



SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT
EIDGENÖSSISCHES INSTITUT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

(11) CH

706 794 B1

(51) Int. Cl.: B23Q 1/70 (2006.01)
B23Q 39/02 (2006.01)

Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein

Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

(12) PATENTSCHRIFT

(21) Anmeldenummer: 00110/13

(22) Anmeldedatum: 11.01.2013

(24) Patent erteilt: 14.02.2014

(45) Patentschrift veröffentlicht: 14.02.2014

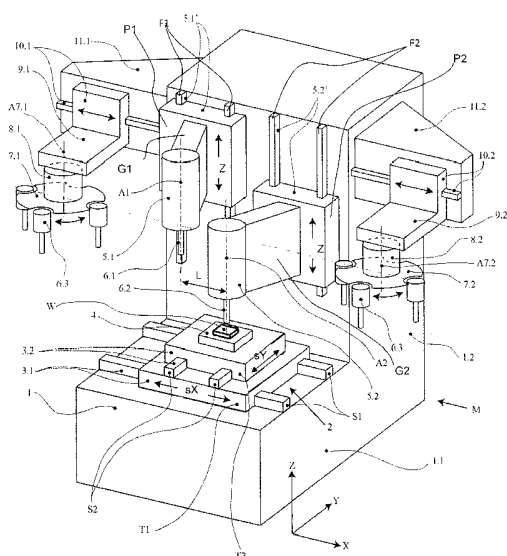
(73) Inhaber:
Bumotec SA, Route du Rontet 17
1625 Sâles (CH)

(72) Erfinder:
Patric Pham, 1004 Lausanne (CH)

(74) Vertreter:
Griffes Consulting SA, 81 route de Florissant
1206 Genève (CH)

(54) Bearbeitungseinheit mit zwei Arbeitsspindeln.

(57) Die Erfindung betrifft eine Bearbeitungseinheit mit zwei Arbeitsspindeln (5.1, 5.2) zur Bearbeitung einer Seite wenigstens eines auf einem Arbeitstisch mittels eines Werkstückträgers aufgenommenen Werkstücks (W) unter Verwendung wenigstens eines Werkzeugmagazins. Der Arbeitstisch ist in Form eines Kreuztisches (2) ausgebildet, der horizontal in X-Richtung über einen Verfahrweg (sX) und in Y-Richtung über einen Verfahrweg (sY) verfahrbar ist. Die Arbeitsspindeln (5.1, 5.2) sind unabhängig voneinander vertikal in Z-Richtung verstellbar. Die Arbeitsspindeln (5.1, 5.2) sind mit ihren vertikalen Drehachsen (A1, A2) horizontal in X-Richtung in einem Abstand (L) voneinander beabstandet, der im Wesentlichen dem halben Verfahrweg (sX) des Kreuztisches (2) entspricht oder der kleiner ist als der halbe Verfahrweg (sX) des Kreuztisches (2) in X-Richtung.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Bearbeitungseinheit mit zwei Arbeitsspindeln, die insbesondere zur Bearbeitung von Werkstücken in Form von kleinen und mittelgrossen Bauteilen bei hohen Fertigungsstückzahlen dient.

[0002] Für die nach Fertigungsstückzahlen und werkstückspezifischer Vielfalt sehr unterschiedlichen Fertigungsaufgaben ist ein breites Angebot entsprechend angepasster Werkzeugmaschinen typen bekannt.

[0003] Während zum Beispiel bei geringen Fertigungsstückzahlen und hoher Teilevielfalt ein einzelnes NC-Bearbeitungszentrum zum Einsatz kommt, werden hohe Fertigungsstückzahlen des gleichen Werkstückes auf Transferstrassen produziert.

[0004] Weiterhin kommen flexible Fertigungszellen und -systeme zum Einsatz, die hinsichtlich der technologischen Fertigungsaufgabe und den in möglichst beliebiger Reihenfolge durchlaufenden und zu bearbeitenden Werkstücken anpassungsfähig sind. Für die Produktivität ist entscheidend, wie viele Spindeln gleichzeitig am Werkstück im Eingriff sind. Bei der so genannten Mehrseitenbearbeitung arbeiten mehrere Spindeln oder Spindelgruppen einer einzigen Bearbeitungseinheit von mehreren Seiten gleichzeitig an demselben Werkstück. Dieses Verfahren kann nur bei relativ grossen Werkstücken eingesetzt werden, da der erforderliche Bauraum für die konzentrisch angreifenden Spindeln vorhanden sein muss. Bei der so genannten Mehrstationenbearbeitung führt man jeweils ein Werkstück im Rund- oder im Längstakt an verschiedenen Bearbeitungsstationen vorbei. Dieses Verfahren wird wegen des Transport-, Positionier- und Spannaufwandes von jeweils einer Palette und Spannvorrichtung je Bearbeitungs- und Lade-/Entladestation eher für grosse Stückzahlen bei kleinem Werkstückspektrum eingesetzt, da sonst erhebliche logistische Probleme die Wirtschaftlichkeit stark einschränken. Bei Rundtaktmaschinen mit mehreren Bearbeitungsstationen werden schnell Maschinenabmessungen erreicht, die von der mechanischen Bearbeitung beim Hersteller über erforderliche Spezialtransporter bis zum Platzbedarf beim Kunden Probleme aufwerfen. Ausserdem ist bei einfachen konventionellen Rundtaktmaschinen immer nur eine aussen liegende Seite des Werkstückes für die Bearbeitungseinheiten zugänglich. Es sind zwar auch Rundtische als Werkstückträger bekannt, die jedoch konstruktiv und wirtschaftlich sehr aufwendig sind.

[0005] Bei allen flexiblen Werkzeugmaschinen müssen Werkzeugwechsel vorgenommen werden, die in der Regel eine Zeit von 3 bis 5 s benötigen, die dann für die Werkstückbearbeitung verloren geht. Es wurden daher Maschinen mit zwei Spindelstöcken entwickelt. Die unproduktiven Nebenzeiten des Werkzeugwechsels werden durch den abwechselnden Einsatz des jeweils mit dem neuen Werkzeug bestückten und auf Arbeitsdrehzahl beschleunigten Spindelkopfes praktisch eliminiert. Selbst bei langwierigen Bearbeitungsoperationen kann jedoch immer nur eine Spindel am Werkstück im Einsatz sein, da das Werkstück eine oder mehrere Achsbewegungen ausführt.

[0006] Bei sehr kleinen und mittelgrossen Bauteilen, wie sie beispielsweise in der Uhrenindustrie, in Elektronikprodukten wie Computerbauteilen, Mobiltelefonen und dergleichen vorkommen, werden kleine Chargen meist auf mehreren Einspindel-Maschinen bearbeitet, welche eine hohe Flexibilität und eine schnelle Inbetriebnahme gewährleisten und mit denen komplexe Formen bearbeitet werden können. Die Nachteile bestehen in dem geringen Durchsatz, in der komplexen Handhabung und einer aufwendigen Logistik. Grosse Chargen (bis zu 1 000 000 Teile pro Jahr) derartiger Bauteile werden auf Fertigungslinien mit grossen Transfer-Maschinen (oft kurvengesteuert) bearbeitet. Diese Produktion ermöglicht einen sehr hohen Durchsatz, erfordert aber lange Rüst- und Einrichtzeiten. Die Logistik ist aufgrund der Spezialwerkzeuge komplex.

[0007] Es gibt jedoch einen hohen Bedarf an einer Zwischen-Produktionsanlage für mittlere Serien (10 000–100 000 Teile pro Jahr) für welche die beiden vorgenannten bekannten Bearbeitungskonzepte hinsichtlich Flexibilität und Produktivität nicht optimal geeignet sind. Zur Bearbeitung von kleinen Teilen, wie sie in der Uhrenindustrie üblich sind, wird eine Vielzahl von unterschiedlichen Werkzeugen benötigt. Für die grosse Anzahl unterschiedlicher Bohrungen ist beispielsweise eine entsprechende Anzahl von Bohrern erforderlich und für Ausnehmungen bzw. Vertiefungen entsprechende Fräswerkzeuge.

[0008] Aus der Druckschrift DE 19 744 157 A1 ist eine Werkzeugmaschinen-Gruppe mit zwei einander gegenüberstehenden Bearbeitungseinheiten bekannt, die für hohe Auftragswechselraten geeignet ist und sowohl als stand-alone-Maschine als auch in Verkettung mit anderen Fertigungszellen oder Bearbeitungszentren arbeiten kann. Bei dieser Werkzeugmaschinen-Gruppe sind die Werkzeuge der beiden Bearbeitungseinheiten gleichzeitig am Werkstück im Eingriff, wodurch eine hohe Durchlaufgeschwindigkeit und Produktivität erzielt werden soll. Jede Bearbeitungseinheit hat einen Ständer, der auf einem Bett gelagert ist. An den einander zugewandten Stirnseiten der Ständer ist jeweils ein Schlitten in Y-Richtung verfahrbar angeordnet. Jeder Schlitten trägt eine Spindel, die sich in Z-Richtung erstreckt und in Z-Richtung verschiebbar ist. In die Spindeln können Werkzeuge zur Bearbeitung eines Werkstückes oder einer Werkstückgruppe eingesetzt werden. Mit den Schlitten können die Spindeln in Y-Richtung verstellt werden. Eine Verstellung in X-Richtung ist dadurch möglich, dass die Ständer auf dem Bett in X-Richtung verfahrbar sind. Jede Bearbeitungseinheit ist mit einem Werkzeugmagazin versehen, die Rundmagazine sind, die um eine in Z-Richtung liegende Achse drehbar am Ständer der jeweiligen Bearbeitungseinheit gelagert sind.

[0009] Durch die sich einander gegenüberliegenden Arbeitsspindeln wird ein grosser Bauraumbedarf beansprucht, und der konstruktive Aufbau ist relativ aufwendig. Für Anwendungen, bei welchen grosse Teilstückzahlen bearbeitet werden sollen, wobei jeweils nur eine Seite des Werkstücks bearbeitet werden muss, stellt diese Lösung eine zu aufwendige konstruktive Ausführung dar. Ein weiterer Nachteil besteht darin, dass der Arbeitsraum nicht einfach zugänglich ist.

