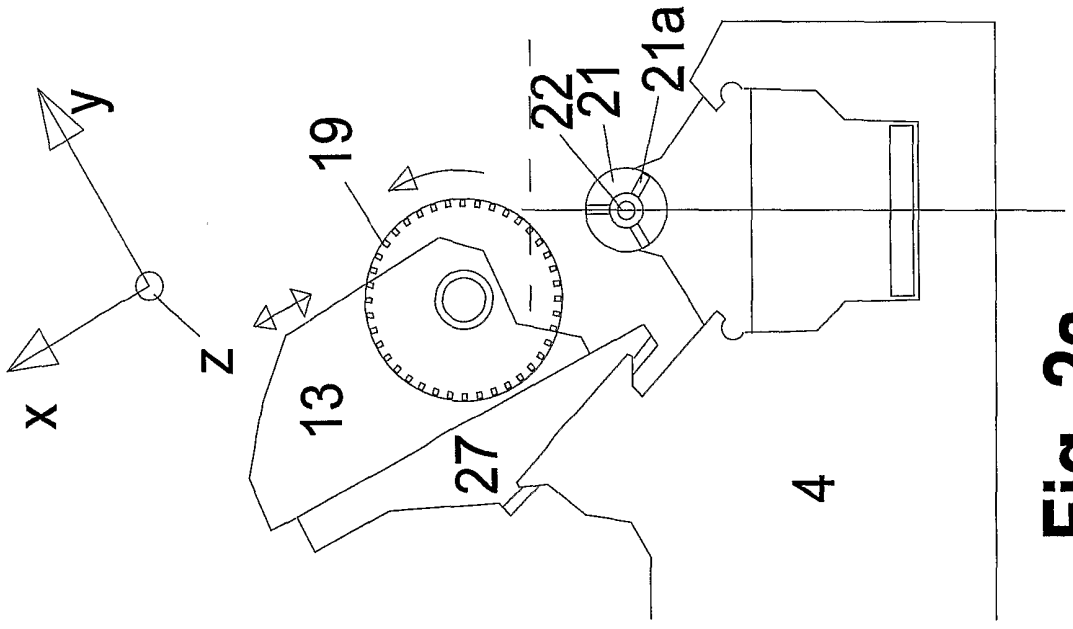


Fig. 2a

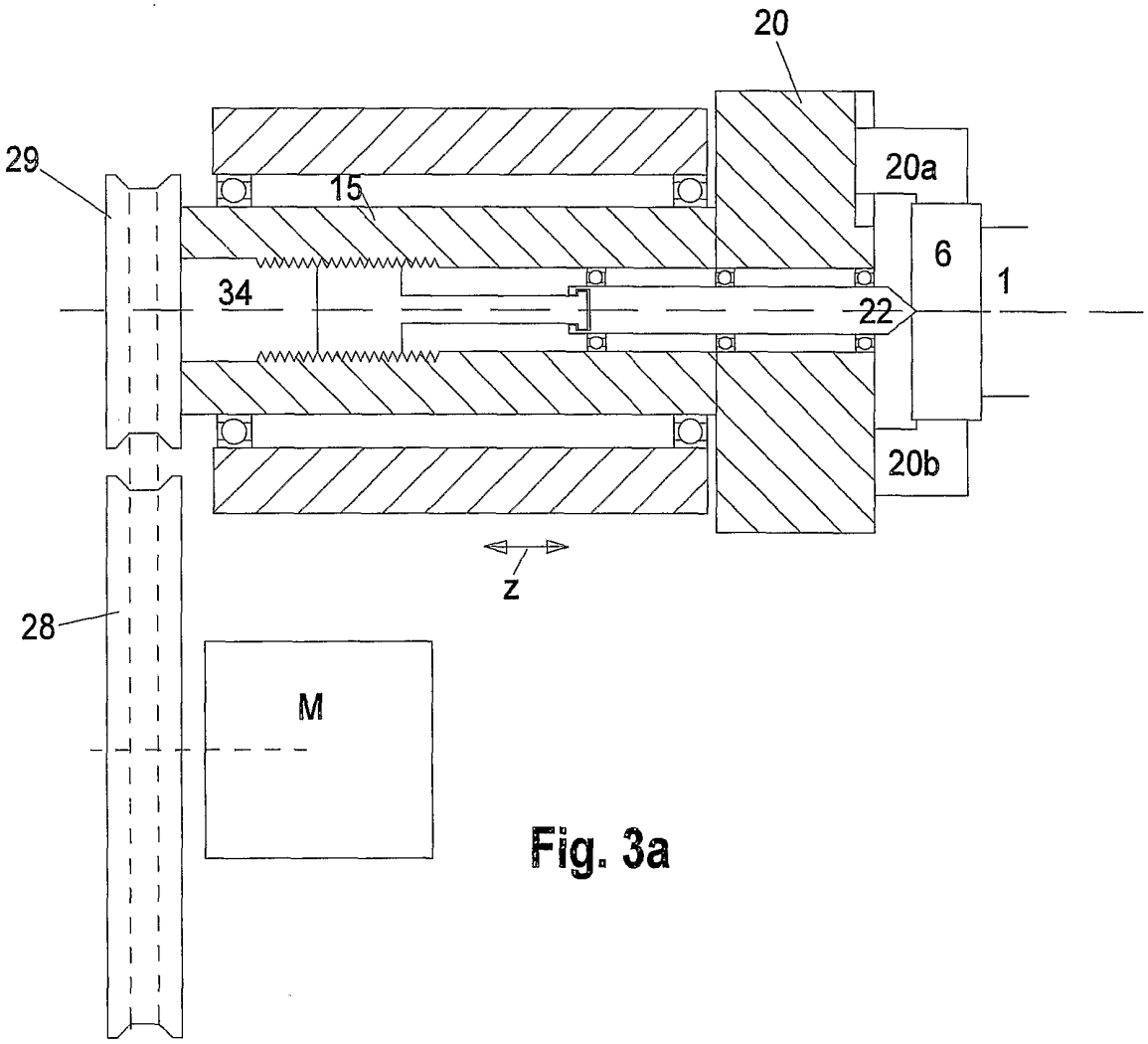


Fig. 3a

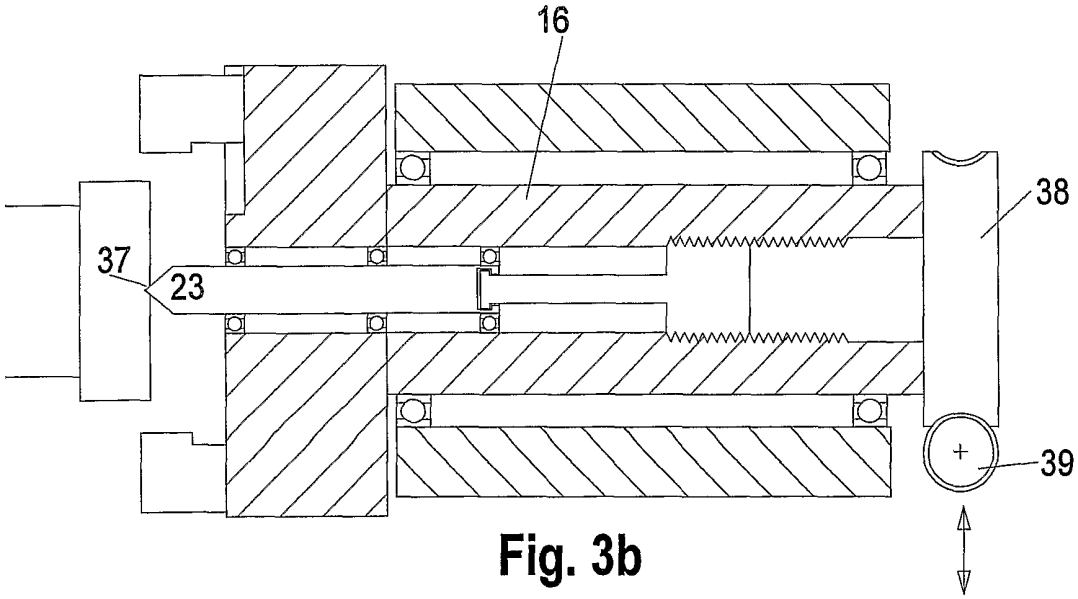


Fig. 3b

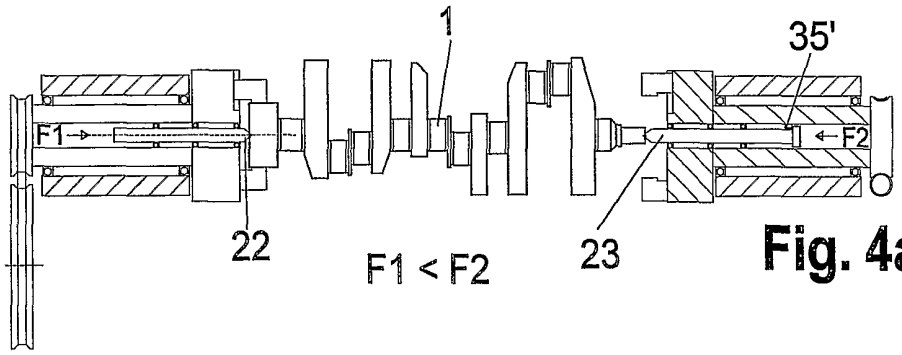


Fig. 4a

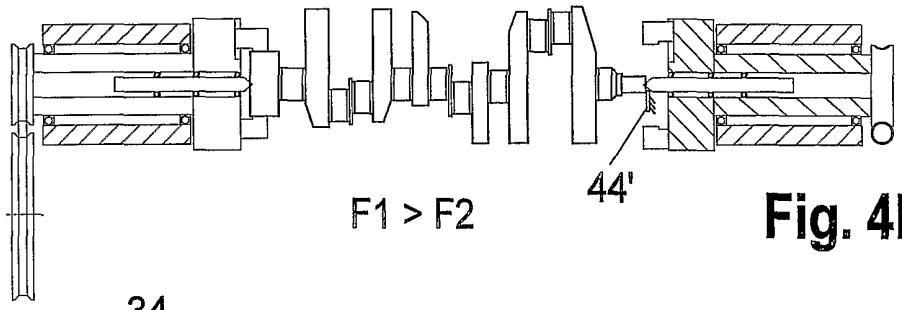


Fig. 4b

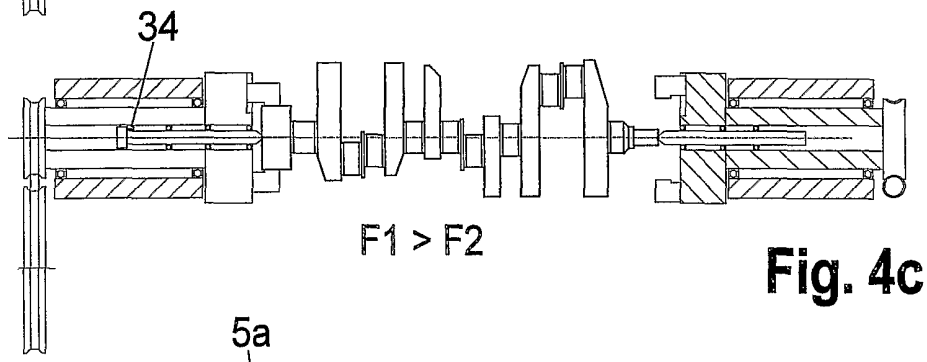


Fig. 4c

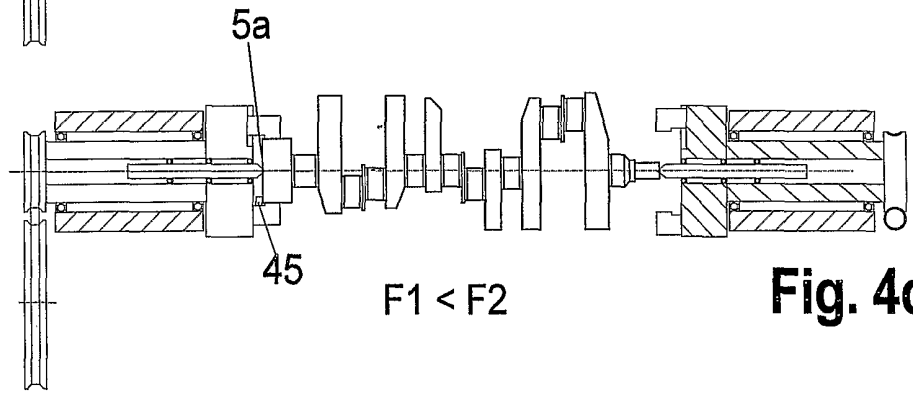


Fig. 4d

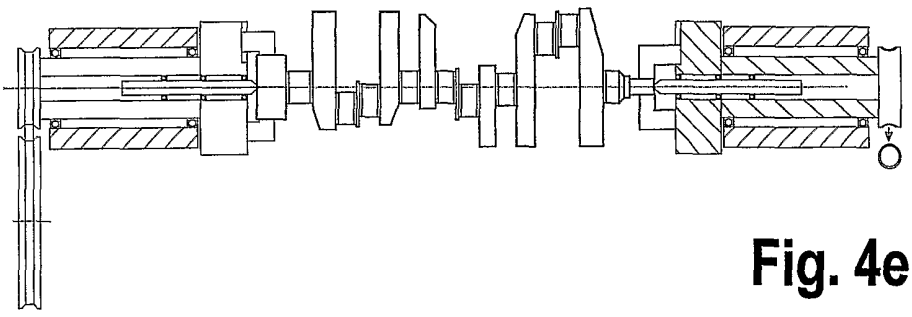


Fig. 4e

