

(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
20. September 2018 (20.09.2018)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2018/167117 A1

- (51) Internationale Patentklassifikation:
G05B 19/404 (2006.01) B23Q 15/24 (2006.01)
G05B 19/401 (2006.01)
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2018/056331
- (22) Internationales Anmeldedatum:
14. März 2018 (14.03.2018)
- (25) Einreichungssprache: Deutsch
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (30) Angaben zur Priorität:
10 2017 105 404.9
14. März 2017 (14.03.2017) DE
- (71) Anmelder: MIKRON GMBH ROTTWEIL [DE/DE];
Berner Feld 71, 78628 Rottweil (DE).
- (72) Erfinder: SAUTER, Peter; Holunderweg 4, 72459 Albstadt (DE). BRAUN, Hans-Dieter; Alter Stadtweg 21, 78665 Frittlingen (DE).
- (74) Anwalt: WESTPHAL, MUSSGUG & PARTNER, PATENTANWÄLTE MBB; Am Riettor 5, 78048 Villingen-Schwenningen (DE).
- (81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW,

(54) Title: METHOD FOR THE MACHINING OF WORKPIECES USING A MACHINING CENTER

(54) Bezeichnung: VERFAHREN ZUM BEARBEITEN VON WERKSTÜCKEN MIT EINEM BEARBEITUNGSZENTRUM

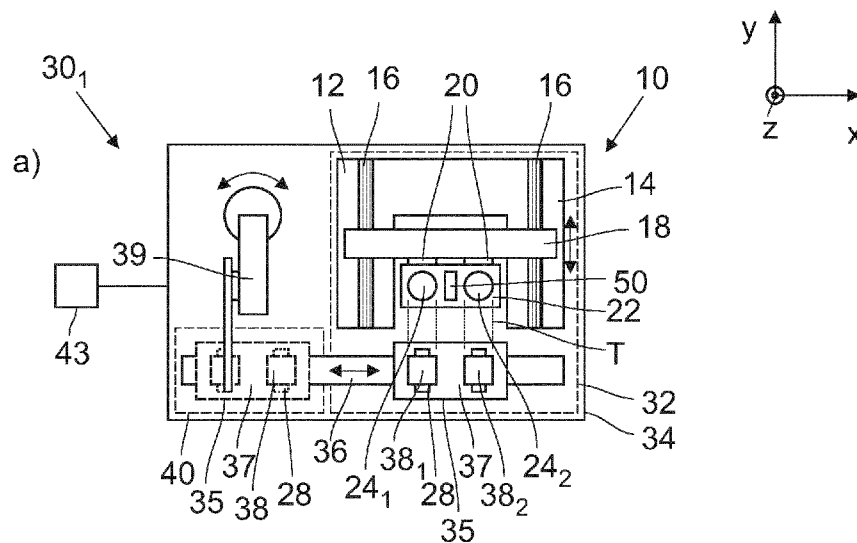


Fig.2

(57) Abstract: The present invention relates to a method for the parallel machining of multiple workpieces (38₁,38₂), in particular two workpieces, using a machining center (30), wherein the workpieces are clamped rigidly to each other in a set-up area (40) by means of a clamping system (37) and optionally with the aid of a gripping robot (39), are moved along a displacement path (36) into a machining area (32) and are machined simultaneously by means of a plurality of work spindles (24₁, 24₂), wherein correction data are generated for each workpiece (38₁,38₂) for post-machining, either by measurement of the actual dimensions of each workpiece after each machining by a workpiece measurement device (50) or by a one-time measurement of the deviation of the actual dimensions from reference workpieces on the basis of the clamping in the clamping system (37) by means of a clamping system measurement device (52), and wherein subsequently each workpiece (38₁,38₂) is post-machined one after the other by means of one of the two work spindles (24₁,24₂) on the basis of the generated correction data in order



WO 2018/167117 A1

SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM,
TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

- (84) Bestimmungsstaaten** (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

- mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)
- vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen eingehen (Regel 48 Absatz 2 Buchstabe h)

to thereby correct the deviations from the target dimensions.

(57) Zusammenfassung: Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zum parallelen Bearbeiten von mehreren Werkstücken (38₁,38₂), insbesondere zwei, mittels eines Bearbeitungszentrums (30), wobei die Werkstücke (38₁,38₂) mittels eines Spannsystems (37) und ggf. mit Hilfe eines Greifroboters (39) in einem Rüstraum (40) starr zueinander eingespannt werden, entlang einer Verschiebebahn (36) in einen Bearbeitungsraum (32) verfahren und von mehreren Arbeitsspindeln (24₁, 24₂) gleichzeitig bearbeitet werden, wobei Korrekturdaten für jedes Werkstück (38₁,38₂) zur Nachbearbeitung erzeugt werden, entweder durch Vermessung der Ist-Maße jedes Werkstücks nach jeder Bearbeitung durch eine Werkstück-Vermesseinrichtung (50) oder durch einmalige Vermessung der Abweichung der Ist-Maße von Referenzwerkstücken aufgrund der Einspannung im Spannsystem (37) durch eine Spannsystem-Vermesseinrichtung (52), und wobei anschließend jedes Werkstück (38₁,38₂) mit einer der beiden Arbeitsspindeln (24₁,24₂) mittels der erzeugten Korrekturdaten nacheinander nachbearbeitet wird, um dadurch die Abweichungen von den Soll-Maßen zu korrigieren.

Verfahren zum Bearbeiten von Werkstücken mit einem Bearbeitungszentrum

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zum Bearbei-
5 ten von Werkstücken mit einem Bearbeitungszentrum, wobei das
Bearbeitungszentrum eine Werkzeugmaschine mit einer ersten Ar-
beitsspindel zum Bearbeiten eines ersten Werkstücks und einer
zweiten Arbeitsspindel zum spanenden Bearbeiten eines zweiten
10 Werkstücks aufweist. Im Folgenden wird die Erfindung anhand
von zwei Arbeitsspindeln erläutert, ist aber ohne Einschrän-
kungen auf Werkzeugmaschinen übertragbar, die mehr als zwei
Arbeitsspindeln und insbesondere vier Arbeitsspindeln aufwei-
sen. Derartige Arbeitsspindeln werden häufig auch als Mehr-
spindler bezeichnet. Üblicherweise sind die Arbeitsspindeln
15 mechanisch derart miteinander verbunden, dass alle Arbeits-
spindeln während der Bearbeitung dieselben Bewegungen ausfüh-
ren. Folglich werden sämtliche Werkstücke auf dieselbe Weise
parallel bearbeitet. Hieraus ergibt sich ein wesentlicher Vor-
teil gegenüber einem Bearbeitungszentrum mit einer Werkzeugma-
20 schine mit nur einer Arbeitsspindel, da die Anzahl der bear-
beitbaren Werkstücke pro Zeiteinheit deutlich gesteigert wer-
den kann.

Insbesondere bei der serienmäßigen Herstellung von hochgenauen
25 Werkstücken weisen Mehrspindler einen prinzipiellen Nachteil
gegenüber einer Werkzeugmaschine mit nur einer Spindel auf.
Zur Herstellung von hochgenauen Werkstücken mit Werkzeugma-
schinen, die nur eine Spindel aufweisen, können die Werkstücke
zunächst bearbeitet und dann mit einer Vermessungseinrichtung
30 vermessen werden, um so die Abweichungen zwischen den Ist- und
den Sollmaßen zu bestimmen. Anschließend wird die eine Spindel
mit Unterstützung einer Steuereinheit unter Verwendung von
Korrekturdaten, auch Offset-Werte genannt, entsprechend korri-

giert und die Werkstücke nachbearbeitet. Diese Nachbearbeitung wird auch als Finishing bezeichnet. Diese Schritte können mehrmals hintereinander durchgeführt werden, bis dass die Werkstücke die gewünschten Maße aufweisen.

5

Im Folgenden soll unter „Bearbeitung“ die Bearbeitung der Werkstücke ohne Korrektur und unter „Nachbearbeitung“ die Bearbeitung mit Korrektur der jeweiligen Arbeitsspindeln verstanden werden.

10

Bei Mehrspindlern ist diese Vorgehensweise jedoch nicht ohne weiteres möglich. Wird ein erstes Werkstück mit einer ersten Arbeitsspindel und ein zweites Werkstück mit einer zweiten Spindel bearbeitet, so weichen die Maße der beiden Werkstücke unter anderem aus folgenden Gründen voneinander ab: Die beiden Arbeitsspindeln können nie exakt parallel zueinander ausgerichtet werden. Jede Arbeitsspindel wird mit ihrem eigenen Werkzeug betrieben, die Formunterschiede zueinander aufweisen. Zudem können die eingesetzten Werkzeuge einem unterschiedlichen Verschleiß unterworfen sein, was ihre Formunterschiede verstärkt. Darüber hinaus ist es nicht möglich, die Werkzeuge mit der gleichen Ausrichtung in die Arbeitsspindeln einzuspannen. Selbiges gilt auch für das Einspannen der Werkstücke in die eingesetzten Spannsysteme. Folglich weist das Ist-Maß des ersten Werkstücks nach der Bearbeitung eine erste Abweichung vom Sollmaß und das Ist-Maß des zweiten Werkstücks eine zweite Abweichung vom Sollmaß auf, die nicht gleich sind.

20

Wie eingangs erwähnt, sind typischerweise die erste und die zweite Arbeitsspindel mechanisch derart miteinander verbunden, dass die beiden Arbeitsspindeln nicht unabhängig voneinander korrigiert werden können. Wird die erste Arbeitsspindel mit ersten Korrekturdaten bzw. Offset-Werten korrigiert, wird auch

30

die zweite Arbeitsspindel mit den ersten Offset-Werten korrigiert. Das Bearbeiten des zweiten Werkstücks mit der zweiten Arbeitsspindel, welche mit den ersten Offset-Werten korrigiert worden ist, führt aber im Allgemeinen nicht zu einer Verbesserung der Präzision des zweiten Werkstücks und kann sogar zur Unbrauchbarkeit des zweiten Werkstücks führen.