[0010] Aus der Druckschrift DE 10 2009 025 930 A1 sind eine Vorrichtung und ein Verfahren zur Herstellung von aus Kressegmenten und geraden Abschnitten zusammengesetzten Formen mit einer Ständerfräse bekannt. Dazu wird auf einem Kreutzisch ein Drehtisch angeordnet und auf dem Drehtisch das Werkstück befestigt. Durch die Bedienung von Stellspindeln am Kreutzisch und am Drehtisch werden die Werkstücke gegenüber dem horizontal feststehenden Fräs Werkzeug so bewegt, dass jeweils durch Drehung des Drehtisches mittels des Kreutzisches gerade Fräsabschnitte mit unterschiedlichen Winkeln realisiert werden. Nachteilig ist die Verwendung zweier Tische in Form eines Dreh- und eines Kreutzisches und die langen Bearbeitungszeiten sowie Werkzeugwechselzeiten, durch welche diese Lösung für hohe Stückzahlen in der Serienfertigung nicht geeignet ist.

[0011] Eine Maschine mit zwei Spindelköpfen, die in Z-Richtung verstellbar an einem Maschinengestell angeordnet sind, ist aus den Druckschriften TW M 385 430 U1 und US 2012/0 107 064 A1 bekannt. Auf einem Maschinengestell ist dabei eine separate Säule angeordnet, wodurch die Steifigkeit der Maschinen beeinträchtigt ist und diese für hochpräzise Bearbeitungsvorgänge nicht geeignet sind. Weiterhin ist nachteilig, dass der Abstand der Spindeln so gross ist, dass ein Werkstück in der gleichen Aufspannung nicht durch beide Spindeln bearbeitet werden kann, was aber im Sinne einer hochproduktiven Fertigung oft gefordert ist. Für den Werkzeugwechsel aus den beiden Magazinen, die eine vertikale Drehachse aufweisen und gestellfest über jeweils eine Traverse an der Säule befestigt sind, ist ein Werkzeugwechsler erforderlich. Die für den Kreutzisch verwendeten Antriebe erlauben keine hohen Beschleunigungen und Verstellgeschwindigkeiten, wodurch die Produktivität der Maschinen eingeschränkt ist. Es sind vorrangig herkömmliche Bearbeitungsoperationen mit einer grossen Anzahl von Werkzeugen realisierbar.

[0012] Nachteilig ist weiterhin, dass die untere Tischplatte des Kreutzisches in Y-Richtung und die obere Tischplatte in X-Richtung verstellbar ist, da damit die zu bewegende Masse des Kreutzisches relativ hoch ist, was wiederum entsprechend dimensionierte Antriebe erforderlich macht.

[0013] Daher besteht die Aufgabe der Erfindung darin, eine Bearbeitungseinheit mit zwei Arbeitsspindeln zu entwickeln, die einen einfachen konstruktiven Aufbau aufweist, einen geringen Bauraum benötigt und eine gute Zugänglichkeit zum Arbeitsraum gewährleistet und mit welcher bei hohen Fertigungsstückzahlen eine grosse Teilevielfalt unter Gewährleistung einer guten Qualität bearbeitbar ist.

[0014] Diese Aufgabe wird durch die Merkmale des ersten Patentanspruchs gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen ergeben sich aus den abhängigen Ansprüchen.

[0015] Die Bearbeitungseinheit weist dabei wenigstens ein Werkzeugmagazin und zwei Arbeitsspindeln zur Bearbeitung jeweils nur einer Seite wenigstens eines auf einem Tisch mittels eines Werkstückträgers aufgenommenen Werkstücks auf, wobei die Arbeitsspindeln unabhängig voneinander vertikal (in Z-Richtung) verstellbar sind und der Arbeitstisch in Form eines Kreutzisches ausgebildet ist, der horizontal in zwei Koordinaten (X/Y) verfahrbar ist, wobei die Arbeitsspindeln mit ihren vertikalen Drehachsen horizontal in X-Richtung in einem Abstand (L) voneinander beabstandet sind, der im Wesentlichen dem halben Verfahrweg des Kreutzisches in X-Richtung entspricht oder der kleiner als der halbe Verfahrweg des Kreutzisches ist. Dadurch, dass die Distanz zwischen beiden Spindeln kleiner als die Hälfte des Verfahrweges in X-Richtung ist wird ein uneingeschränktes Bearbeiten eines gleichen Arbeitsteiles gewährleistet.

[0016] Durch die mit der Erfindung erstmalig mögliche uneingeschränkte Bearbeitung nur einer Seite eines Werkstückes mit zwei Werkzeugen, die in den Arbeitsspindeln aufgenommen sind, wird in Kombination mit dem Kreutzisch, der die Bewegungen des Werkstückes in der X-Y-Ebene realisiert, auch eine äusserst effiziente und flexible Bearbeitung gewährleistet.

[0017] Besonders vorteilhaft ist diese Bearbeitungseinheit für die Bearbeitung kleiner und mittelgrosser Teile, wie sie beispielsweise in der Uhrenindustrie, der Elektronik und der Mikroelektronik aber auch in der Fahrzeugtechnik, der Medizintechnik usw. Anwendung finden.

[0018] Es ist dabei möglich, das Werkstück gleichzeitig durch beide Werkzeuge zu bearbeiten oder auch einen Werkzeugwechsel eines Werkzeuges einer Spindel zu realisieren, während das in der anderen Spindel aufgenommene Werkzeug eine Bearbeitung des Werkstückes vornimmt. Vorteilhafterweise ist jeder Arbeitsspindel ein Werkzeugmagazin zugeordnet, mit denen das an der Arbeitsspindel aufgenommene Werkzeug wechselbar ist. Dabei können die beiden Arbeitsspindeln aus den Werkzeugmagazinen mit gleichen oder unterschiedlichen Werkzeugen bestückbar sein. Alternativ wäre es auch möglich, beide Spindeln aus einem gemeinsamen Werkzeugmagazin mit gleichen oder unterschiedlichen Werkzeugen zu bestücken.

[0019] Zur Realisierung des Werkzeugwechsels ist jedes Werkzeugmagazin in Richtung zu der diesem zugeordneten Arbeitsspindel verstellbar, so dass der Werkzeugwechsel direkt aus dem Magazin in die Spindel bzw. aus der Spindel in das Magazin erfolgt (Pick-Up-Wechsler). Dabei ist das Werkzeugmagazin bevorzugt als rotierendes Werkzeugmagazin mit vertikaler Drehachse ausgebildet und horizontal in Richtung zur Arbeitsspindel verstellbar. Das Werkzeugmagazin ist von einem Gehäuse ummantelt, welches eine Öffnung aufweist, durch welche die Werkzeuge in die Spindel ein- und auswechselbar sind, wobei die Öffnung durch eine Abdeckung nach Beendigung des Werkzeugwechsels verschliessbar ist. Durch den Pick-up-Werkzeugwechsel ist kein zusätzlicher Werkzeugwechsler erforderlich.

[0020] Die zwei Arbeitsspindeln sind vorteilhafterweise an einem sich vertikal erstreckenden Bereich eines im Wesentlichen L-förmigen Gestells und der Kreutzisch auf einem sich horizontal erstreckenden Bereich des Gestells angeordnet.

[0021] Die beiden Werkzeugmagazine sind beidseitig zu den beiden Arbeitsspindeln angeordnet und vorzugsweise mit dem sich vertikal erstreckenden Bereich des Gestells horizontal verstellbar verbunden.

[0022] Die Abdeckung jedes Werkzeugmagazins ist mit einem ersten Ende eines Koppel-elementes verbunden, dessen zweites Ende mit dem Gestell gekoppelt ist, so dass die Abdeckung bei einer Bewegung des Werkzeugmagazins in Richtung zur Arbeitsspindel in einen geöffneten Zustand bringbar und bei einer entgegengerichteten Bewegung des Werkzeugmagazins schliessbar ist. Dadurch wird das Werkzeugmagazin rein mechanisch zum Werkzeugwechsel geöffnet und bei einer Rückbewegung des Werkzeugmagazins in die Ausgangsposition wieder geschlossen. Dies ist eine einfache und preiswerte Lösung, die einen zusätzlichen Antrieb zum Öffnen und Schliessen der Abdeckung des Werkzeugmagazins überflüssig macht.

[0023] Ein weiterer Vorteil der beidseitig neben den Arbeitsspindeln angeordneten Werkzeugmagazine besteht darin, dass der Arbeitsraum der Maschine und damit das Werkstück einfach von vorn zugänglich sind.

[0024] Die Herstellung von Formelementen wie Bohrungen, Ausnehmungen, Vertiefungen und dergleichen kann dabei mit einer sehr geringen Anzahl von Werkzeugen realisiert werden, da diese durch Interpolation und entsprechende Bewegungen des Kreuztisches in X-Y Ebene ggf. in Überlagerung mit einer Werkzeugbewegung in Z-Richtung erzeugbar sind.

[0025] Weiterhin ist es möglich, dass ein oder mehrere Werkzeuge in Form von Umformwerkzeugen ausgebildet sein können, die Kalibriervorgänge oder Umformvorgänge realisieren, so dass das Werkstück für diese Bearbeitungsvorgänge in seiner Aufspannung in der Bearbeitungseinheit verbleiben kann.

[0026] Vorteilhafterweise ist die Position des Werkzeuges durch die Erfassung der Längenveränderung des Spindelschaftes zum Spindelgehäuse der Arbeitsspindel bestimmbar. Der Werkstückträger ist bevorzugt in Form einer Palette ausgebildet und die Position des in der Palette aufgenommenen Werkstücks insbesondere durch Echtzeitkalibrierung ermittelbar. Als Messsystem wird dabei bevorzugt ein Tastkopf eingesetzt.

[0027] Der Kreuztisch ist mit sehr hohen Beschleunigungen und Antriebsgeschwindigkeiten beaufschlagbar. Dazu sind entsprechende Antriebe vorgesehen, die den Kreuztisch mit einer Beschleunigung bis zu 3 g und ggf. auch darüber beaufschlagen. Die Massenverteilungen sind bei diesen Geschwindigkeiten von besonderer Bedeutung, weshalb die Bearbeitungseinheit so ausgelegt wurde, dass in etwa nur 35–45 kg bewegte Massen vorhanden sind.