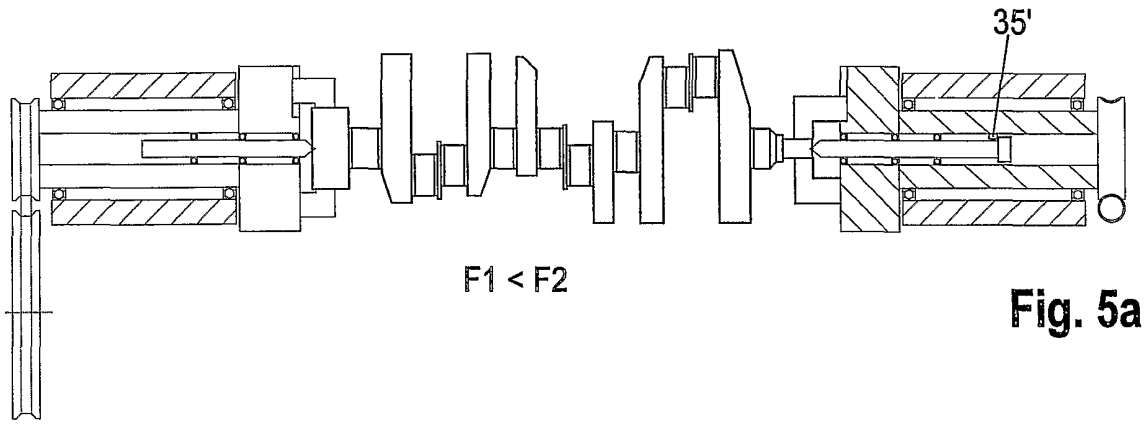


Fig. 5a

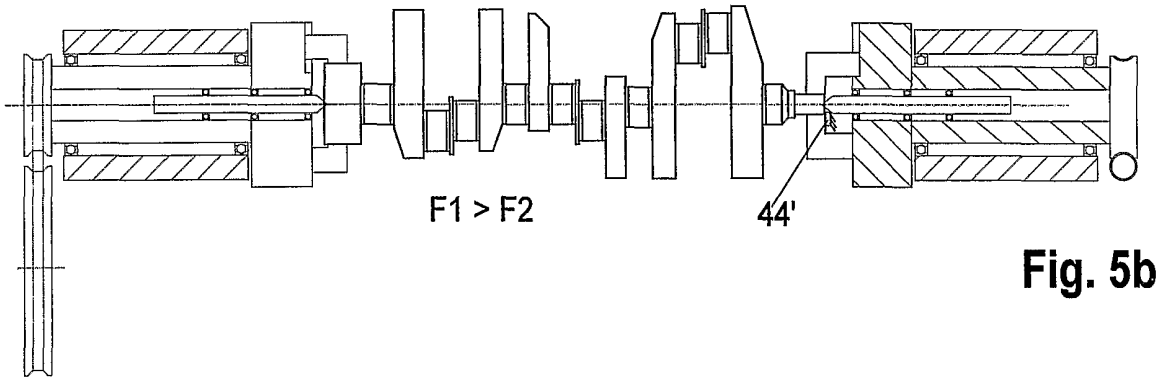


Fig. 5b

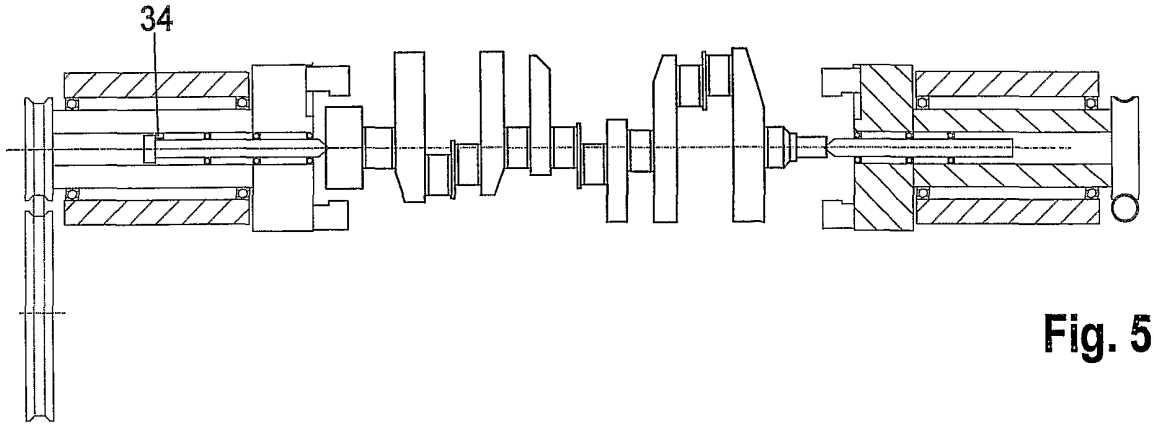


Fig. 5c

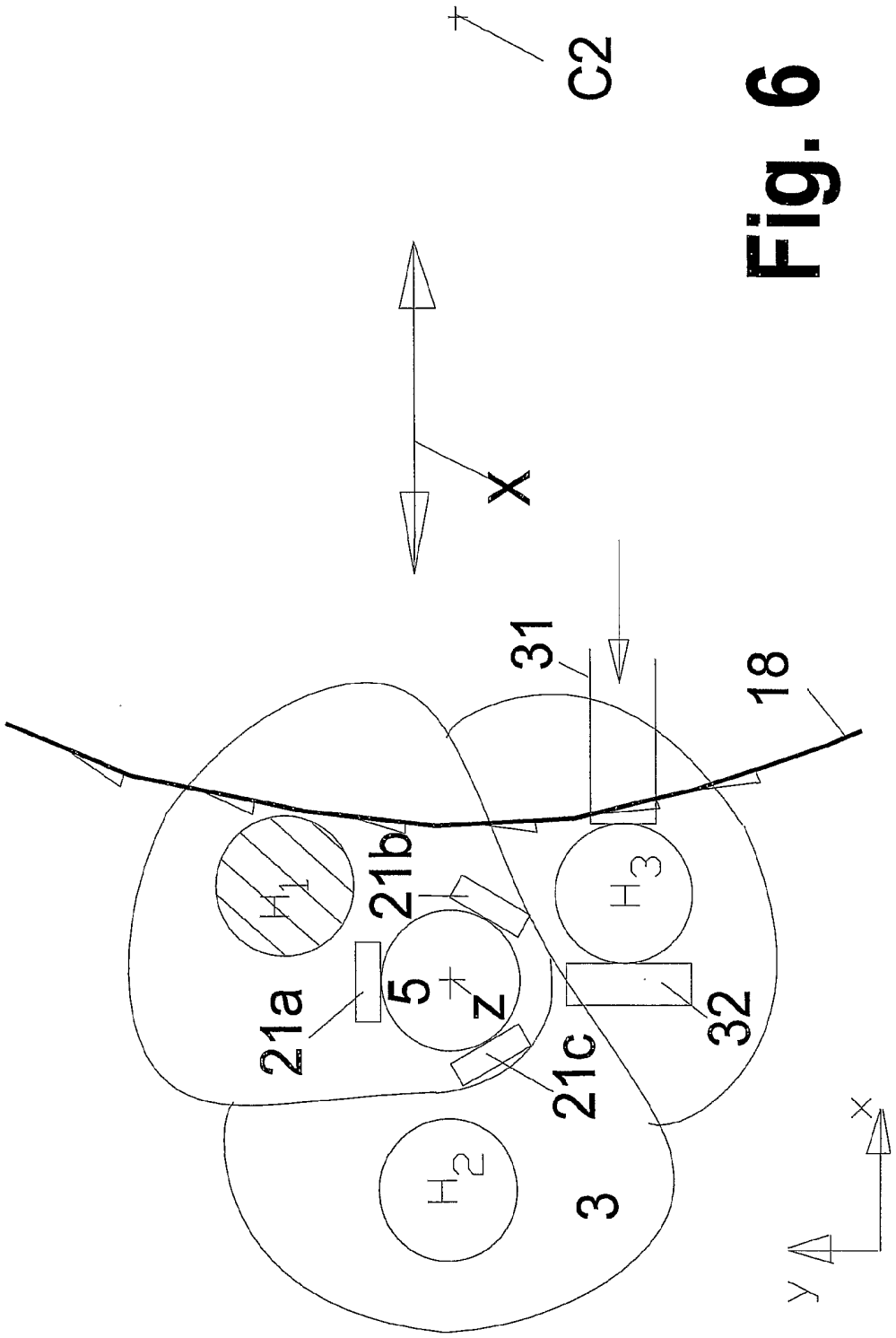


Fig. 6

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Inte al Application No
PCT/EP 01/12247

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
IPC 7 B24B5/42

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 B24B