Eine Lösungsmöglichkeit ist, die korrigierende Nachbearbeitung an einer separaten Korrekturwerkzeugmaschine mit einer Arbeitsspindel vorzunehmen, was aber ein Umspannen notwendig macht, wodurch die Präzision negativ beeinflusst wird. Wie oben erwähnt, weisen Mehrspindler insbesondere den Vorteil auf, dass die Anzahl der bearbeitbaren Werkstücke pro Zeiteinheit gegenüber Werkzeugmaschinen mit einer Arbeitsspindel deutlich gesteigert werden kann. Aufgrund der Tatsache, dass diese Korrekturwerkzeugmaschine nur eine Arbeitsspindel aufweist und die Werkstücke zur Nachbearbeitung umgespannt werden müssen, wird dieser Vorteil in der Gesamtbetrachtung der Fertigung der betreffenden Werkstücke wieder zunichte gemacht. Zudem ist das Vorsehen einer separaten Korrekturwerkzeugmaschine teuer.

Die DE 10 2004 058 891 A1 offenbart ein Bearbeitungszentrum mit zwei Arbeitsspindeln und zwei unabhängig voneinander betätigbaren z-Achsen, wodurch es möglich ist, auf die z-Achse bezogene Abweichungen an den beiden Werkstücken unabhängig voneinander zu korrigieren. Weiterhin ist es möglich, beispielsweise die zweite Arbeitsspindel zurückzuziehen, so dass sowohl das erste Werkstück als auch das zweite Werkstück nacheinander mit der ersten Arbeitsspindel nachbearbeitet werden können, wobei das erste Werkstück mit den ersten Offset-Werten und das zweite Werkstück mit den zweiten Offset-Werten nachbearbeitet wird. Allerdings ist das Vorsehen von zwei unabhängig vonei-

ander betätigbaren z-Achsen relativ aufwendig, so dass die entsprechend eingerichteten Bearbeitungszentren einen komplexen Aufbau aufweisen. Das in der DE 10 2004 058 891 A1 gezeigte Bearbeitungszentrum ist in einer sehr häufig verwendeten
5 Portal- oder Gantrybauweise ausgeführt. Hierbei ist der Bearbeitungsraum von zwei Seitenwänden seitlich begrenzt, was zur Folge hat, dass auch der Verfahrenweg der beiden Arbeitsspindeln entlang der x-Achse begrenzt ist. In den meisten Fällen kann die nicht zurückgezogene erste Arbeitsspindel das zweite Werk-
10 stück nicht oder nur teilweise erreichen, so dass die oben beschriebene Nachbearbeitung des zweiten Werkstücks mit der ersten Arbeitsspindel häufig nicht umsetzbar ist. Diese Problematik tritt aber auch bei andern Bauweisen auf, beispielsweise bei der Kreuztisch- und der Fahrständerbauweise.

15

Weiterhin sind Bearbeitungszentren bekannt, bei welchen beispielsweise die zweite Arbeitsspindel über weitere Hilfsachsen relativ zur ersten Arbeitsspindel nicht nur entlang der z-Achse, sondern auch entlang der X- und y-Achse verstellbar
20 ist. Allerdings sind neben den Hilfsachsen zusätzliche Motoren und Antriebe notwendig, die kompliziert anzusteuern und teuer in der Herstellung sind. Zudem lassen sich die Korrekturen nur bezogen auf die drei Raumachsen vornehmen. Winkelige Korrekturen lassen sich nicht vornehmen.

25

Aufgabe einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist es daher, ein Verfahren zum Betreiben eines Bearbeitungszentrums zu schaffen, mit dem es möglich ist, auf einfache und zeitsparende Weise eine Nachbearbeitung der bearbeiteten Werk-
30 stücke vorzunehmen, ohne dass das hierzu benötigte Bearbeitungszentrum einen komplizierten Aufbau aufweist.

Diese Aufgabe wird mit den in Anspruch 1 angegebenen Merkmalen gelöst. Vorteilhafte Ausführungsformen sind Gegenstand der Unteransprüche.

- 5 Eine Ausführungsform der Erfindung betrifft ein Verfahren zum Bearbeiten von Werkstücken mit einem Bearbeitungszentrum, wobei das Bearbeitungszentrum
- eine Steuereinheit zum Steuern oder Regeln des Bearbeitungszentrums,
 - 10 - zumindest einen Bearbeitungsraum, in welchem eine Werkzeugmaschine mit einer ersten Arbeitsspindel zum Bearbeiten eines ersten Werkstücks und einer zweiten Arbeitsspindel zum spanenden Bearbeiten eines zweiten Werkstücks angeordnet ist,
 - 15 - mindestens ein Spannsystem, welches Spannmittel aufweist, mit denen zumindest das erste und das zweite Werkstück zum Bearbeiten in das Spannsystem einspannbar ist, und
 - eine zumindest innerhalb des Bearbeitungsraums linear verlaufende Verschiebebahn, entlang welcher das mindestens ei-
 - 20 ne Spannsystem verschiebbar angeordnet ist, aufweist.

Das Verfahren umfasst dabei folgende Schritte:

- Eingeben von Sollmaßen für das erste und das zweite Werkstück in die Steuereinheit,
- 25 - Erzeugen von ersten Korrekturdaten für das erste Werkstück und von zweiten Korrekturdaten für das zweite Werkstück,
- Einspannen des ersten Werkstücks und des zweiten Werkstücks in das Spannsystem mittels der Spannmittel,
- Zeitgleiches Bearbeiten des ersten Werkstücks mit der ersten Arbeitsspindel und des zweiten Werkstücks mit der zweiten Arbeitsspindel unter Berücksichtigung der Sollmaße,
- 30

- Bestimmen der ersten Arbeitsspindel oder der zweiten Arbeitsspindel als Nachbearbeitungsspindel unter Verwendung der Steuereinheit,
- Nachbearbeiten des ersten Werkstücks mit der Nachbearbeitungsspindel unter Berücksichtigung der ersten Korrekturdaten und
- anschließendes Nachbearbeitung des zweiten Werkstücks mit der Nachbearbeitungsspindel unter Berücksichtigung der zweiten Korrekturdaten, wobei
- das erste Werkstück und das zweite Werkstück während der Bearbeitung und während der Nachbearbeitung mittels des Spannsystems auf der Verschiebebahn relativ zur ersten und der zweiten Arbeitsspindel verschoben werden.

Das Bearbeitungszentrum kann dabei insbesondere in der Portal- oder Gantrybauweise ausgeführt sein, aber auch in anderen Bauweisen wie der Kreuztisch- und der Fahrständerbauweise. Ein wichtiger Punkt ist die zumindest innerhalb des Bearbeitungsraums verlaufende Verschiebebahn, entlang welcher das Spannsystem während der Bearbeitung verschoben wird. Da die Werkstücke in das Spannsystem eingespannt sind, werden die Werkstücke entsprechend mit verschoben. Folglich müssen die Halterungen der Arbeitsspindeln nicht mehr entlang der Achse, in welcher die Verschiebebahn verläuft, verschiebbar ausgeführt sein.

Im Folgenden soll unter einem Bearbeitungsraum derjenige Raum verstanden werden, in welchem ein Werkstück bearbeitet wird und insbesondere eine Formänderung erfährt. Üblicherweise wird der Bearbeitungsraum von der Werkzeugmaschine definiert.

Das erste und das zweite Werkzeug werden unter Verwendung derselben Sollmaße auf dieselbe Weise mit der ersten bzw. der

zweiten Arbeitsspindel bearbeitet, so dass sie dieselben Sollmaße aufweisen. Nach abgeschlossener Bearbeitung weisen sie aufgrund der eingangs erläuterten Umstände unterschiedliche Ist-Maße auf, so dass das erste Werkstück mit ersten Korrekturdaten und das zweite Werkstück mit zweiten Korrekturdaten nachbearbeitet werden müssen, um beide Werkstücke mit demselben Sollmaß zu versehen. Vorschlagsgemäß wird hierzu eine der beiden Arbeitsspindeln als die Nachbearbeitungsspindel bestimmt, beispielsweise die erste Arbeitsspindel. Anschließend wird die Nachbearbeitungsspindel mit den ersten Korrekturdaten beaufschlagt und das erste Werkstück unter Verwendung der ersten Korrekturdaten mit der Nachbearbeitungsspindel nachbearbeitet. Nach abgeschlossener Nachbearbeitung des ersten Werkstücks wird die Nachbearbeitungsspindel mit den zweiten Korrekturdaten beaufschlagt und das zweite Werkstück unter Verwendung der zweiten Korrekturdaten mit der Nachbearbeitungsspindel nachbearbeitet. Da das Spannsystem, in welches das erste Werkstück und das zweite Werkstück unter Verwendung der Spannmittel eingespannt sind, zumindest innerhalb des Bearbeitungsraums entlang der Verschiebebahn verschiebbar ist, ist die Erreichbarkeit des zweiten Werkstücks für die als die Nachbearbeitungsspindel verwendete erste Arbeitsspindel immer gegeben. Es ist nicht notwendig, die zweite Arbeitsspindel, die nicht während der Nachbearbeitung verwendet wird, mit einer gesonderten Beweglichkeit relativ zur ersten Arbeitsspindel auszustatten, wie es beispielsweise bei der bereits erwähnten DE 10 2004 058 891 A1 der Fall ist. Der Aufbau des Bearbeitungszentrums kann daher einfach gehalten werden.

Nach Maßgabe einer weiteren Ausführungsform umfasst das Verfahren den folgenden Schritt:

- Erzeugen der ersten Korrekturdaten anhand einer Bearbeitung eines ersten Referenzwerkstücks und der zweiten Korrekturdaten anhand einer Bearbeitung eines zweiten Referenzwerkstücks für jedes eingesetzte Spannsystem mittels einer Spannsystem-Vermessungseinrichtung.