[0028] Dies ermöglicht ein sehr schnelles und qualitativ hochwertiges Interpolieren von Formkonturen mittels eines Werkzeuges (insbesondere eines Fräswerkzeuges) in Überlagerung mit einer entsprechenden Bewegung des Kreuztisches.

[0029] Auch die beiden Arbeitsspindeln sind in vertikaler Bewegungsrichtung mit einer derartig hohen Beschleunigung bis zu 3 g und ggf. auch darüber beaufschlagbar. Dadurch ist es möglich, nach der Einwechslung entsprechender Werkzeuge (z.B. Stempel) Umformvorgänge vorzunehmen wie z.B. das Durchschlagen eines Stempels durch eine vorher erzeugte Bohrung, womit die Bohrung kalibriert bzw. erweitert werden kann oder das Herstellen einer Prägung mittels eines Prägestempels, was vorher nur auf separaten Bearbeitungseinrichtungen möglich war.

[0030] Es können durch das neue Maschinenkonzept erstmalig auch parallel oder weitestgehend parallel mit einer Arbeitsspindel und einem entsprechenden Werkzeug (z.B. Fräser oder Bohrer) eine spanende Bearbeitung und mit der anderen Arbeitsspindel und einem Umformwerkzeug eine umformende Bearbeitung an einer Seite des Werkstücks vorgenommen werden.

[0031] Die Bearbeitungseinheit kann als einzelne Maschine zur Einseitenbearbeitung eingesetzt oder auch mit anderen im Wesentlichen gleichartigen Bearbeitungseinheiten kombiniert werden.

[0032] Dabei ist es möglich, mehrere Bearbeitungseinheiten im Wesentlichen gleicher Bauart in linearer Anordnung oder kreisförmiger Anordnung zu einem Transfersystem zu kombinieren, wobei zwischen den Bearbeitungseinheiten ein Handlingsystem für die Übergabe der Werkstücke angeordnet ist.

[0033] Es besteht die Möglichkeit, das Werkstück mit dem Handlingsystem während des Transfers zu drehen und anschliessend an einer anderen Seite zu bearbeiten.

[0034] Mit der erfindungsgemässen Lösung wurde ein neues Maschinenkonzept entwickelt, welches einerseits eine hohe Dynamik und eine sehr genaue Bearbeitung auch durch Interpolation gewährleistet und die erforderliche Anzahl an speziellen Form-Werkzeugen reduziert. Die Bearbeitung eines Werkstücks durch Interpolieren ermöglicht eine grosse herstellbare Formenvielfalt bei einer hohen Präzision in grosser Bearbeitungsgeschwindigkeit mit einem (im Idealfall) einzigen Werkzeug, wodurch eine hohe Flexibilität gegeben ist.

[0035] Durch Integration einer auch möglichen hohen Anzahl von Werkzeugen in der Maschine und einen hauptzeitparallelen Werkzeugwechsel wird der Bearbeitungsprozess nicht verlangsamt. Dies sorgt für hohe Dynamik und verkürzt bzw. vermeidet unproduktive Zeit zwischen den Bearbeitungen, wodurch die Produktivität weiter erhöht werden kann.

[0036] Die oben erwähnten Handlingsysteme übergeben das Werkstück von einer Bearbeitungseinheit zur anderen. Die präzise und wiederholbare Positionierung des Werkstückes/Klemmvorrichtung auf jeder Bearbeitungseinheit erfolgt beispielsweise unter Verwendung kommerziell erhältlicher Paletten (z.B. Erowa, 3R etc.).

[0037] Durch die Kombination der Bearbeitungseinheiten und des Handlingsystems wird keine klassische Transfer-Maschine (Rundtaktmaschine) mit nur einem Arbeitstisch gebildet. Es werden einzelne Bearbeitungseinheiten verwendet, die voneinander mechanisch entkoppelt sind, wodurch keine Schwingungen von einer Bearbeitungseinheit zu einer anderen Bearbeitungseinheit übertragen werden.

Die Beziehung zwischen Spindel und Werkstück bleibt unverändert (ausser für die Unsicherheit der Neupositionierung des Werkstückes/Spannvorrichtung). Es gibt keine Strukturelemente, welche eine Kopplung der einzelnen Arbeitsstationen realisieren. Daher weisen der Kraftverlauf und die Messschleife einen sehr kurzen Verlauf in jeder separaten Bearbeitungseinheit auf, was sehr grosse Vorteile hinsichtlich der Steifigkeit und der Genauigkeit bietet.

[0038] Weiterhin besteht keine Notwendigkeit für eine genaue Positionierung der Bearbeitungseinheiten relativ zu einer anderen Bearbeitungseinheit, wodurch der Montageaufwand reduziert wird.

[0039] Die Bereitstellung einer sehr hohen Präzision und hoher Dynamik durch Interpolieren der herzustellenden Formen mit nur einigen wenigen Werkzeugen reduziert den Aufwand und die Kosten. Mit nur einem Fräswerkzeug können Bohrungen, Durchbrüche, 3D-Oberflächenkonturen usw. durch Interpolation bearbeitet werden. Dabei vollführt das Werkstück die erforderliche Bewegung in X-Y Richtung mittels des Kreuztisches und die Spindel/n die Bewegung in Z-Richtung. Es besteht jedoch auch die Möglichkeit, mit einer Vielzahl von Werkzeugen (z.B. Formwerkzeugen) zu arbeiten und den Werkzeugwechsel an einer Spindel hauptzeitparallel durchzuführen, während das Werkstück mit der anderen Spindel bearbeitet wird, so dass die Produktivität nicht beeinträchtigt wird. Beide Spindeln können erstmalig auch am gleichen Teil gleichzeitig eine Seite bearbeiten oder auch abwechselnd.

[0040] Insgesamt wird mit der erfindungsgemässen Lösung eine Bearbeitungseinheit für kleine und mittelgrosse Präzisionssteile geschaffen, die insbesondere für mittlere Serien prädestiniert und flexibel einsetzbar ist.

[0041] Die Erfindung wird nachfolgend anhand von Ausführungsbeispielen und zugehörigen Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen:

- Fig. 1 die dreidimensionale Darstellung einer erfindungsgemässen Bearbeitungseinrichtung,
- Fig. 2 die Draufsicht auf die Spindeln und den Kreuztisch der Bearbeitungseinrichtung,
- Fig. 3 eine erste Variante eines Gewichtsausgleichs,
- Fig. 4 eine zweite Variante eines Gewichtsausgleichs,
- Fig. 5 die Draufsicht auf ein Werkzeugmagazin in Ausgangsstellung mit geschlossener Tür,
- Fig. 6 Werkzeugmagazin in der Draufsicht mit geöffneter Tür,
- Fig. 7 Transfersystem mit linearer Anordnung von 4 Bearbeitungseinheiten,
- Fig. 8 Transfersystem mit kreisförmiger Anordnung von 4 Bearbeitungseinheiten
- Fig. 9 eine schematische dreidimensionale Darstellung der Bearbeitung des Werkstückes mit einem Profilwerkzeug,
- Fig. 10 eine schematische d Darstellung der Bearbeitung des Werkstückes mit einem Profilwerkzeug gem. Fig. 9 in der Seitenansicht,
- Fig. 11 eine schematische Darstellung der Bearbeitung des Werkstückes durch interpolierende Bearbeitung mit einem Fräswerkzeug.

[0042] In Fig. 1 wird eine erfindungsgemässe Bearbeitungseinheit M in dreidimensionaler Darstellung und in Fig. 2 in der Draufsicht als Prinzipskizze gezeigt. Das Maschinenbett/Gestell 1 ist im Wesentlichen L-förmig ausgebildet, mit einem sich horizontal erstreckenden ersten Schenkel 1.1 und einem sich vertikal erstreckenden Schenkel 1.2, die miteinander einteilig das Gestell 1 bilden, wodurch die Bearbeitungseinheit M eine hohe Steifigkeit aufweist.

[0043] Auf dem horizontalen Schenkel 1.1 des Gestells 1 ist ein Kreuztisch 2 angeordnet, der über erste Führungselemente 3.1 horizontal in X-Richtung und über zweite Führungselemente 3.2 horizontal in Y-Richtung verschiebbar und dazu mittels entsprechender nicht dargestellter Antriebe in Kombination mit einer ebenfalls nicht dargestellten Steuerung antreibbar ist. Die Führungselemente 3.1 und 3.2 sind in Form von bekannten Linearführungen ausgebildet. Durch diese Führungselemente 3.1, 3.2 ist der Kreuztisch 2 an jede beliebige Position innerhalb des Arbeitsbereiches der Bearbeitungseinheit verfahrbar. Auf dem Kreuztisch 2 wird eine Palette 4 aufgespannt, die wenigstens ein Werkstück W aufnimmt.

[0044] An dem sich vertikal erstreckenden Schenkel 1.2 des Gestells 1 sind eine erste Arbeitsspindel 5.1 an einer ersten vertikalen Führung 5.1' und eine zweite Arbeitsspindel 5.2 an einer zweiten vertikalen Führung 5.2' unabhängig voneinander in Z-Richtung und somit vertikal verstellbar gelagert. Die ersten und zweiten vertikalen Führungen 5.1' und 5.2'

werden jeweils aus einer ersten und einer zweiten Führungsplatte P1, P2 gebildet, die mit ersten und zweiten Führungsschienen F1, F2 in Eingriff stehen und mittels nicht dargestellter Linearantriebe vertikal in Z-Richtung verstellbar sind. An die erste Führungsplatte P1 schliesst sich ein Gehäuse G1 und an die zweite Führungsplatte P2 ein zweites Gehäuse G2 an. An den vorderen Enden der Gehäuse, die sich über dem Arbeitstisch befinden, sind die nicht separat bezeichneten Spindelgehäuse mit den Arbeitsspindeln 5.1, 5.2 angeordnet. Zwischen den vertikal verstellbaren Teilen der ersten und zweiten vertikalen Führung 5.1', 5.2' und dem sich vertikal erstreckenden Schenkel 1.2 des Gestells 1 sind zum Gewichts-ausgleich beispielsweise hier nicht dargestellte Zugfedern angeordnet, die dem Gewicht der vertikal verstellbaren Teile der Führungen 5.1', 5.2' und der daran aufgenommenen Arbeitsspindeln 5.1, 5.2 einschliesslich deren Antriebe (nicht dargestellt) entgegenwirken. Dadurch kann der Antrieb für die vertikale Verstellung der Arbeitsspindeln 5.1, 5.2 kleiner dimensioniert werden.