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)

EPO-Internal, PAJ

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category °	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	WO 95 05265 A (JUNKER ERWIN) 23 February 1995 (1995-02-23) the whole document ---	1,2,5,8, 9
X	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 1998, no. 14, 31 December 1998 (1998-12-31) & JP 10 249686 A (NIPPEI TOYAMA CORP), 22 September 1998 (1998-09-22) abstract ---	1,2
X	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 003, no. 024 (M-050), 27 February 1979 (1979-02-27) & JP 54 000296 A (KOMATSU LTD), 5 January 1979 (1979-01-05) abstract --- -/--	1,2

[X] Further documents are listed in the continuation of box C.

[X] 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
8 February 2002	15/02/2002

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	Petrucci, L

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (July 1992)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Inter nal Application No
PCT/EP 01/12247

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category °	Citation of document, with indication,where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 003, no. 120 (M-075), 9 October 1979 (1979-10-09) & JP 54 094192 A (ISHIKAWAJIMA HARIMA HEAVY IND CO LTD), 25 July 1979 (1979-07-25) abstract	1,2
X	GB 674 065 A (ROBERT MUSYL) 18 June 1952 (1952-06-18) claims 1,9	1,2
X	US 3 352 065 A (WALTER ENKELMANN) 14 November 1967 (1967-11-14) column 3, line 9 - line 26; figure 1	1,2
X	EP 0 807 489 A (NIPPEI TOYAMA CORP) 19 November 1997 (1997-11-19) column 4, line 37 - line 45 column 10, line 1 - line 15; figure 1	13,17,18