Wie bereits eingangs erwähnt, können die beiden Arbeitsspindeln nie exakt parallel zueinander ausgerichtet werden. Zudem weist jedes der verwendeten Spannsysteme eine bestimmte Abweichung vom Sollzustand auf. Diese Abweichungen der Arbeitsspindeln und der Spannsysteme vom Sollzustand, auch als System- oder Geometriefehler bezeichnet, ändern sich im Betrieb üblicherweise nicht. Dies führt beispielsweise dazu, dass alle Werkstücke, welche im Spannsystem A eingespannt und mit der ersten Arbeitsspindel bearbeitet werden, nach der Bearbeitung dasselbe Ist-Maß aufweisen. Die Korrekturdaten für jedes verwendete Spannmittel können anhand einer Bearbeitung eines ersten Referenzwerkstück, welches mit der ersten Arbeitsspindel bearbeitet wird, und eines zweiten Referenzwerkstücks, welches mit der zweiten Arbeitsspindel bearbeitet wurde, ermittelt werden. Hierzu kann jede geeignete Spannsystem-Vermessungseinrichtung verwendet werden. Folglich liegen für jede Kombination aus Spannmittel und Arbeitsspindel Korrekturdaten vor. Die Korrekturdaten werden in der Steuereinheit hinterlegt und bei der Nachbearbeitung mit der Nachbearbeitungsspindel berücksichtigt. Auf diese Weise können die Korrekturdaten anhand von Vermessungen, die vor der eigentlichen Serienherstellung durchgeführt werden, generiert werden, ohne dass die Serienproduktion angehalten werden muss.

30

In einer weitergebildeten Ausführungsform kann das Verfahren folgenden Schritt aufweisen:

- Erzeugen der ersten Korrekturdaten anhand einer Bestimmung der Ist-Maße des bearbeiteten ersten Werkstücks und Erzeugen der zweiten Korrekturdaten anhand einer Bestimmung der Ist-Maße des bearbeiteten zweiten Werkstücks mittels einer
5 Werkstück-Vermessungseinrichtung.

In dieser Ausführungsform werden die Ist-Maße nach jeder Bearbeitung in der Serienfertigung bestimmt und in der Steuereinheit abgelegt. Folglich muss zwischen der Bearbeitung und der
10 Nachbearbeitung ein Vermessungsschritt eingeführt werden, der die Serienfertigung verlangsamt. Allerdings weist diese Ausführungsform den Vorteil auf, dass die aktuellen Ist-Maße bekannt sind und entsprechend korrigiert werden können. Wie oben erläutert, gibt es systematische Fehler, die immer wieder keh-
15 ren und zu denselben Abweichungen führen. Allerdings können auch während der Bearbeitung beispielsweise durch Verschmutzungen, Verrutschen des Werkstücks oder Abrieb oder Beschädigungen eines der Werkzeuge Abweichungen entstehen, die sich von den wiederkehrenden Abweichungen unterscheiden. Diese sporadischen Abweichungen können in dieser Ausführungsform er-
20 fasst werden.

Es ist möglich, einen Schwellenwert für die Abweichung des Ist-Maßes vom Sollmaß zu definieren. Wenn die Abweichungen unter dem Schwellenwert liegen, können die Abweichungen akzeptiert werden. Für den Fall, dass die betreffenden Werkstücke bereits nach der Bearbeitung Ist-Maße aufweisen, die unter dem Schwellenwert liegen, kann auf eine Nachbearbeitung verzichtet werden, so dass unnötige oder gar kontraproduktive Nachbear-
25 beutungen vermieden werden.
30

Zudem können auch die Ist-Maße der nachbearbeiteten Werkstücke mittels der Werkstück-Vermessungseinrichtung bestimmt werden.

Für den Fall, dass die Ist-Maße der nachbearbeiteten Werkstücke immer noch zu stark von den Sollmaßen abweichen, kann erneut eine Nachbearbeitung mit entsprechend geänderten Korrekturdaten durchgeführt oder die betreffenden Werkstücke als Ausschuss gekennzeichnet werden. Folglich kann unter Verwendung der Werkstück-Vermessungseinrichtung auch eine Qualitätskontrolle für jedes einzelne Werkstück hinsichtlich ihrer Maßgenauigkeit durchgeführt werden.

10 Gemäß einer weiteren Ausführungsform kann das Verfahren folgenden Schritt aufweisen:

- Einrichten des Bearbeitungszentrums derart, dass das Werkzeug derjenigen Arbeitsspindel, welche nicht als die Nachbearbeitungsspindel bestimmt wurde, beim Nachbearbeiten nicht mit den Werkstücken in Kontakt tritt.

Wie eingangs erwähnt, ist es aufgrund der zumindest innerhalb des Bearbeitungsraums verlaufenden Verschiebebahn möglich, sowohl das erste als auch das zweite Werkstück mit derselben Nachbehandlungsspindel zu bearbeiten, wozu das Spannmittel entsprechend verschoben wird. Hierdurch ist es nicht notwendig, die beiden Arbeitsspindeln unabhängig voneinander verstellbar auszuführen. Dies führt aber dazu, dass diejenige Arbeitsspindel, welche nicht als die Nachbearbeitungsspindel bestimmt wurde, auch mit denselben Korrekturdaten beaufschlagt wird wie die Nachbearbeitungsspindel selbst. Je nachdem, wie die Korrekturdaten ausfallen, kann es zu der Situation kommen, dass diejenige Arbeitsspindel, die nicht als die Nachbearbeitungsspindel bestimmt wurde, das Werkstück, welches zu einem gegebenen Zeitpunkt nicht von der Nachbearbeitungsspindel nachbearbeitet wird, mit den falschen Korrekturdaten nachbearbeitet. Dies kann dadurch verhindert werden, dass sicherge-

stellt wird, dass die Arbeitsspindel, die nicht als die Nachbearbeitungsspindel bestimmt wurde, während der Nachbearbeitung nicht mit den Werkstücken, die auf dem gerade im Bearbeitungsraum befindlichen Spannsystem eingespannt sind, in Kontakt treten kann. Dies kann beispielsweise mittels eines teilbaren oder dreh- oder schwenkbaren Spannsystems erreicht werden, so dass diejenigen Werkstücke, die zu einem gegebenen Zeitpunkt nicht nachbearbeitet werden, nicht in Kontakt mit derjenigen Arbeitsspindel kommen können, die nicht als die Nachbearbeitungsspindel bestimmt wurde.

Bei einer weitergebildeten Ausführungsform kann das Verfahren folgenden Schritt aufweisen:

- 15 - Entnehmen desjenigen Werkzeugs aus derjenigen Arbeitsspindel, welche nicht als die Nachbearbeitungsspindel bestimmt wurde.

Das Entnehmen des Werkzeugs dient dazu zu verhindern, dass es zu einem Kontakt zwischen demjenigen Werkstück, was zu einem gegebenen Zeitpunkt nicht von der Nachbearbeitungsspindel nachbearbeitet wird, und dem Werkzeug derjenigen Arbeitsspindel kommen kann, die nicht als die Nachbearbeitungsspindel bestimmt wurde. Eine Nachbearbeitung des Werkstücks mit den falschen Korrekturdaten wird hierdurch auf einfache Weise verhindert, insbesondere auch deshalb, da moderne Bearbeitungszentren häufig über Werkzeugwechsler verfügen, so dass die Entnahme eines Werkzeugs ohne nennenswerten Zeitverlust umgesetzt werden kann.

30 Eine weitergebildete Ausführungsform zeichnet sich dadurch aus, dass das Verfahren folgenden Schritt aufweist:

- Einsetzen eines Schutzkörpers in diejenige Arbeitsspindel, welche nicht als die Nachbearbeitungsspindel bestimmt wurde.

5 Der Schutzkörper dient dazu, das Eindringen von Spänen und anderen Substanzen in diejenige Arbeitsspindel zu verhindern, welche nicht als die Nachbearbeitungsspindel bestimmt wurde. Da das Werkzeug aus dieser Arbeitsspindel entnommen wurde, kann das Werkstück das Eindringen insbesondere von Spänen in
10 das Spannfutter nicht mehr verhindern. Diese Funktion wird vom Schutzkörper übernommen, der so ausgebildet ist, dass er während der Nachbearbeitung nicht mit den Werkstücken in Kontakt treten kann.

15 Nach Maßgabe einer weiteren Ausführungsform umfasst das Bearbeitungszentrum einen Rüstraum und die Verschiebebahn verläuft vom Rüstraum in den Bearbeitungsraum. Das Verfahren weist dabei die folgenden Schritte auf:

- 20 - Einspannen des ersten und des zweiten zu bearbeitenden Werkstücks in das mindestens eine Spannsystem im Rüstraum und Verschieben des Spannsystems vom Rüstraum in den Bearbeitungsraum, und
- Verschieben des Spannsystems vom Bearbeitungsraum in den
25 Rüstraum, und Entnehmen des bearbeiteten ersten und zweiten Werkstücks aus dem Spannsystem.

Unter einem Rüstraum soll derjenige Raum verstanden werden, in welchem das Werkstück für die Bearbeitung vorbereitet und insbesondere
30 insbesondere mittels des Spannmittels in das Spannsystem eingespannt wird. Weiterhin soll im Rüstraum das bearbeitete Werkstück vom Spannsystem entnommen werden.

Beispielsweise im Bearbeitungszentrum, welches in der DE 10 2010 023 276 A1 offenbart ist, muss das Spannsystem oder das Werkstück selbst in irgendeiner Weise während des Transports vom Rüstraum in den Bearbeitungsraum übergeben werden, beispielsweise mittels eines Werkstückgreifers. Eine derartige Übergabe ist im vorliegenden Fall nicht notwendig. Das einmal im Rüstraum in das Spannsystem eingespannte Werkstück kann direkt entlang der Verschiebebahn vom Rüstraum in den Bearbeitungsraum transportiert und dort ohne eine Übergabe direkt bearbeitet werden. Es bietet sich an, das Spannsystem auf einer Tischbaugruppe anzuordnen, welche verschiebbar in der Verschiebebahn gelagert ist. Das Spannsystem kann lösbar mit der Tischbaugruppe befestigt werden, um einen Austausch zu ermöglichen.