[0045] Die erste Arbeitsspindel 5.1 rotiert um eine erste vertikale Drehachse A1 und die zweite Arbeitsspindel 5.2 um eine zweite vertikale Drehachse A2. Dazu weist jede Arbeitsspindel 5.1, 5.2 einen separaten nicht dargestellten Drehantrieb auf, der bevorzugt in Form eines Elektromotors ausgebildet ist. In der ersten Arbeitsspindel 5.1 ist ein erstes Werkzeug 6.1 und in der zweiten Spindel 5.2 ein zweites Werkzeug 6.2 für die Bearbeitung des auf dem Kreutzisch positionierten Werkstücks W eingespannt.

[0046] Um zu gewährleisten, dass die Längsachsen A1, A2 der Arbeitsspindeln in einem Abstand L zueinander angeordnet sind, der gleich oder kleiner ist als der Verfahrweg sX des ersten Tisches T1 des Kreutzisches 2 in X-Richtung, sind die Gehäuse G1, G2 ausgehend von den Führungsplatten P1, P2 in Richtung zu den Arbeitsspindeln 5.1, 5.2 aufeinander zu geneigt.

[0047] Jeder Arbeitsspindel 5.1, 5.2 ist ein separates Werkzeugmagazin zugeordnet. Der in der Fig. 1 links dargestellten ersten Arbeitsspindel 5.1 ist ein schematisch dargestelltes erstes Werkzeugmagazin 7.1 und der zweiten Arbeitsspindel 5.2 ein schematisch dargestelltes zweites Werkzeugmagazin 7.2 zugeordnet. In dem ersten und zweiten Werkzeugmagazin 7.1, 7.2 sind entsprechend der Fertigungsaufgaben weitere Werkzeuge 6.1', 6.2' aufgenommen.

[0048] Das erste und das zweite Werkzeugmagazin 7.1, 7.2 sind bevorzugt als rotierende Werkzeugmagazine mit vertikaler Drehachse A7.1, A7.2 und entsprechenden ersten/zweiten Drehantrieben 8.1, 8.2 ausgebildet und horizontal entlang der X-Achse in Richtung zu den diesen zugeordneten Arbeitsspindeln 5.1, 5.2 verstellbar. Entsprechend nicht dargestellter Ausführungsbeispiele kann die Verstellung des Werkzeugmagazins in Richtung zur Spindel auch anderweitig realisiert werden und z.B. auch auf einer Kurvenbahn liegen oder linear in einem Winkel zur X-Achse verlaufen.

[0049] In dem dargestellten Ausführungsbeispiel ist das erste Werkzeugmagazin 7.1 mit seinem ersten Drehantrieb 8.1 an einer ersten Führungsplatte 9.1 befestigt, die über Führungen 10.1 an einem ersten Querträger 11.1 in X-Richtung verschiebbar aufgenommen ist, wobei der erste Querträger 11.1 an dem sich vertikal erstreckenden Schenkel 1.2 des Gestells 1 auf der Seite der ersten Arbeitsspindel 5.1 befestigt ist.

[0050] Das zweite Werkzeugmagazin 7.2 ist mit seinem zweiten Drehantrieb 8.2 an einer zweiten Führungsplatte 9.2 befestigt, die über Führungen 10.2 an einem zweiten Querträger 11.2 ebenfalls in X-Richtung verschiebbar aufgenommen ist, wobei der zweite Querträger 11.2 an dem sich vertikal erstreckenden Schenkel 1.2 des Gestells 1 auf der Seite der zweiten Werkzeugspindel 5.1 befestigt ist.

[0051] Die Werkzeugmagazine 7.1, 7.2 sind somit in X-Richtung verfahrbar.

[0052] Gemäss eines nicht dargestellten Ausführungsbeispiels können die Werkzeugmagazine auch auf einer Bahn, die von der X-Richtung abweicht, in Richtung zur jeweiligen Arbeitsspindel verstellbar gelagert/geführt sein.

[0053] Für eine neue Fertigungsaufgabe, wird beispielsweise das in der ersten Arbeitsspindel 5.1 aufgenommene erste Werkzeug 6.1 der Führung 5.1' auf die Höhe der in dem ersten Werkzeugwechsler 7.1 aufgenommenen Werkzeuge 6.1' bewegt (wie es in Fig. 1 dargestellt ist) und das erste Werkzeugmagazin 7.1 über die Führungen 10.1 in Richtung zur ersten Arbeitsspindel 5.1 bis zu einer Werkzeugwechselposition verfahren. In dieser Position werden mittels eines Pick-up-Werkzeugwechsels die Werkzeuge 6.1 und 6.1' ausgetauscht.

[0054] Die Werkzeugmagazine, die auch den Werkzeug-Wechsel realisieren, besitzen somit 2 Achsen, eine Übersetzung in Richtung der Arbeitsspindel und eine drehbare nicht bezeichnete Platte, welche die Werkzeuge trägt. Die Platte enthält alle der entsprechenden Arbeitsspindel zugeordneten Werkzeuge in kreisförmiger Anordnung. Die Anzahl und Art der Werkzeuge kann der Bearbeitungsaufgabe angepasst werden.

[0055] Während der Bearbeitung des Werkstücks mit einer Arbeitsspindel kann unabhängig davon die andere Werkzeugspindel einen Werkzeugwechsel durchführen und umgekehrt.

[0056] Das gesamte Werkzeugmagazin 7.1, 7.2 kann jeweils ausgetauscht werden, wodurch bei einem Wechsel der zu bearbeitenden Werkstücke eine sehr schnelle Umrüstung möglich ist.

[0057] Gemäss der Draufsicht in Fig. 2 befindet sich der Kreutzisch 2 mit dem darauf über eine Palette 4 aufgenommenen Werkstück W im Bereich der zweiten Arbeitsspindel 5.2 und wird durch das in dieser aufgenommene hier nicht sichtbare zweite Werkzeug bearbeitet. Die erste Arbeitsspindel 5.1 befindet sich in der Werkzeugwechselposition, in welcher das Werkzeug hauptzeitparallel ausgewechselt werden kann.

[0058] Auf dem horizontalen Schenkel 1.1 des Gestells 1 ist die untere erste Tischplatte T1 des Kreuzzisches 2 über die in X-Richtung angeordneten ersten Führungsschienen S1 der ersten Führungselemente 3.1 in X-Richtung in einem Verfahrensweg sX verfahrbar. Auf der ersten Tischplatte T1 sitzt die zweite Tischplatte T2, die über zweite Führungselemente 3.1 zwischen erster und zweiter Tischplatte T2 und dazu vorhandener in Y-Richtung verlaufender Führungsschienen S2 in Y-Richtung um einen Verfahrensweg sY verfahrbar ist, der hier kleiner ist als der Verfahrensweg sX der unteren ersten Tischplatte.

[0059] Die erste Arbeitsspindel 5.1 ist über erste Führungselemente 5.1' und die zweite Arbeitsspindel 5.2 über zweite Führungselemente 5.2' am vertikalen Schenkel 1.2 in vertikaler Richtung verstellbar.

[0060] Aus den Fig. 1 und 2 ist ersichtlich, dass der Arbeitsbereich und somit das in der Bearbeitungseinheit M aufgenommene Werkstück einfach zugänglich sind.

[0061] Es ist möglich, dass beide Werkzeugspindeln 5.1, 5.2 gleichzeitig ein Werkstück bearbeiten oder dass mit jeder Werkzeugspindel ein separates Werkstück bearbeitet wird, wobei die Werkstücke auf einer gemeinsamen Palette oder auf getrennten Paletten auf dem Kreuzzisch aufgenommen sein können.

[0062] Da die Spindeln so befestigt sind, dass sie möglichst nahe aneinanderstehen, wird ein grosses, gemeinsames Arbeitsvolumen für das Bearbeiten eines gemeinsamen Teiles realisierbar.

[0063] Dass dabei die Distanz zwischen beiden Spindeln kleiner ist als die Hälfte des Verfahrensweges sX in X-Richtung, wird erstmalig ein uneingeschränktes Bearbeiten eines gleichen Arbeitsteiles möglich.

[0064] Vorteilhafterweise werden alle Achsen (X, Y, Z1, Z2) mit Linearmotoren direkt angetrieben. Dies ermöglicht eine hohe Dynamik und Genauigkeit bei einer grossen Beschleunigung.

[0065] Die Y-Achse des Kreuzzisches, d.h. die obere zweite Tischplatte T2, ist auf der X-Achse des Kreuzzisches, d.h. auf der unteren ersten Tischplatte T1, befestigt. Dies ist umso logischer, da die Y-Achse und somit der Verstellweg sY des oberen zweiten Tisches deutlich kleiner (daher leichter) ist als die X-Achse, d.h. die untere erste Tischplatte, die in einem grösseren Verfahrensweg sX in X-Richtung verfahrbar ist. Um eine möglichst gute (und logische) Massenverteilung zu erreichen, ist das die beste Variante – die schwerere in X-Richtung verstellbare erste Tischplatte T1 trägt die leichtere in Y-Richtung verfahrbare obere zweite Tischplatte T2.

[0066] Es ist vorteilhaft, wenn zwischen den vertikal verstellbaren Elementen der ersten und zweiten vertikalen Führung 5.1', 5.2' und dem sich vertikal erstreckenden Schenkel 1.2 des Gestells 1 eine Vorrichtung zur Gewichtskompensation angeordnet ist, die dem Gewicht der vertikal verstellbaren Teile der Führungen 5.1', 5.2' und der daran aufgenommenen Arbeitsspindeln 5.1, 5.2 einschliesslich deren Antriebe und Gehäuse entgegenwirkt.

[0067] Dazu erstrecken sich beispielsweise gemäss Fig. 3 und 4 ausgehend von dem Schenkel 1.2 des Gestells 1 zwei Streben 19 vertikal nach oben. Zwischen jeweils einer Strebe 19 und einer Führungsplatte P1, P2 ist jeweils ein Kompensationselement angeordnet, welches einen Gewichtsausgleich realisiert.