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

rmation on patent family members

Inter ıal Application No
PCT/EP 01/12247

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)		Publication date
WO 9505265	A	23-02-1995	DE	4327807 A1	09-03-1995
			AT	152656 T	15-05-1997
			BR	9407296 A	01-10-1996
			CN	1129417 A	21-08-1996
			CZ	9600350 A3	15-05-1996
			DE	59402677 D1	12-06-1997
			WO	9505265 A1	23-02-1995
			EP	0714338 A1	05-06-1996
			ES	2102882 T3	01-08-1997
			JP	9501615 T	18-02-1997
			JP	3075743 B2	14-08-2000
			KR	209988 B1	15-07-1999
			RU	2112637 C1	10-06-1998
			US	5681208 A	28-10-1997
JP 10249686	A	22-09-1998	NONE		
JP 54000296	A	05-01-1979	NONE		
JP 54094192	A	25-07-1979	NONE		
GB 674065	A	18-06-1952	NONE		
US 3352065	A	14-11-1967	NONE		
EP 0807489	A	19-11-1997	JP	3130783 B2	31-01-2001
			JP	9155689 A	17-06-1997
			EP	0807489 A1	19-11-1997
			US	6026549 A	22-02-2000
			WO	9719784 A1	05-06-1997
			JP	9267243 A	14-10-1997

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Inte[illegible]ales Aktenzeichen
PCT/EP 01/12247

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
IPK 7 B24B5/42

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

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
IPK 7 B24B

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)
EPO-Internal, PAJ

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie°	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	WO 95 05265 A (JUNKER ERWIN) 23. Februar 1995 (1995-02-23) das ganze Dokument ---	1,2,5,8, 9
X	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 1998, no. 14, 31. Dezember 1998 (1998-12-31) & JP 10 249686 A (NIPPEI TOYAMA CORP), 22. September 1998 (1998-09-22) Zusammenfassung ---	1,2
X	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 003, no. 024 (M-050), 27. Februar 1979 (1979-02-27) & JP 54 000296 A (KOMATSU LTD), 5. Januar 1979 (1979-01-05) Zusammenfassung ---	1,2
	-/--	

[X] Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

[X] 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
8. Februar 2002	15/02/2002

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	Petrucci, L

Formblatt PCT/ISA/210 (Blatt 2) (Juli 1992)

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Inter ales Aktenzeichen
PCT/EP 01/12247

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie°	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 003, no. 120 (M-075), 9. Oktober 1979 (1979-10-09) & JP 54 094192 A (ISHIKAWAJIMA HARIMA HEAVY IND CO LTD), 25. Juli 1979 (1979-07-25) Zusammenfassung	1,2
X	GB 674 065 A (ROBERT MUSYL) 18. Juni 1952 (1952-06-18) Ansprüche 1,9	1,2
X	US 3 352 065 A (WALTER ENKELMANN) 14. November 1967 (1967-11-14) Spalte 3, Zeile 9 - Zeile 26; Abbildung 1	1,2
X	EP 0 807 489 A (NIPPEI TOYAMA CORP) 19. November 1997 (1997-11-19) Spalte 4, Zeile 37 - Zeile 45 Spalte 10, Zeile 1 - Zeile 15; Abbildung 1	13,17,18

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichur e zur selben Patentfamilie gehören

Inter les Aktenzeichen
PCT/EP 01/12247

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
WO 9505265	A	23-02-1995	DE	4327807 A1	09-03-1995
			AT	152656 T	15-05-1997
			BR	9407296 A	01-10-1996
			CN	1129417 A	21-08-1996
			CZ	9600350 A3	15-05-1996
			DE	59402677 D1	12-06-1997
			WO	9505265 A1	23-02-1995
			EP	0714338 A1	05-06-1996
			ES	2102882 T3	01-08-1997
			JP	9501615 T	18-02-1997
			JP	3075743 B2	14-08-2000
			KR	209988 B1	15-07-1999
			RU	2112637 C1	10-06-1998
			US	5681208 A	28-10-1997
JP 10249686	A	22-09-1998	KEINE		
JP 54000296	A	05-01-1979	KEINE		
JP 54094192	A	25-07-1979	KEINE		
GB 674065	A	18-06-1952	KEINE		
US 3352065	A	14-11-1967	KEINE		
EP 0807489	A	19-11-1997	JP	3130783 B2	31-01-2001
			JP	9155689 A	17-06-1997
			EP	0807489 A1	19-11-1997
			US	6026549 A	22-02-2000
			WO	9719784 A1	05-06-1997
			JP	9267243 A	14-10-1997