15

Aufgrund der räumlichen Trennung zwischen dem Rüstraum und dem Bearbeitungsraum muss die Verschiebebahn entsprechend lang ausgebildet sein. Es bietet sich an, diejenige Arbeitsspindel, welche zum Rüstraum hinzeigt, als Nachbearbeitungsspindel zu bestimmen. Hierdurch steht auf beiden Seiten der Nachbearbeitungsspindel ein ausreichend langer Abschnitt der Verschiebebahn zur Verfügung, entlang welchem die Spannmittel insbesondere während der Nachbearbeitung bewegt werden können. Es ist daher möglich, auch Werkstücke zu bearbeiten, die eine große Erstreckung entlang der Verschiebebahn aufweisen und während der Bearbeitung und der Nachbearbeitung entsprechend weit auf der Verschiebebahn verschoben werden müssen. Zudem muss die Verschiebebahn nicht verlängert werden.

20

Eine weitere Ausführungsform zeichnet sich dadurch aus, dass das Bearbeitungszentrum einen im Rüstraum angeordneten Greifroboter umfasst und das Verfahren folgende Schritte aufweist:

25

30

- Auflegen des ersten und des zweiten zu bearbeitenden Werkstücks auf das Spannsystem, und
- Entnehmen des bearbeiteten ersten und zweiten Werkstücks vom Spannsystem mittels des Greifroboters.

5

Der Greifroboter ist so ausgestaltet, dass er in den Rüstraum greifen kann. Die räumliche Trennung zwischen dem Rüstraum und dem Bearbeitungsraum ermöglicht es, den Greifroboter so aufzustellen, dass er den Zugang zum und die Sicht auf den Bearbeitungsraum für einen Bediener nicht versperrt. Darüber hinaus ist es möglich, den Greifroboter auf einer Seite der Verschiebebahn anzuordnen, so dass der Bediener von der gegenüberliegenden Seite Zugang zum Rüstraum hat. Der Bediener und der Roboter können gleichzeitig in den Rüstraum greifen und folglich parallel arbeiten. Insofern ermöglicht es die zwischen dem Rüstraum und dem Bearbeitungsraum verlaufende Verschiebebahn, einen Greifroboter so einzusetzen, dass ein Bediener vom Greifroboter nicht gestört wird. Insofern lässt sich der Automationsgrad steigern, ohne die Möglichkeit des Bedieners, bei Bedarf in den Bearbeitungs- und Rüstprozess einzugreifen, einzuschränken.

Anstelle von Greifrobotern können beispielsweise Linear-Handlingsysteme verwendet werden, die so ausgestaltet sind, dass Werkstücke auf dem Spannsystem abgelegt und von ihm entnommen werden können.

Eine weitere Ausführungsform ist dadurch gekennzeichnet, dass das Bearbeitungszentrum eine im Rüstraum Zuführ- und Entnahmeeinrichtung umfasst und das Verfahren folgende Schritte aufweist:

- Zuführen des Spannsystems zur Verschiebebahn und

- Entnehmen des Spannsystems von der Verschiebebahn mittels der Zuführ- und Entnahmeeinrichtung.

Es bietet sich an, das Spannsystem auf einer Tischbaugruppe
5 anzuordnen, welche verschiebbar in der Verschiebebahn gelagert
ist. Das Spannsystem kann lösbar mit der Tischbaugruppe befestigt
werden, um einen Austausch zu ermöglichen. Weiterhin bietet
es sich an, eine zwischen der Tischbaugruppe und dem
10 Spannsystem eine Palette anzuordnen, welche beispielsweise
über eine normierte Schnittstelle unter Verwendung der Zuführ-
und Entnahmeeinrichtung schnell mit der Tischbaugruppe verbunden
und wieder von ihr gelöst werden kann.

Beispielhafte Ausführungsformen der Erfindung werden im Fol-
15 genden unter Bezugnahme auf die beigefügten Zeichnungen näher
erläutert. Es zeigen

Figur 1a) eine bekannte Werkzeugmaschine in der klassischen
Portal- oder Gantrybauweise in einer ersten Position,
20

Figur 1b) die in Figur 1a) dargestellte Werkzeugmaschine in ei-
ner zweiten Position,

Figur 2a) ein erstes Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemä-
25 ßen Bearbeitungszentrums in einer ersten Position,

Figur 2b) das in Figur 2a) gezeigte Bearbeitungszentrum in ei-
ner zweiten Position,

30 Figur 3a) eine prinzipielle Darstellung der Vermessung eines
ersten Spannsystems,

Figur 3b) eine prinzipielle Darstellung der Vermessung eines zweiten Spannsystems,

Figur 4a) ein zweites Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Bearbeitungszentrums in einer ersten Position,
5 und

Figur 4b) das in Figur 4a) gezeigte Bearbeitungszentrum in einer zweiten Position.

10

In Figur 1a) ist eine aus dem Stand der Technik bekannte Werkzeugmaschine 10P in der klassischen Portal- oder Gantrybauweise anhand einer prinzipiellen Draufsicht in einer ersten Position und in Figur 1b) in einer zweiten Position gezeigt. Die
15 Werkzeugmaschine 10P umfasst eine erste Seitenwand 12 und eine zweite Seitenwand 14, auf deren Oberflächen ein erstes Führungsschienenpaar 16 angeordnet ist. Ein Querträger 18 ist entlang des ersten Führungsschienenpaars 16 verschiebbar an diesem gelagert. In Bezug auf das in den Figuren 1a) und 1b)
20 dargestellte Koordinatensystem kann der Querträger 18 mittels des ersten Führungsschienenpaars 16 entlang der y-Achse verschoben werden.

An der nach vorne zeigenden Seite des Querträgers 18 ist ein
25 zweites Führungsschienenpaar 20 angeordnet, an welchem eine Halterung 22 für eine erste Arbeitsspindel 24₁ und eine zweite Arbeitsspindel 24₂ befestigt ist. Das zweite Führungsschienenpaar 20 ist so ausgestaltet, dass die Halterung 22 entlang der x- und der senkrecht zur Zeichnungsebene verlaufenden z-Achse
30 bewegbar ist. Die hierzu notwendigen Antriebsmittel sind nicht gesondert dargestellt. Aufgrund dieser Gestaltung können die beiden Arbeitsspindeln 24₁, 24₂ entlang der x-, y- und z-Achse linear verschoben werden. Zusätzlich lassen sich die Arbeits-

spindeln 24 um ihre eigenen Achsen, die in z-Richtung verlaufen, rotieren.

Die beiden Arbeitsspindeln 24₁, 24₂ sind mechanisch miteinander gekoppelt, so dass beide Arbeitsspindeln 24₁, 24₂ auf dieselbe Weise betrieben werden.

Weiterhin weist die Werkzeugmaschine 10P einen ortsfesten Werkstücktisch 26 auf, der Spannmittel 28 umfasst, mit denen in diesem Fall ein erstes Werkstück 38₁ und ein zweites Werkstück 38₂ in den Werkstücktisch 26 eingespannt werden können. Zum Bearbeiten der Werkstücke 38₁, 38₂ wird jeweils ein nicht dargestelltes Werkzeug, beispielsweise ein Bohrer oder ein Fräskopf, in die Arbeitsspindeln 24₁, 24₂ eingespannt, die Arbeitsspindeln 24₁, 24₂ in Rotation versetzt und so relativ zu den Werkstücken 38₁, 38₂ bewegt, dass diese auf die gewünschte Weise spanend bearbeitet werden.

Anhand der Figur 1a) ist gut erkennbar, dass das erste Werkstück 38₁ mit der ersten Arbeitsspindel 24₁ und das zweite Werkstück 38₂ mit der zweiten Arbeitsspindel 24₂ bearbeitbar ist. Diese Zuordnung ist mit den Linien T gekennzeichnet. Man erkennt ferner, dass die Bewegungsfreiheit der Arbeitsspindeln 24₁, 24₂ entlang der x-Achse durch die beiden Seitenwände 12, 14 eingeschränkt ist. Eine Bearbeitung des zweiten Werkstücks 38₂ mit der ersten Arbeitsspindel 24₁ und des ersten Werkstücks 38₁ mit der zweiten Arbeitsspindel 24₂ ist folglich nicht möglich, was aus der Figur 1b) erkennbar ist. Der Abstand zwischen den beiden Seitenwänden 12, 14 bezogen auf die x-Achse lässt sich nicht beliebig vergrößern, da sich die am Querträger 18 wirkenden Biegemomente mit zunehmendem Abstand vergrößern und der Querträger 18 während der Bearbeitung in Schwin-

gungen versetzt wird, die einer präzisen Bearbeitung der Werkstücke 38₁, 38₂ entgegenstehen.

In Figur 2a) ist ein erstes Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Bearbeitungszentrums 30₁ ebenfalls anhand einer prinzipiellen Draufsicht in einer ersten Position und in Figur 2b) in einer zweiten Position dargestellt. Das Bearbeitungszentrum 30₁ weist einen Bearbeitungsraum 32 auf, in welchem eine Werkzeugmaschine 10 angeordnet ist, die einen ähnlichen Aufbau aufweist wie die in den Figuren 1a) und 1b) dargestellte Werkzeugmaschine 10P. Das Bearbeitungszentrum 30₁ weist ein Maschinenbett 34 auf, in welchem eine Verschiebebahn 36 gelagert ist, die zumindest innerhalb des Bearbeitungsraums 32 linear entlang der x-Achse verläuft.