[0068] In Fig. 3 ist das Kompensationselement in Form einer Kompensationsfeder 19 ausgebildet, die als Zugfeder ausgebildet ist und die mit einer Federkraft dem Gewicht der vertikal verstellbaren Führungsplatten P1, P2 mit den daran angeordneten Elementen entgegenwirkt.

[0069] Eine alternative Variante mit einem Kompensationselement in Form eines hydraulischen oder pneumatischen Kolbens 21 zeigt Fig. 4. Der Kolben 21 weist ein festes Teil 21.1 auf, welches über eine erste Koppel 22.1 mit der Strebe 19 verbunden ist. Der bewegliche Teil 21.2 des Kolbens 21 ist jeweils mit einer Führungsplatte P1, P2 wirkverbunden. Auch hier wird durch den Kolben 21 eine Kraft erzeugt, die dem Gewicht der Führungsplatte P1, P2 mit den daran aufgenommenen Teilen entgegenwirkt.

Durch die Gewichtskompensation ist es möglich, den Antrieb zur linearen Verstellung der Arbeitsspindeln in Z-Richtung deutlich kleiner zu gestalten als ohne Gewichtskompensation.

[0070] Eine Draufsicht eines ersten Werkzeugmagazins 7.1 mit einem Gehäuse 12, welches in Richtung zur Werkzeugwechselposition eine Öffnung 12.1 aufweist, so dass ein Werkstück 6.1' entnommen werden kann, wobei die Öffnung 12.1 mit einer Abdeckung 13 verschliessbar und freigebbar ist, wird in Fig. 5 in geschlossener Position und in Fig. 6 in geöffneter Position gezeigt.

[0071] Die Abdeckung 13 ist in einer Führungsschiene 15 am Gehäuse 12 schwenkbeweglich geführt und ist mit einem ersten Ende 14.1 einer Koppel 14 drehgelenkig verbunden. Das zweite Ende 14.2 der Koppel 14 ist drehgelenkig über eine Strebe 16 mit dem ersten Querträger 11.1 verbunden.

[0072] Um aus der geschlossenen Position der Abdeckung 13 gemäss Fig. 5 in die geöffnete Position gemäss Fig. 6 für den Werkzeugwechsel zu gelangen, bewegt sich die erste Führungsplatte 9.1 mit dem ersten Werkzeugmagazin 7.1 in Richtung zum Gestell 1. Da die Abdeckung über die Koppel 14 und die Strebe 16 mit dem ersten Querträger 11.1 verbunden ist, wird zwangsweise die Abdeckung 13 im Verhältnis zum Gehäuse 12 in der Führungsschiene geschwenkt, so dass die Öffnung 12.1 des Gehäuses 12 freigegeben wird (Fig. 6). Nach dem Werkzeugwechsel bewegt sich das Werkzeugmagazin 7.1 in seine Ausgangsposition zurück und die Abdeckung 13 wird zwangsweise durch die mechanische Kopplung mit der Koppel 14 und der Strebe 16 mit dem ersten Querträger 11.1 geschlossen.

[0073] Analog ist auch der im Wesentlichen baugleiche zweite hier nicht dargestellte Werkzeugwechsler mit einer Abdeckung versehen, die sich mechanisch durch die vorbenannt beschriebene Kopplung öffnet und schliesst.

[0074] Ein Transfersystem bzw. eine Fertigungsstrasse unter Anwendung von vier Bearbeitungseinheiten M, die linear angeordnet sind, ist in Fig. 7 dargestellt. Zwischen den einzelnen Modulen M ist ein Handlingsystem bzw. Transfersystem 17 der aufgespannten Werkstücke für diese lineare Anordnung der Bearbeitungseinheiten/Module M vorgesehen.

[0075] Gemäss Fig. 8 ist es auch möglich, die Bearbeitungseinheiten/Module M kreisförmig anzuordnen, wie es hier am Beispiel von 4 kreisförmig angeordneten Bearbeitungseinheiten M schematisch dargestellt ist. Zwischen den Modulen 4 ist hier ein Handlingsystem bzw. Transfersystem 18 der aufgespannten Werkstücke für die kreisförmige Anordnung der Bearbeitungseinheiten M vorgesehen.

[0076] Nachfolgend wird der Unterschied zwischen der Bearbeitung mit einem Profilwerkzeug 23 und einem konventionellen Fräswerkzeug 24 erläutert (s. Fig. 9), wobei beide Bearbeitungsvarianten mit der erfindungsgemässen Lösung einzeln oder in Kombination realisierbar sind.

Das Profilwerkzeug 23 und das konventionelle Fräswerkzeug 24 sind in den Fig. 9 bis 11 vereinfacht ohne Schneiden dargestellt. Das Werkstück W weist gemäss der Fig. 9 und 10 eine mit dem Profilwerkzeug 23 durch «Eintauchen» in das Werkstück W Z-Richtung erzeugte Ausnehmung 25 auf, die ein Negativ der Form des Formwerkzeuges 23 bildet.

[0077] Das drehende Profilwerkzeug 23 wird einfach in Z-Richtung abgetaucht und bearbeitet dann automatisch die exakte Form («das Negativ») ins Werkstück in EINER Bewegung (abtauchen in Z-Richtung).

[0078] Die Bearbeitung mit einem konventionellen Fräser 25 durch Interpolation ist in Fig. 11 schematisch dargestellt. Das Werkstück W ist zu Illustrationszwecken transparent. Um die gewünschte Form, hier Ausnehmung 25, im Werkstück W zu erzeugen, muss der konventionelle Fräser verschiedene Kreise relativ zum Werkstück W interpolieren/verfahren und noch zusätzlich in verschiedenen Tiefen in Z-Richtung in das Werkstück W eintauchen. In diesem Beispiel gemäss Fig. 11 muss der konventionelle Fräser 24 drei Kreise in X/Y abfahren und zwischen jedem Kreis die Z-Koordinate verstellen. Der konventionelle Fräser 24 muss also MEHRERE komplexe Bewegungen interpolieren/verfahren.

Bei der erfindungsgemässen Bearbeitungsvorrichtung bewegt sich nicht der Fräser in X-Y Richtung, sondern das Werkstück W auf dem Kreutztisch 2, was aber schlussendlich das gleiche Resultat durch die Relativbewegung ergibt.

Damit der herkömmliche Fräser 24 konkurrenzfähig ist (von der Bearbeitungszeit her), müssen sehr schnell und mit einer hohen Präzision die verschiedenen Bewegungen abgefahren werden. Hier liegt ein entscheidender Vorteil/Eigenschaft der erfindungsgemässen Bearbeitungseinheit, bei der durch die Direktantriebe sehr hohe Beschleunigungen in der Grössenordnung von 3G und darüber realisierbar sind.

[0079] Soll ein anderes neues Formelement/eine andere neue Ausnehmung 25 im Werkstück W erzeugt werden, muss man das Formwerkzeug 23 gegen ein anderes Formwerkzeug auswechseln bzw. ein neues Formwerkzeug kaufen oder entwickeln bzw. herstellen, denn ein Profilwerkzeug kann nur eine genau definierte Form fräsen. Mit dem Fräser 24 muss man lediglich die Bewegungsbahnen des Kreutztisches durch Umprogrammieren verändern, in Überlagerung mit der «Eintauchtiefe» des Fräasers. Dies ist bezüglich der Flexibilität ein grosser Vorteil zu herkömmlichen Lösungen, bei welchen viele Profilwerkzeuge erforderlich sind. Auch von der Logistik her ist diese Bearbeitungsvariante von Vorteil, denn man muss nicht eine Vielzahl (ggf. mehrere hundert) verschiedene Profilwerkzeuge verwalten und bereitstellen.

[0080] Ein einfacher Bohrer oder eine Reibahle ist auch eine Art Profilwerkzeug/Sonderwerkzeug, denn damit kann jeweils nur ein bestimmter Durchmesser hergestellt bzw. bearbeitet werden.

Sind in einem Werkstück W viele verschiedene Bohrungen (typisch für Uhrenplatinen) zu erzeugen, muss herkömmlich für jede Bohrung ein entsprechender Bohrer und eine Reibahle eingesetzt werden. Dies erfordert eine Vielzahl unterschiedlicher Werkzeuge, eine komplexe Logistik, wobei keine Möglichkeit besteht, einen Durchmesser zu verändern, denn dieser ist durch die Werkzeuge definiert.

[0081] Mit der erfindungsgemässen Lösung ist es möglich, alle Löcher mit einem Bohrer (insbesondere mit dem kleinsten Durchmesser) vorzubohren. Danach werden mit einem konventionellen Fräser 24 die vorgebohrten Löcher durch kreisförmige Interpolation über eine Bewegung des Kreutztisches auf den angezielten Durchmesser ausgefräst.

[0082] Mit nur zwei Werkzeugen sind dadurch viele unterschiedliche Ausnehmungen (auch unrunde) im Werkstück herstellbar. Dies erhöht die Anpassungsfähigkeit, denn der Durchmesser ist lediglich durch Programmierung veränderbar. Dies muss jedoch mit hoher Vorschubgeschwindigkeit geschehen, um konkurrenzfähig zu herkömmlichen Profilwerkzeugen zu sein.