15

Das Bearbeitungszentrum 30₁ weist weiterhin einen Rüstraum 40 auf, der bezogen auf die x-Achse neben dem Bearbeitungsraum 32 angeordnet ist. Die Verschiebebahn 36 verläuft nicht nur innerhalb des Bearbeitungsraums 32, sondern erstreckt sich auch in den Rüstraum 40, so dass die Verschiebebahn 36 zwischen dem Rüstraum 40 und dem Bearbeitungsraum 32 entlang der x-Achse verläuft. Auf der Verschiebebahn 36 ist eine Tischbaugruppe 35 verschiebbar angeordnet, auf welchem ein Spannsystem 37 befestigt ist, welches Spannmittel 28 aufweist, mit denen eine Anzahl von Werkstücken 38 in das Spannsystem 37 eingespannt werden kann. Im dargestellten Ausführungsbeispiel können zwei Werkstücke 38₁, 38₂ eingespannt werden. Die gestrichelte Darstellung der linken Tischbaugruppe 35 und der mit ihr verbundenen Komponenten weist auf eine zweite Position der einzigen Tischbaugruppe 35 des Bearbeitungszentrums 30₁ hin.

30

Die Verschiebebahn 36 ist so ausgestaltet, dass die Werkstücke 38₁, 38₂ während der Bearbeitung, insbesondere bei Kontakt des

in die betreffende Arbeitsspindel 24 eingespannten Werkzeugs mit dem zu bearbeitenden Werkstück 38, aufgrund einer Bewegung der Tischbaugruppe 35 bzw. des Spannsystems 37 entlang der x-Achse relativ zum Werkzeug bewegt werden kann. Aus diesem Grund ist es nicht notwendig, die Halterung 22 der Arbeitsspindeln 24 so am Querträger 18 zu befestigen, dass sie entlang der x-Achse verschiebbar ist. Die Halterung 22 und folglich die Arbeitsspindeln 24 sind daher nur entlang der y- und der z-Achse bewegbar, worin sich die Werkzeugmaschine 10 unter anderem von der Werkzeugmaschine 10P unterscheidet, die in den Figuren 1a und 1b gezeigt ist. Zudem können die Seitenwände 12, 14 in einem geringeren Abstand bezogen auf die x-Achse zueinander angeordnet werden, wodurch der Querträger 18 weniger stark auf Biegung belastet wird.

15

Das Bearbeitungszentrum 30₁ weist weiterhin einen Greifroboter 39 auf, der in den Rüstraum 40 hineingreifen und zu bearbeitende Werkstücke 38 auf das Spannsystem 37 auflegen und bearbeitete Werkstücke 38 vom Spannsystem 37 entnehmen kann. Die Spannmittel 28 können dabei so ausgestaltet sein, dass sie das Werkstück 38 nach dem Auflegen auf das Spannsystem 37 automatisch einspannen und vor dem Entnehmen automatisch freigeben.

Das Bearbeitungszentrum 30₁ umfasst eine Steuereinheit 43, mit welcher sämtliche Vorgänge innerhalb des Bearbeitungszentrums 30₁ gesteuert oder geregelt werden. Weiterhin ist die Steuereinheit 43 so ausgebildet, dass die Sollmaße für das erste und das zweite Werkstück 38₁, 38₂ zu der Steuereinheit 43 zugeführt werden können, beispielsweise über eine entsprechend ausgebildete Schnittstelle und/oder über eine Eingabeeinheit (nicht dargestellt).

30

Zum Bearbeiten eines Werkstücks 38 entnimmt der Greifroboter 39 dieses Werkstück 38 aus einem nicht dargestellten Regal und legt es auf das Spannsystem 37 auf, in den es mit den Spannmitteln 28 eingespannt wird. Die beiden eingespannten Werkstücke 38₁, 38₂ werden gleichzeitig mit den beiden Arbeitsspindeln 24₁, 24₂ auf dieselbe Weise bearbeitet, wobei die Anzahl der Arbeitsspindeln 24 und der gleichzeitig bearbeitbaren Werkstücke 38 nicht auf zwei begrenzt ist. Aus technischer Sicht lassen sich bis zu vier Arbeitsspindeln 24 in einer Werkzeugmaschine 10 beherrschen, so dass bis zu vier Werkstücke 38 gleichzeitig in Kontakt mit den Werkzeugen gebracht werden können.

Nachdem die Werkstücke 38₁, 38₂ in das Spannsystem 37 eingespannt worden sind, wird das Spannsystem 37 zusammen mit der Tischbaugruppe 35 mit nicht dargestellten Antriebsmitteln entlang der Verschiebebahn 36 und folglich entlang der x-Achse in den Bearbeitungsraum 32 bewegt. Nun werden die Arbeitsspindeln 24 in Rotation versetzt und so verfahren, dass sie in Kontakt mit den Werkstücken 38 treten und diese auf die gewünschte Weise unter Berücksichtigung der auf der Steuereinheit 43 hinterlegten Sollmaße bearbeiten. Für den Fall, dass es notwendig ist, die Werkstücke 38 während der Bearbeitung entlang der x-Achse zu verschieben, wird das Spannsystem 37 zusammen mit der Tischbaugruppe 35 entsprechend auf der Verschiebebahn 36 verschoben.

In der Steuereinheit 43 sind nicht nur die Sollmaße für die Werkstücke hinterlegt, sondern auch erste Korrekturdaten für das erste Werkstück 38₁ und zweite Korrekturdaten für das zweite Werkstück 38₂. Die Korrekturdaten können auf verschiedene Weisen erzeugt werden:

Das Bearbeitungszentrum weist eine Werkstück-
Vermessungseinrichtung 50 auf, welche an der Halterung 22 an-
geordnet ist und welche die Ist-Maße der bearbeiteten Werkstü-
cke 38₁, 38₂ ermittelt, beispielsweise mittels einer taktilen
5 Vermessung unter Verwendung von Tastnadeln, mit denen die
Werkstücke 38₁, 38₂ abgetastet werden, oder mittels einer be-
rührungslosen Vermessung unter Verwendung von Infrarotstrah-
lungen oder anderen geeigneten Strahlungen.

10 Alternativ oder kumulativ können die Korrekturdaten auch unter
Verwendung einer Spannsystem-Vermessungseinrichtung 52 erzeugt
werden, welche in den Figuren 3a) und 3b) schematisch darge-
stellt ist. Hierbei wird in jedes eingesetzte Spannsystem 37,
hier in ein erstes Spannsystem 37₁ und in ein zweites Spannsys-
15 tem 37₂, ein erstes und ein zweites Referenzwerkstück 38_{R1}, 38_{R2}
eingespannt und vor der eigentlichen Serienfertigung im Bear-
beitungszentrum 30₁ bearbeitet. Anschließend werden die Spann-
systeme 37 aus dem Bearbeitungszentrum 30₁ entnommen, die Refe-
renzwerkstücke mittels der Spannsystem-Vermessungseinrichtung
20 52 vermessen und ihre Ist-Maße ermittelt. Hieraus werden dann
die Korrekturdaten ermittelt, die in der Steuereinheit 43 hin-
terlegt werden.

Dieser Vorgang kann für jedes eingesetzte Spannsystem 37 mehr-
25 mals wiederholt werden, um möglichst repräsentative Korrektur-
daten erzeugen zu können. Hierdurch lassen sich systemische
oder geometrische Abweichungen ermitteln, die beispielsweise
dadurch hervorgerufen werden, dass die beiden Arbeitsspindeln
24₁, 24₂ nicht exakt gleich ausgerichtet sind und/oder dass die
30 Spannmittel 28 keine gleiche Einspannung der Werkstücke 38 be-
reitstellen.

Während die mit der Spannsystem-Vermessungseinrichtung 52 erzeugten Korrekturdaten für eine bestimmte Anzahl von Fertigungsdurchläufen unverändert bleibt, werden die Korrekturdaten, welche mit der Werkstück-Vermessungseinrichtung 50 nach jeder Bearbeitung eines gegebenen Werkstücks erneut bestimmt und fortlaufend in der Steuereinheit 43 hinterlegt.

Nach abgeschlossener Bearbeitung werden die Werkstücke 38₁, 38₂ auf folgende Weise nachbearbeitet: Eine der beiden Arbeitsspindeln 24₁, 24₂ wird als Nachbearbeitungsspindel ausgewählt. Im dargestellten Ausführungsbeispiel ist die erste Arbeitsspindel 24₁ als die Nachbearbeitungsspindel 24₁ ausgewählt worden. Mit dieser Nachbearbeitungsspindel 24₁ wird zunächst das erste Werkstück 38₁ unter Berücksichtigung der ersten Korrekturdaten und anschließend das zweite Werkstück 38₂ unter Berücksichtigung der zweiten Korrekturdaten nachbearbeitet. Die letztere Nachbearbeitung ist in Figur 2b) dargestellt. Die erste Arbeitsspindel 24₁ ist diejenige Arbeitsspindel, welche näher am Rüstraum 40 angeordnet ist. Da die Verschiebebahn 36 bis in den Rüstraum 40 reicht, kann die Tischbaugruppe 35 während der Nachbearbeitung über eine größere Distanz auf der bezogen auf die in Figur 2 gewählte Darstellung rechten Seite der Nachbearbeitungsspindel 24₁ verschoben werden als es der Fall wäre, wenn die zweite Arbeitsspindel 24₂ als Nachbearbeitungsspindel ausgewählt würde. Die Verschiebebahn 36 muss daher nicht über die zweite Seitenwand 14 hinaus verlängert werden.

In Figur 2b) wird das zweite Werkstück 38₂ mit der als Nachbearbeitungsspindel ausgewählten ersten Arbeitsspindel 24₁ unter Berücksichtigung der zweiten Korrekturdaten bearbeitet. Nicht explizit dargestellt ist die Nachbearbeitung des ersten Werkstücks 38₁ mit der ersten Arbeitsspindel 24₁ unter Verwendung

der ersten Korrekturdaten. In diesem Fall befindet sich das Bearbeitungszentrum 30₁ im Wesentlichen in derselben Position, die in Figur 2a) dargestellt ist.

5

Da die beiden Arbeitsspindeln 24₁, 24₂ mechanisch gekoppelt sind, wird die zweite Arbeitsspindel 24₂ auch mit den ersten Korrekturdaten beaufschlagt. In diesem Fall kann es dazu kommen, dass das zweite Werkstück 38₂ von der zweiten Arbeitsspindel 24₂ mit den ersten Korrekturdaten nachbearbeitet wird, was nicht zielführend ist. Um dies zu verhindern, wird das Werkzeug der zweiten Arbeitsspindel 24₂ während der Nachbearbeitung entnommen und ein Schutzkörper 48 eingesetzt, welcher nicht in Kontakt mit den Werkstücken kommen kann.

15

Sobald die Bearbeitung und die Nachbearbeitung abgeschlossen sind, wird die Tischbaugruppe 35 mit dem Spannsystem 37 entlang der Verschiebebahn 36 und folglich entlang der x-Achse vom Bearbeitungsraum 32 in den Rüstraum 40 verschoben, wo die Spannmittel 28 die bearbeiteten Werkstücke 38 freigeben, so dass der Greifroboter 39 die bearbeiteten Werkstücke 38 vom Spannsystem 37 entnehmen und zu bearbeitende Werkstücke auf das Spannsystem 37 auflegen kann.

25

In Figur 4a) ist ein zweites Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen Bearbeitungszentrums 30₂ anhand einer prinzipiellen Draufsicht während der Bearbeitung und in Figur 4b) während der Nachbearbeitung gezeigt, wobei das Bearbeitungszentrum 30₂ weitgehend ähnlich zu dem ersten Ausführungsbeispiel aufgebaut ist. Allerdings weist das Bearbeitungszentrum 30₂ nach dem zweiten Ausführungsbeispiel eine Zuführ- und Entnahmeeinrichtung 42 auf, mit welcher ein Spannsystem 37 von der

30

Verschiebebahn 36 entnommen und dieser wieder zugeführt werden kann.

5 Zwischen der Tischbaugruppe 35 und dem Spannsystem 37 ist eine
Palette 41 angeordnet, welche fest mit dem Spannsystem 37 ver-
bunden und beispielsweise über normierte Schnittstellen lösbar
mit der Tischbaugruppe 35 verbindbar ist. Folglich ist es mög-
lich, unterschiedlich ausgebildete Spannsysteme 37 über die
10 Palette 41 mit der Tischbaugruppe 35 zu verbinden und wieder
zu lösen.

Das Bearbeitungszentrum 30₂ umfasst mindestens zwei Paletten
41, aber nur eine Tischbaugruppe 35. In das Spannsystem 37,
welches nicht über die Palette 41 mit der Tischbaugruppe 35
15 verbunden ist, kann ein zu bearbeitendes Werkstück 38 unter
Verwendung des Greifroboters 39 eingespannt werden, während
ein weiteres Werkstück 38, welches in das über die Palette 41
mit der Tischbaugruppe 35 verbundene Spannsystem 37 einge-
spannt ist, bearbeitet werden kann. Es ist folglich ein haupt-
20 zeitparalleles Rüsten möglich, so dass im Bearbeitungszentrum
30₂ gleichzeitig bearbeitet und gerüstet werden kann.

Die Zuführ- und Entnahmeeinrichtung 42 ist zwischen der Ver-
schiebebahn 36 und dem Greifroboter 39 im Rüstraum 40 angeord-
25 net. Die Zuführ- und Entnahmeeinrichtung 42 ist im dargestell-
ten Ausführungsbeispiel als eine Hub- und Dreheinrichtung 44
dargestellt, welche einen Trägerbalken 46 umfasst, der um eine
zentrisch angeordnete, entlang der z-Achse verlaufende Dreh-
achse drehbar gelagert ist. An seinen freien Enden weist der
30 Trägerbalken 46 jeweils einen nicht dargestellten Greifab-
schnitt auf, mit welchen die Palette 41 erfasst, angehoben und
von der Tischbaugruppe 35 entnommen, um 180° gedreht und wie-
der abgelegt werden kann. Daher kann die Zuführ- und Entnahme-

einrichtung 42 auch als Palettenwechsler bezeichnet werden. Die Palette 41 wird folglich erst dann benötigt, wenn die Zuführ- und Entnahmeeinrichtung 42 eingesetzt wird. Im in den Figuren 2a) und 2b) gezeigten ersten Ausführungsbeispiel 30₁ ist folglich keine Palette 41 vorgesehen.

In Figur 4b) ist das Bearbeitungszentrum 30₂ während der Nachbearbeitung des ersten Werkstücks 38₁ dargestellt. Wie auch in Figur 2b) dargestellt, ist die erste Arbeitsspindel 24₁ als die Nachbearbeitungsspindel ausgewählt worden. Das erste Werkstück 38₁ wird von der ersten Nachbearbeitungsspindel unter Verwendung der ersten Korrekturdaten nachbearbeitet. Man erkennt in Figur 4b), dass es während der Nachbearbeitung des ersten Werkstücks 38₁ mit der ersten Arbeitsspindel 24₁ zu einem Kontakt zwischen dem zweiten Werkstück 38₂ und der zweiten Arbeitsspindel 24₂ kommen kann, wie es bei der vorangegangenen Bearbeitung der Fall und gewollt ist. In diesem Fall würde aber das zweite Werkstück 38₂ mit den ersten Korrekturdaten nachbearbeitet, was im dargestellten Beispiel dadurch verhindert wird, dass das Werkzeug aus der zweiten Arbeitsspindel 24₂ entnommen und der Schutzkörper 48 eingesetzt wird. Denkbar wäre auch, die Tischbaugruppe 35 zweigeteilt auszugestalten und während der Nachbearbeitung zu trennen, wobei auf jeder Hälfte jeweils ein Werkstück 38 angeordnet ist. Bezogen auf den in Figur 4b) dargestellten Fall kann beispielsweise die Hälfte, auf welcher sich das zweite Werkstück 38₂ befindet, nach rechts in eine Position verschoben werden, in welche es für die zweite Arbeitsspindel 24₂ nicht erreichbar ist. Auch könnte die Tischbaugruppe 35 drehbar gelagert sein und während der Nachbearbeitung um 90 oder 180° gedreht werden, so dass das zweite Werkstück 38₂ nicht von der zweiten Arbeitsspindel 24₂ erreichbar ist.

Anzumerken ist, dass das zweite Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen Bearbeitungszentrums 30₂ keine Werkstück-Vermessungseinrichtung 50 aufweist. Folglich wird die Nachbearbeitung unter Verwendung der mit der in den Figuren 3a) und 5 3b) dargestellten Spannsystem-Vermessungseinrichtung 52 erzeugten Korrekturdaten durchgeführt, ohne dass die Werkstücke 38 nach der Bearbeitung vermessen werden.

Bezugszeichenliste

	10	Werkzeugmaschine
	10P	bekannte Werkzeugmaschine
5	12	erste Seitenwand
	14	zweite Seitenwand
	16	erstes Führungsschienenpaar
	18	Querträger
	20	zweites Führungsschienenpaar
10	22	Halterung
	24 ₁ , 24 ₂	Arbeitsspindel
	26	Werkstücktisch
	28	Spannmittel
	30, 30 ₁ , 30 ₂	Bearbeitungszentrum
15	32	Bearbeitungsraum
	34	Maschinenbett
	35	Tischbaugruppe
	36	Verschiebebahn
	37	Spannsystem
20	38, 38 ₁ , 38 ₂	Werkstück
	38R, 38 _{R1} , 38 _{R2}	Referenzwerkstück
	39	Greifroboter
	40	Rüstraum
	41	Palette
25	42	Zuführ- und Entnahmeeinrichtung
	43	Steuereinheit
	44	Hub- und Dreheinrichtung
	46	Trägerbalken
	48	Schutzkörper
30	50	Werkstück-Vermessungseinrichtung
	52	Spannmittel-Vermessungseinrichtung

Ansprüche

1. Verfahren zum Bearbeiten von Werkstücken mit einem Bearbeitungszentrum (30), wobei das Bearbeitungszentrum (30) aufweist
- eine Steuereinheit (43) zum Steuern oder Regeln des Bearbeitungszentrums (30),
 - zumindest einen Bearbeitungsraum (32), in welchem eine Werkzeugmaschine (10) mit einer ersten Arbeitsspindel (24₁) zum Bearbeiten eines ersten Werkstücks (38₁) und einer zweiten Arbeitsspindel (24₂) zum spanenden Bearbeiten eines zweiten Werkstücks (38₂) angeordnet ist,
 - mindestens ein Spannsystem (37), welches Spannmittel (28) aufweist, mit denen zumindest das erste und das zweite Werkstück (38₁, 38₂) zum Bearbeiten in das Spannsystem (37) einspannbar ist, und
 - eine zumindest innerhalb des Bearbeitungsraums (32) linear verlaufende Verschiebebahn (36), entlang welcher das mindestens eine Spannsystem (37) verschiebbar angeordnet ist, und das Verfahren folgende Schritte umfasst:
 - Zuführen von Sollmaßen für das erste und das zweite Werkstück (38₁) zu der Steuereinheit (43),
 - Erzeugen von ersten Korrekturdaten für das erste Werkstück (38₁) und von zweiten Korrekturdaten für das zweite Werkstück (38₂) und Zuführen der Korrekturdaten zu der Steuereinheit (43),
 - Einspannen des ersten Werkstücks (38₁) und des zweiten Werkstücks (38₂) in das Spannsystem (37) mittels der Spannmittel (28),
 - zeitgleiches Bearbeiten des ersten Werkstücks (38₁) mit der ersten Arbeitsspindel (24₁) und des zweiten Werkstücks (38₂) mit der zweiten Arbeitsspindel (24₂) unter Berücksichtigung der Sollmaße,

- Bestimmen der ersten Arbeitsspindel (24₁) oder der zweiten Arbeitsspindel (24₂) als Nachbearbeitungsspindel unter Verwendung der Steuereinheit (43),
- Nachbearbeiten des ersten Werkstücks (38₁) mit der Nachbearbeitungsspindel unter Berücksichtigung der ersten Korrekturdaten und
- anschließendes Nachbearbeiten des zweiten Werkstücks (38₂) mit der Nachbearbeitungsspindel unter Berücksichtigung der zweiten Korrekturdaten, wobei
- das erste Werkstück (38₁) und das zweite Werkstück (38₂) während der Bearbeitung und während der Nachbearbeitung mittels des Spannsystems (37) auf der Verschiebebahn (36) relativ zur ersten und der zweiten Arbeitsspindel (24₁, 24₂) verschoben werden.