Bezugszeichenliste

[0083]

- 1 Gestell
- 1.1 erster Schenkel
- 1.2 zweiter Schenkel

- 2 Kreuztisch
- 3.1 erstes Führungselement
- 3.2 zweites Führungselement
- 4 Palette
- 5.1 erste Arbeitsspindel
- 5.1´ erste vertikale Führung
- 5.2 zweite Arbeitsspindel
- 5.2´ zweite vertikale Führung
- 6.1 erstes Werkzeug
- 6.2 zweites Werkzeug
- 6.3 weiteres Werkzeug
- 6.1´ weiteres Werkzeug
- 6.2´ weiteres Werkzeug
- 7.1 erstes Werkzeugmagazin
- 7.2 zweites Werkzeugmagazin
- 8.1 erster Drehantrieb
- 8.2 zweiter Drehantrieb
- 9.1 erste Führungsplatte
- 9.2 zweite Führungsplatte
- 10.1 Führungen
- 10.2 Führungen
- 11.1 erster Querträger
- 11.2 zweiter Querträger
- 12 Gehäuse
- 12.1 Öffnung
- 12.2 Öffnung
- 13 Abdeckung
- 14 Koppel
- 14.1 erstes Ende der Koppel 14
- 14.2 zweites Ende der Koppel 14
- 15 Führungsschiene
- 16 Strebe
- 17 Transfersystem
- 18 Handlingsystem bzw. Transfersystem
- 19 vertikale Strebe
- 20 Kompensationsfeder

21	hydraulischer oder pneumatischer Kolben
21.1	hydraulischer oder pneumatischer Kolben, festes Teil
21.2	hydraulischer oder pneumatischer Kolben, bewegliches Teil
22.1	obere Koppel
22.2	untere Koppel
23	Profilwerkzeug
24	konventioneller Fräser
25	Ausnehmung
A1	erste vertikale Drehachse
A2	zweite vertikale Drehachse
A7.1	vertikale Drehachse des ersten Werkzeugmagazins
A7.2	vertikale Drehachse des zweiten Werkzeugmagazins
F1	erste Führungsleisten
F2	zweite Führungsleisten
L	Abstand zwischen den vertikalen Drehachsen A1, A2 der Arbeitsspindeln 5.1, 5.2
M	Bearbeitungseinheit
P1	erste Führungsplatte
P2	zweite Führungsplatte
S1	Führungsschienen
S2	Führungsschienen
sX	Verfahrweg der ersten Tischplatte T1 in X-Richtung
sY	Verfahrweg des zweiten Tischplatte T2 in Y-Richtung
T1	Tischplatte
T2	Tischplatte
W	Werkstück
α	Winkel zwischen den Gehäusen G1, G2

Patentansprüche

1. Bearbeitungseinheit mit zwei Arbeitsspindeln (5.1, 5.2) und Werkzeugen zur Bearbeitung einer Seite wenigstens eines auf einem Arbeitstisch mittels eines Werkstückträgers aufgenommenen Werkstücks (W) unter Verwendung wenigstens eines Werkzeugmagazins, wobei
 - der Arbeitstisch in Form eines Kreuzzisches (2) ausgebildet ist, der horizontal in X-Richtung über einen Verfahrweg (sX) und in Y-Richtung über einen Verfahrweg (sY) verfahrbar ist,
 - die Arbeitsspindeln (5.1, 5.2) unabhängig voneinander vertikal in Z-Richtung verstellbar sind und
 - die Arbeitsspindeln (5.1, 5.2) mit ihren vertikalen Drehachsen (A1, A2) horizontal in X-Richtung in einem Abstand (L) voneinander beabstandet sind, der im Wesentlichen dem halben Verfahrweg (sX) des Kreuzzisches (2) entspricht oder der kleiner ist als der halbe Verfahrweg (sX) des Kreuzzisches (2) in X-Richtung.
2. Bearbeitungseinheit nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass
 - die nach oben weisende Seite eines Werkstücks (W) durch jeweils eine mit einem Werkzeug (6.1 oder 6.2) bestückte Arbeitsspindel (5.1 oder 5.2) bearbeitbar ist, während die jeweils andere Arbeitsspindel mit einem neuen Werkzeug bestückbar ist oder

- die nach oben weisende Seite eines Werkstücks (W) gleichzeitig durch beide Arbeitsspindeln (5.1, 5.2) bearbeitbar ist oder
 - durch die zwei jeweils mit einem Werkzeug bestückten Arbeitsspindeln (5.1, 5.2) mehrere auf dem Werkstückträger aufgenommene Werkstücke (W) gleichzeitig und/oder nacheinander bearbeitbar sind.
3. Bearbeitungseinheit nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass eine erste vertikale Führung (5.1') aus einer ersten Führungsplatte (P1) gebildet wird, die mit einer ersten Führungsschiene (F1) in Eingriff steht, und dass eine zweite vertikale Führung (5.2') aus einer zweiten Führungsplatte (P2) gebildet wird, die mit einer zweiten Führungsschiene (F2) in Eingriff steht, und beide Führungsschienen (F1, F2) mittels Linearantrieben vertikal in Z-Richtung verstellbar sind und dass sich an die erste Führungsplatte (P1) ein erstes Spindelgehäuse (G1) und an die zweite Führungsplatte (P2) ein zweites Spindelgehäuse (G2) anschliesst, an deren vorderen Enden, die sich über dem Arbeitstisch befinden, die Spindelgehäuse mit den Arbeitsspindeln (5.1, 5.2) angeordnet sind, wobei sich der Abstand der Spindelgehäuse (G1, G2) in Richtung zu den Arbeitsspindeln (5.1, 5.2) so verringert, dass zwischen den Arbeitsspindeln der Abstand (L) vorhanden ist.
 4. Bearbeitungseinheit nach einem Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Gehäuse (G1, G2) ausgehend von den Führungsplatten (P1, P2) in Richtung zu den Arbeitsspindeln (5.1, 5.2) in einem Winkel (α) zueinander geneigt sind.
 5. Bearbeitungseinheit nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass zwischen den vertikal verstellbaren Teilen der ersten und zweiten vertikalen Führung (5.1', 5.2') und einem sich vertikal erstreckenden Schenkel (1.2) eines Gestells (1) je eine Vorrichtung zur Gewichtskompensation angeordnet ist, die dem Gewicht der vertikal verstellbaren Teile der Führungen (5.1', 5.2') und der daran aufgenommenen Arbeitsspindeln (5.1, 5.2) einschliesslich deren Antriebe und Gehäuse entgegenwirkt.
 6. Bearbeitungseinheit nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass sich ausgehend von dem Schenkel (1.2) des Gestells (1) eine Strebe (19) erstreckt und dass jeweils zwischen dieser Strebe (19) und jeder Führungsplatte (P1, P2) eine Vorrichtung zur Gewichtskompensation angeordnet ist.
 7. Bearbeitungseinheit nach Anspruch 5 oder 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Vorrichtung zur Gewichtskompensation ein Kompensationselement enthält, das in Form einer Kompensationsfeder (19) oder eines hydraulischen oder pneumatischen Kolbens (21) ausgebildet ist.
 8. Bearbeitungseinheit nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass jeder Arbeitsspindel (5.1, 5.2) ein Werkzeugmagazin (7.1, 7.2) zugeordnet ist, mit denen das an der jeweiligen Arbeitsspindel (5.1, 5.2) aufgenommene Werkzeug (6.1, 6.2) wechselbar ist, wobei die beiden Arbeitsspindeln (5.1, 5.2) aus den Werkzeugmagazinen (7.1, 7.2) mit gleichen oder unterschiedlichen Werkzeugen bestückbar sind, wobei jedes Werkzeugmagazin (7.1, 7.2) in Richtung zu der diesem zugeordneten Arbeitsspindel (5.1, 5.2) verstellbar und das Werkzeug im Pick-up-Betrieb wechselbar ist.
 9. Bearbeitungseinheit nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass die zwei Arbeitsspindeln (5.1, 5.2) an einem sich vertikal erstreckenden Bereich des im Wesentlichen L-förmigen Gestells (1) und der Kreutztisch (2) auf einem sich horizontal erstreckenden Bereich des Gestells (1) angeordnet sind und dass jedes Werkzeugmagazin (7.1, 7.2) mit dem sich vertikal erstreckenden Bereich des Gestells (1) über einen Querträger verbunden ist.
 10. Bearbeitungseinheit nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass jedes Werkzeugmagazin (7.1, 7.2) als rotierendes Werkzeugmagazin mit vertikaler Drehachse (A7.1, A7.2) ausgebildet und horizontal in Richtung zur Arbeitsspindel (5.1, 5.2) verstellbar und von einem eine Öffnung aufweisenden Gehäuse (12) ummantelt ist und dass eine Abdeckung (13) jedes Werkzeugmagazins (7.1, 7.2) mit einem ersten Ende (14.1) einer Koppel (14) verbunden ist, deren zweites Ende (14.2) mit dem Gestell (1) und/oder dem zugehörigen Querträger gekoppelt ist, so dass die Abdeckung (13) bei einer Bewegung des Werkzeugmagazins (7.1, 7.2) in Richtung zur Arbeitsspindel (5.1, 5.2) in einen geöffneten Zustand bringbar und bei einer entgegengerichteten Bewegung des Werkzeugmagazins (7.1, 7.2) schliessbar ist.
 11. Bearbeitungseinheit nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass mit einem Werkzeug (6.1, 6.2) in Form eines Fräswerkzeuges, welches einer Arbeitsspindel (5.1, 5.2) zugeordnet ist, unterschiedliche Vertiefungen und/oder Durchbrüche und/oder Konturen in dem Werkstück (W) durch Interpolation und entsprechende programmierte Bewegungen des Kreuzzisches (2) in X-Y-Richtung in Verbindung mit einer Bewegung des Werkzeuges in Z-Richtung erzeugbar sind.
 12. Bearbeitungseinheit nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass ein oder mehrere Werkzeuge in Form von Umformwerkzeugen ausgebildet sind.
 13. Bearbeitungseinheit nach einem der Ansprüche 3 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass die Position des Werkzeuges durch die Erfassung der Veränderung der Länge eines Spindelschaftes zu dem Spindelgehäuse der Arbeitsspindel (5.1, 5.2) bestimmbar ist.
 14. Bearbeitungseinheit nach einem der Ansprüche 1 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass der Werkstückträger in Form einer Palette (4) ausgebildet ist und dass die Position des in der Palette (4) aufgenommenen Werkstücks (W) durch Echtzeitkalibrierung ermittelbar ist.

15. Fertigungsstrasse mit mindestens zwei Bearbeitungseinheiten nach einem der Ansprüche 1 bis 14.
16. Fertigungsstrasse nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, dass die Bearbeitungseinheiten (M) in linearer Anordnung oder kreisförmiger Anordnung kombiniert sind, wobei zwischen den Bearbeitungseinheiten (M) ein Handlingsystem (18) für die Übergabe der Werkstücke (W) angeordnet ist.
17. Fertigungsstrasse nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, dass das Werkstück (W) mit dem Handlingsystem (18) während des Transfers drehbar ist.