15

2. Verfahren nach Anspruch 1,

gekennzeichnet durch folgenden Schritt:

- Erzeugen der ersten Korrekturdaten anhand einer Bearbeitung eines ersten Referenzwerkstücks (38_{R1}) und der zweiten Korrekturdaten anhand einer Bearbeitung eines zweiten Referenzwerkstücks (38_{R2}) für jedes eingesetzte Spannsystem (37) mittels einer Spannmittel-Vermessungseinrichtung (52).

20

25 3. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 2,

gekennzeichnet durch folgende Schritte:

- Erzeugen der ersten Korrekturdaten anhand einer Bestimmung der Ist-Maße des bearbeiteten ersten Werkstücks (38₁) und Erzeugen der zweiten Korrekturdaten anhand einer Bestimmung der Ist-Maße des bearbeiteten zweiten Werkstücks (38₂) mittels einer Werkstück-Vermessungseinrichtung (52).

30

4. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche,
gekennzeichnet durch folgenden Schritt:
- Einrichten des Bearbeitungszentrums (30) derart, dass das Werkzeug derjenigen Arbeitsspindel (24), welche nicht als die Nachbearbeitungsspindel bestimmt wurde, beim Nachbearbeiten nicht mit den Werkstücken in Kontakt tritt.
- 5
5. Verfahren nach Anspruch 4,
gekennzeichnet durch folgende Schritte:
- Entnehmen desjenigen Werkzeugs aus derjenigen Arbeitsspindel (24), welche nicht als die Nachbearbeitungsspindel bestimmt wurde.
- 10
6. Verfahren nach Anspruch 5,
gekennzeichnet durch folgenden Schritt:
- Einsetzen eines Schutzkörpers (48) in diejenige Arbeitsspindel (24), welche nicht als die Nachbearbeitungsspindel bestimmt wurde.
- 15
7. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass das Bearbeitungszentrum (30) einen Rüstraum (40) umfasst und die Verschiebebahn (36) vom Rüstraum (40) in den Bearbeitungsraum (32) verläuft, und das Verfahren folgende Schritte aufweist,
- Einspannen des ersten und des zweiten zu bearbeitenden Werkstücks (38₁, 38₂) in das mindestens eine Spannsystem (37) im Rüstraum (40) und Verschieben des Spannsystems (37) vom Rüstraum (40) in den Bearbeitungsraum (32), und
 - Verschieben des Spannsystems (37) vom Bearbeitungsraum (32) in den Rüstraum (40), und Entnehmen des bearbeiteten ersten und zweiten Werkstücks (38₁, 38₂) aus dem Spannsystem (37).
- 20
- 25
- 30

8. Verfahren nach Anspruch 6,
dadurch gekennzeichnet, dass das Bearbeitungszentrum (30)
einen im Rüstraum (40) angeordneten Greifroboter (39) um-
fasst und das Verfahren folgende Schritte aufweist:
- 5 - Auflegen des ersten und des zweiten zu bearbeitenden
Werkstücks (38₁, 38₂) auf das Spannsystem (37), und
- Entnehmen des bearbeiteten ersten und zweiten Werkstücks
(38₁, 38₂) vom Spannsystem (37) mittels des Greifrobo-
ters (39).

10

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 6 und 7,
dadurch gekennzeichnet, dass das Bearbeitungszentrum (30)
eine im Rüstraum (40) Zuführ- und Entnahmeeinrichtung (42)
umfasst und das Verfahren folgende Schritte aufweist:
- 15 - Zuführen des Spannsystems (37) zur Verschiebebahn (36)
und
- Entnehmen des Spannsystems (37) von der Verschiebebahn
(36) mittels der Zuführ- und Entnahmeeinrichtung (42).