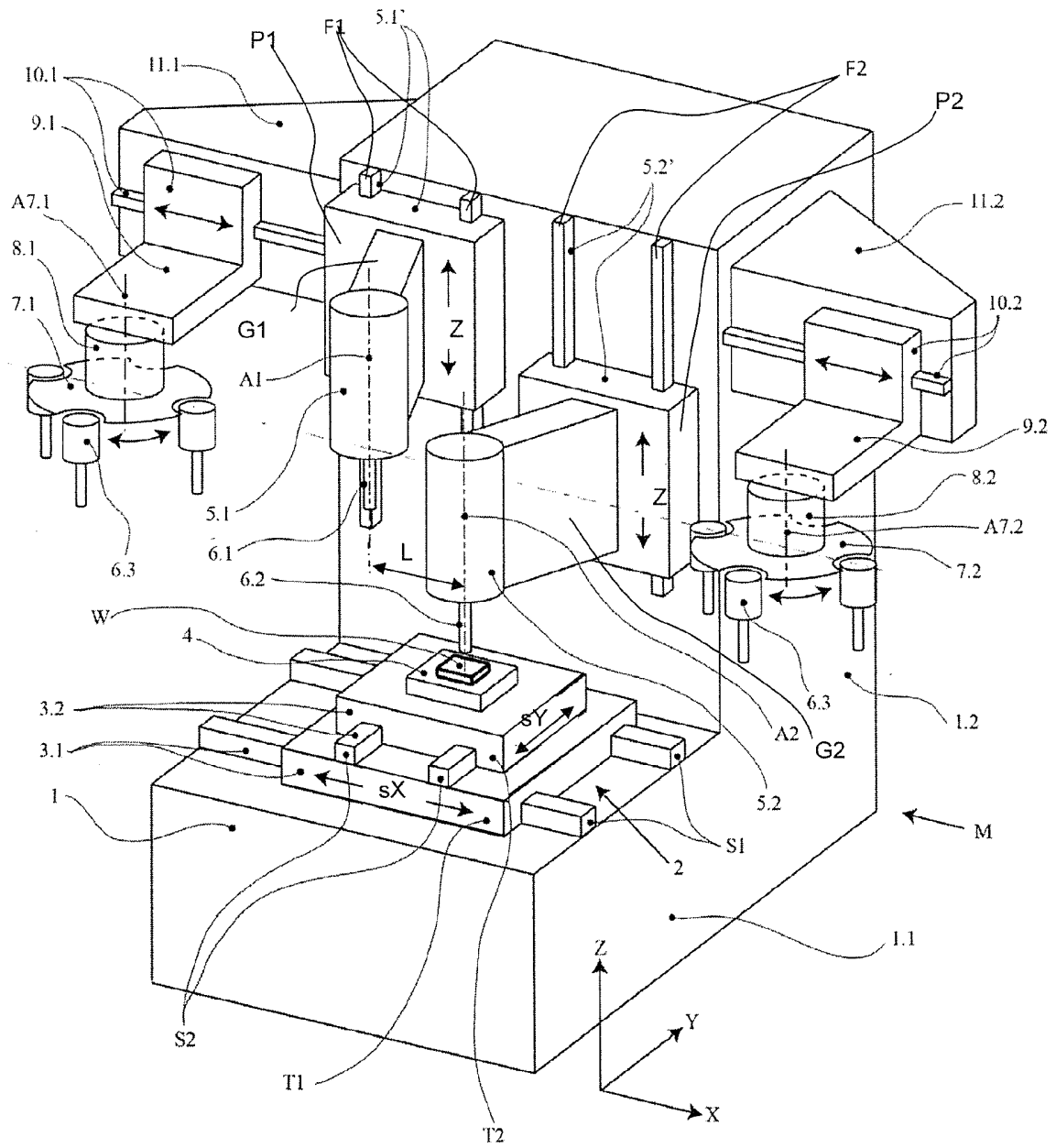


Fig. 1

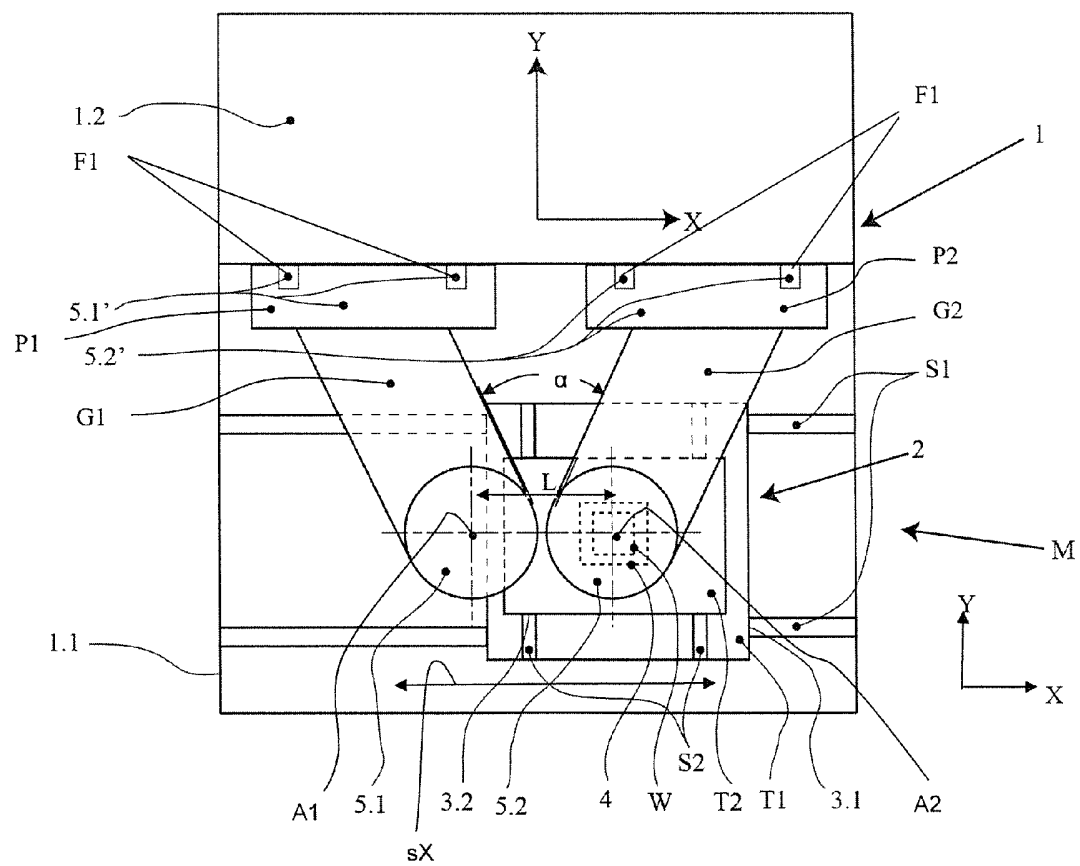


Fig. 2

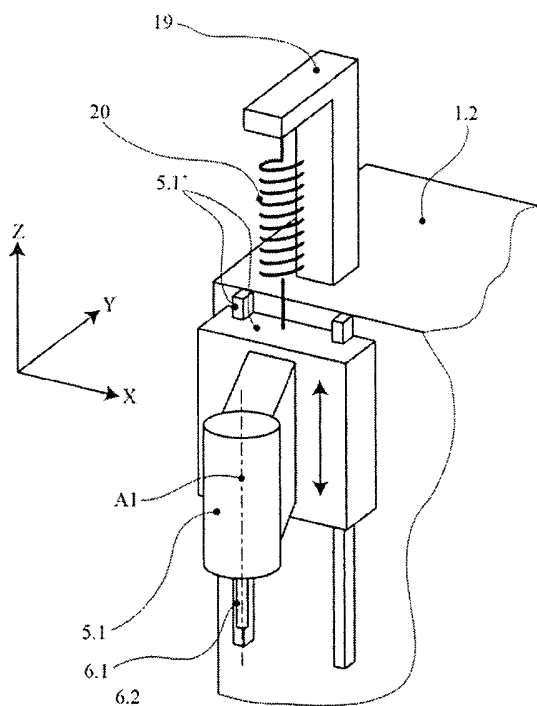


Fig. 3

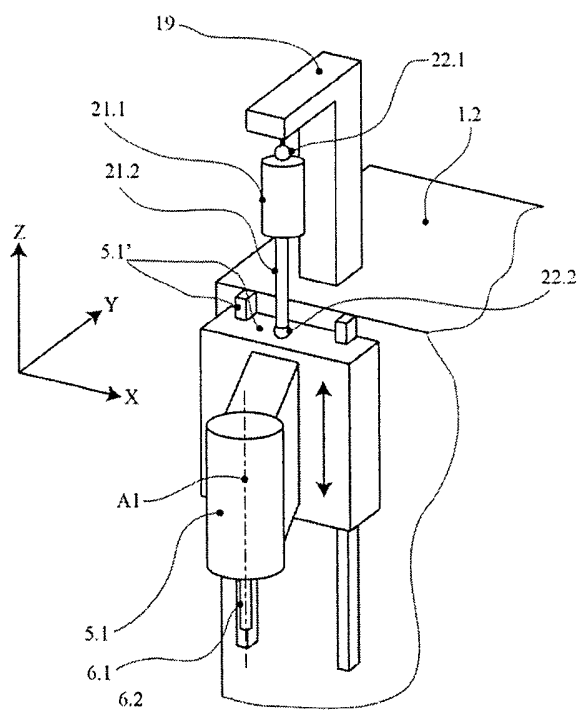


Fig. 4

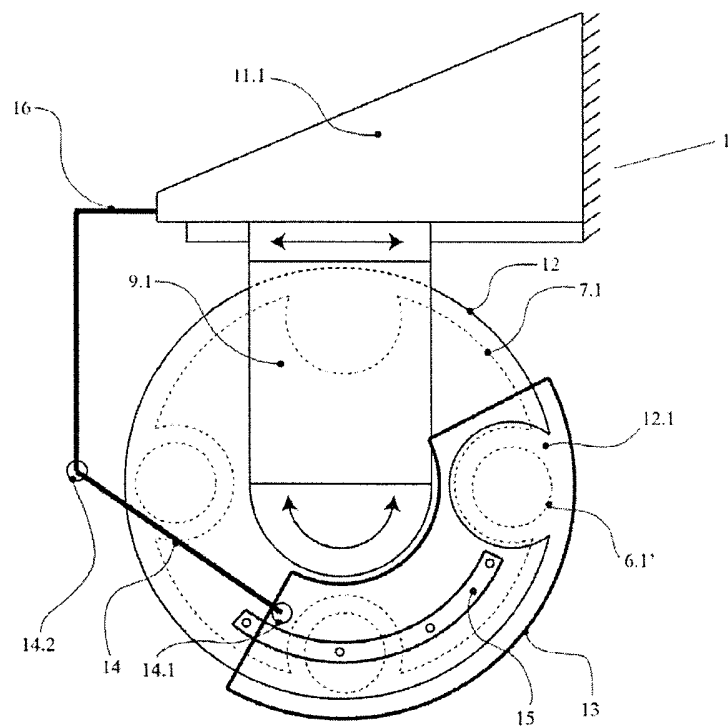


Fig. 5

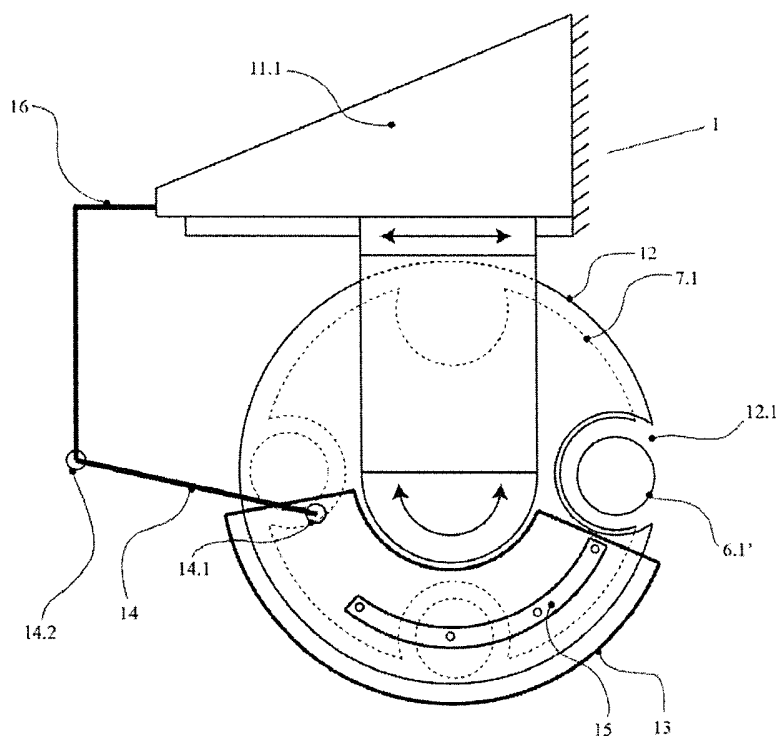


Fig. 6

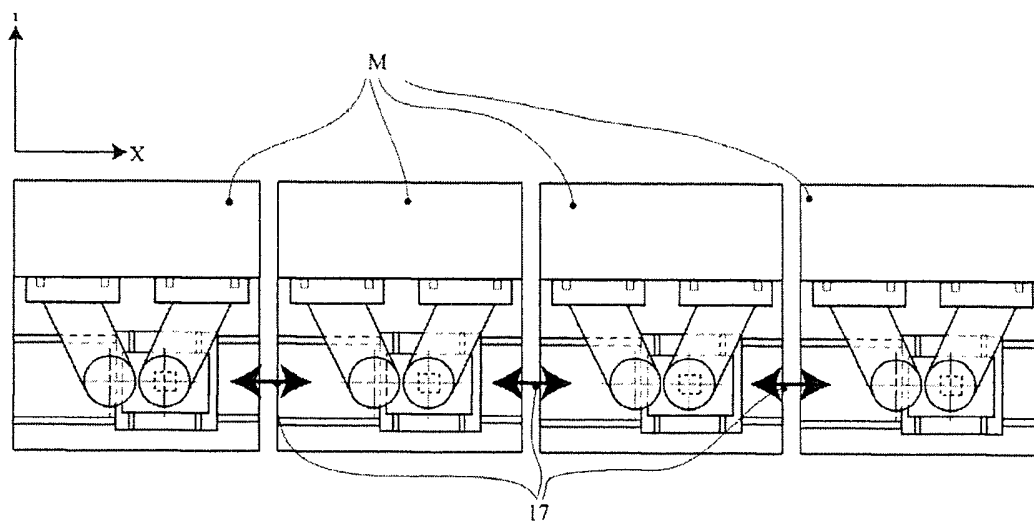


Fig. 7

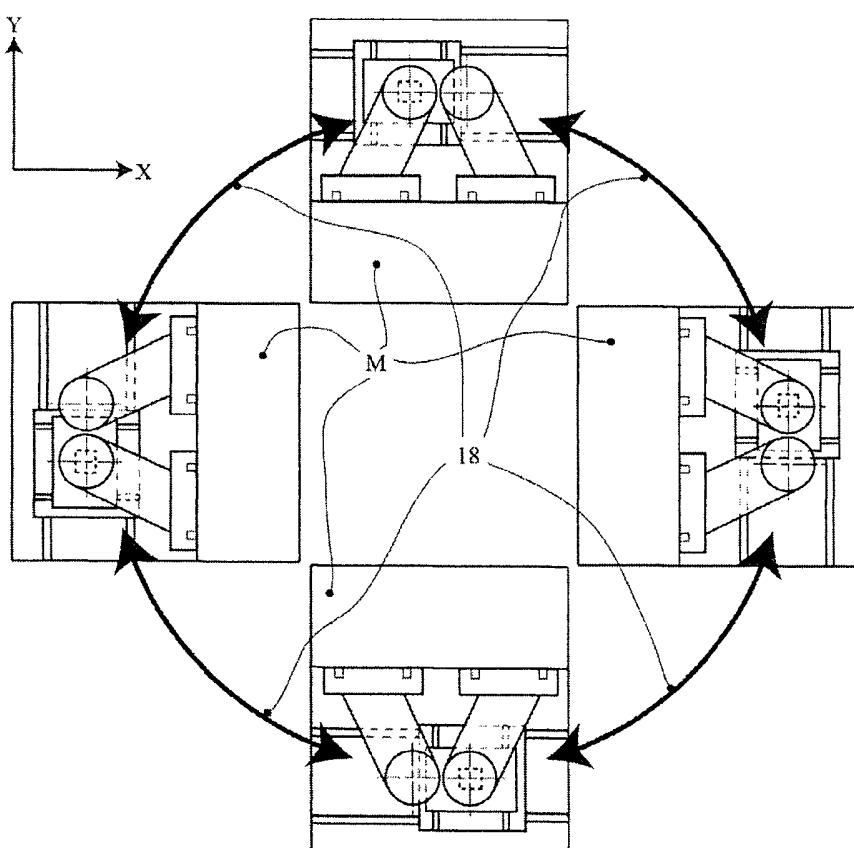


Fig. 8

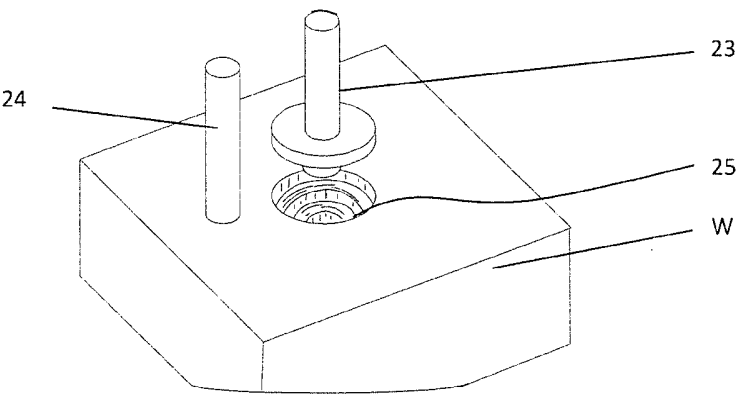


Fig. 9

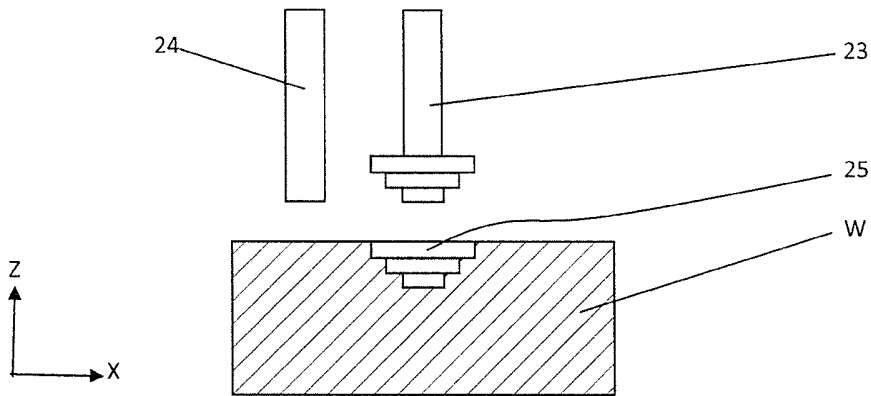


Fig. 10

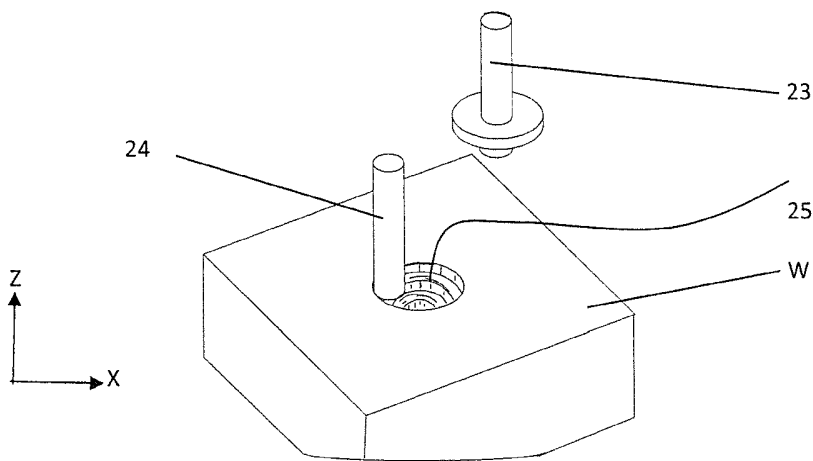


Fig. 11