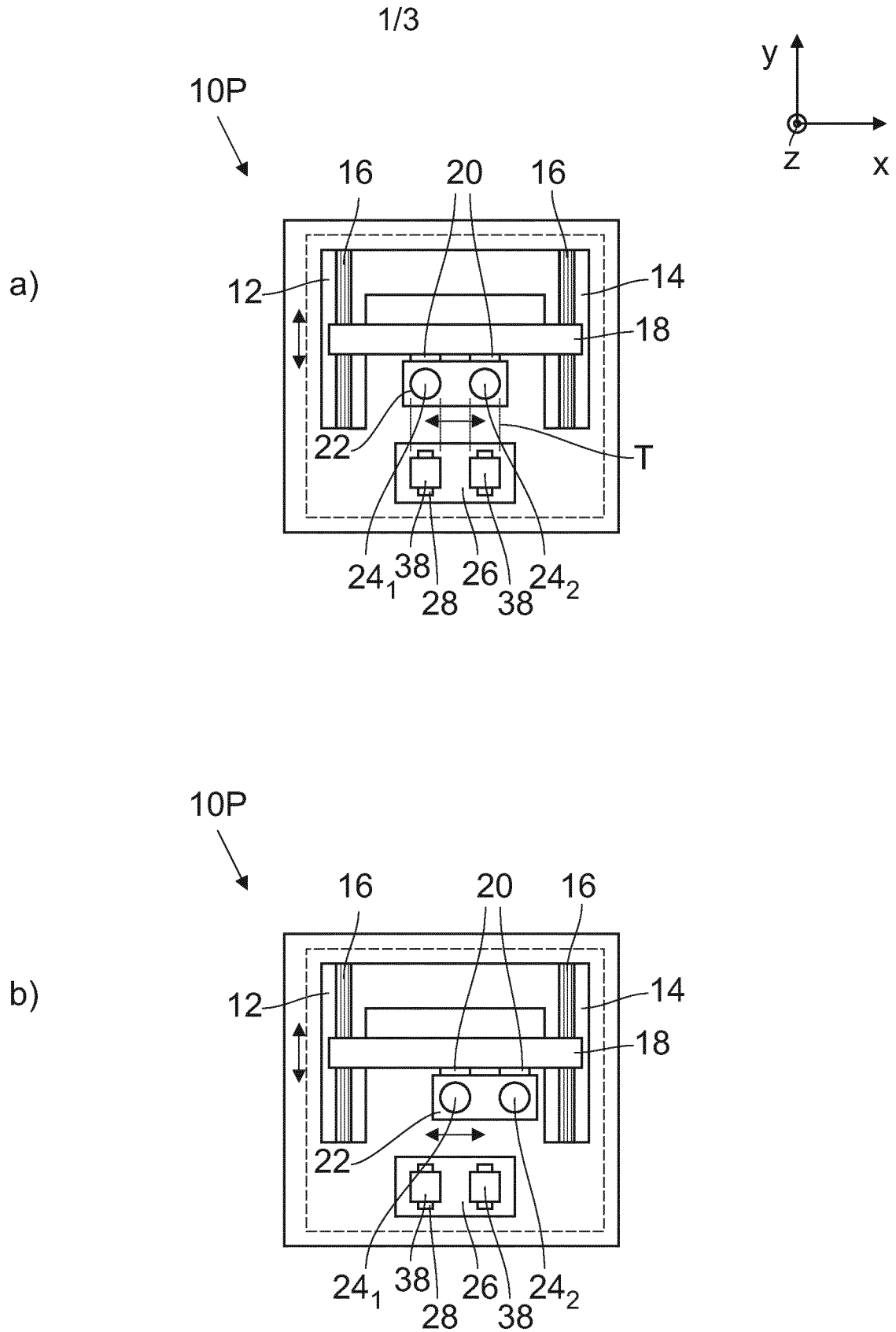


Fig.1

2/3

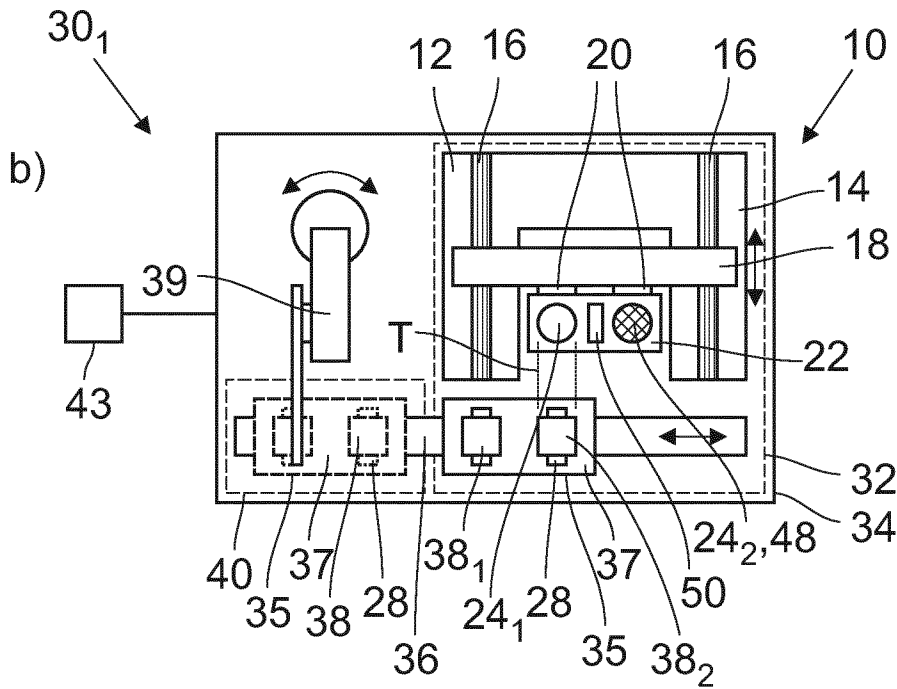
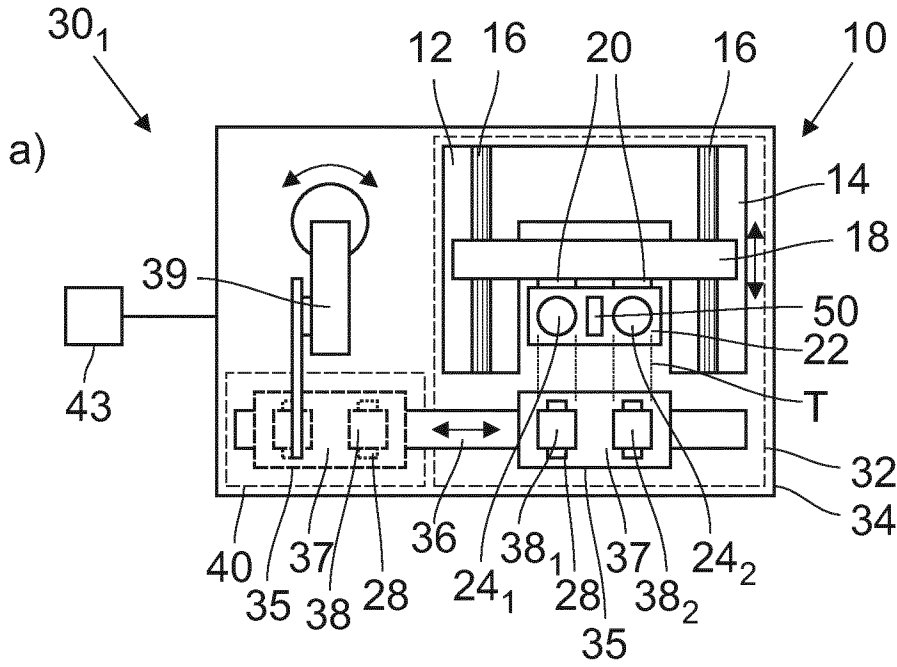
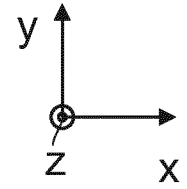
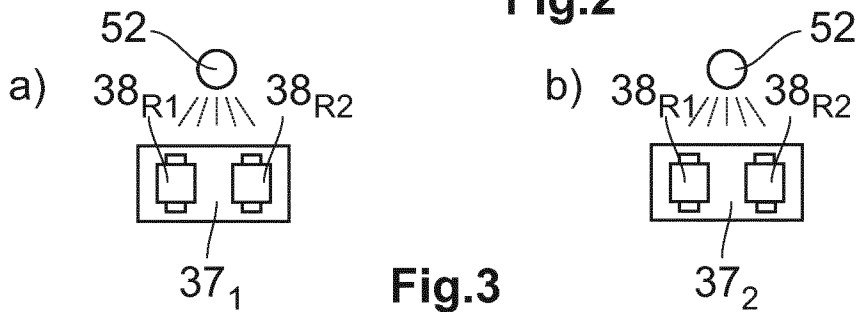


Fig.2



3/3

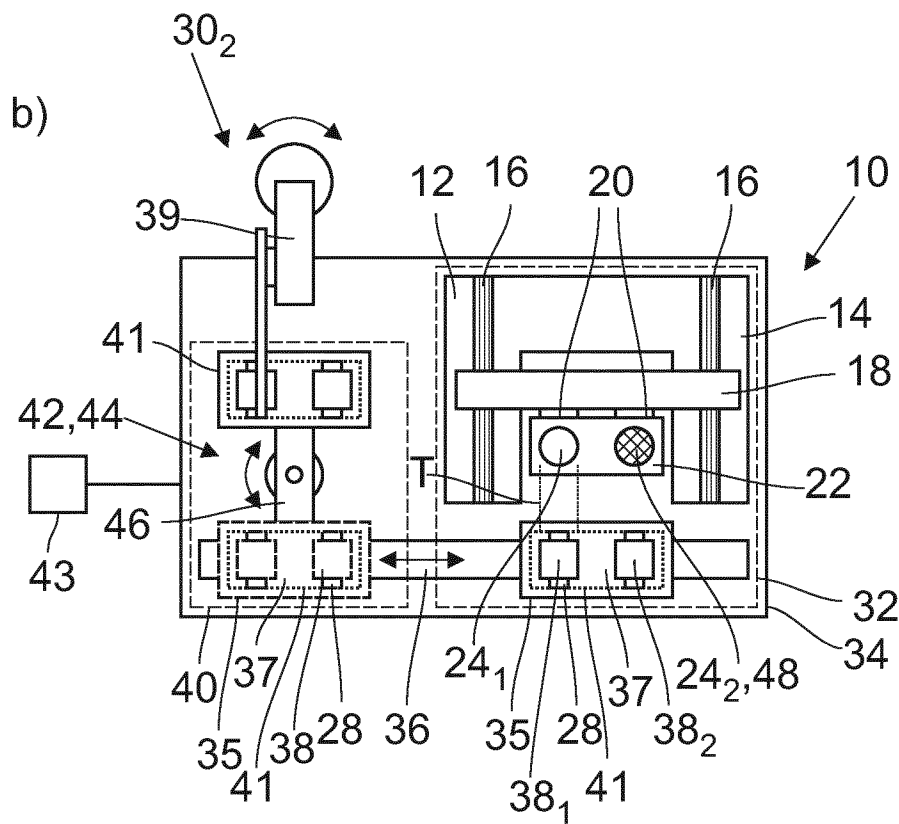
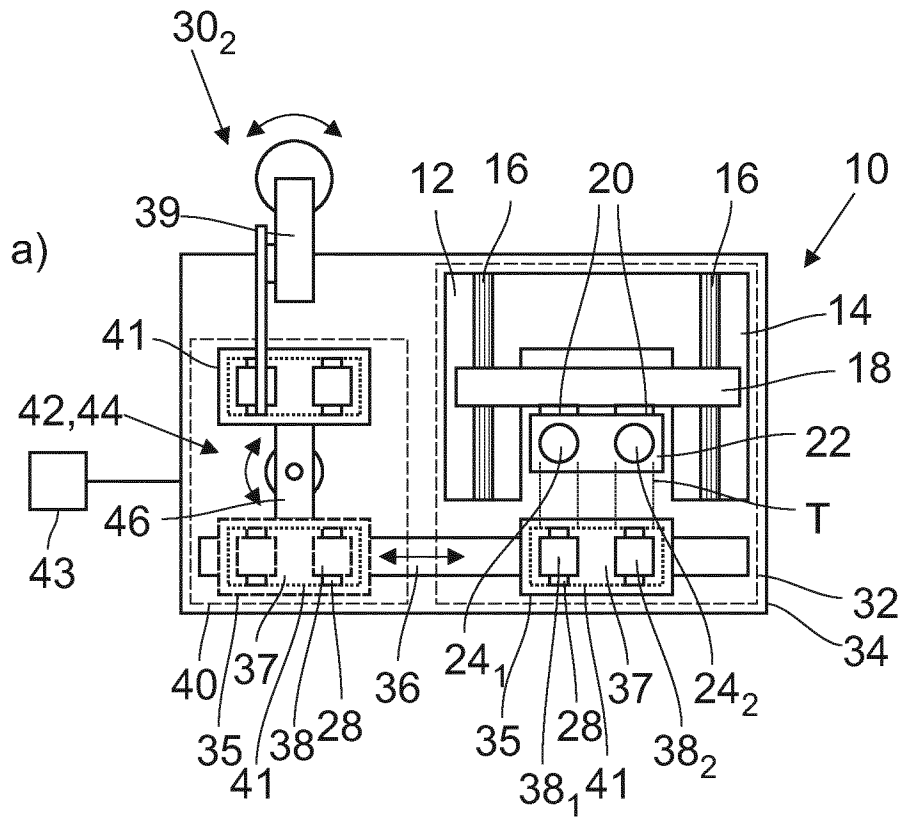
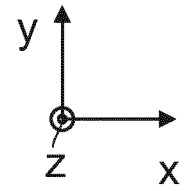


Fig.4

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2018/056331

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. G05B19/404 G05B19/401 B23Q15/24
ADD.
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)
G05B B23Q

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

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)
EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	DE 10 2004 058891 A1 (TFD TEILEFERTIGUNG DRESDEN GMB [DE]) 1 June 2006 (2006-06-01) cited in the application the whole document	1-9
Y	EP 0 431 572 A2 (MITSUBISHI ELECTRIC CORP [JP]; KAKINO YOSHIAKI [JP]; YASUDA KOGYO K K) 12 June 1991 (1991-06-12) page 1, line 40 - page 8, line 26	1-6
Y	DE 199 58 616 A1 (FRAUNHOFER GES FORSCHUNG [DE]) 13 June 2001 (2001-06-13) line 48 - column 3, line 38	1-6
Y	EP 2 394 779 A1 (HERMLE BERTHOLD MASCHF AG [DE]) 14 December 2011 (2011-12-14) paragraph [0003] - paragraph [0044]	7-9

Further documents are listed in the continuation of Box C.

See patent family 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 application or patent 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
19 July 2018

Date of mailing of the international search report
30/07/2018

Name and mailing address of the ISA/
European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer
Patsiopoulos, N

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2018/056331

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
DE 102004058891 A1	01-06-2006	NONE	

EP 0431572 A2	12-06-1991	DE 69022549 D1	26-10-1995
		DE 69022549 T2	15-05-1996
		EP 0431572 A2	12-06-1991
		HK 1003801 A1	06-11-1998
		JP H03176703 A	31-07-1991
		US 5117169 A	26-05-1992

DE 19958616 A1	13-06-2001	NONE	

EP 2394779 A1	14-12-2011	DE 102010023276 A1	15-12-2011
		EP 2394779 A1	14-12-2011

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES INV. G05B19/404 G05B19/401 B23Q15/24 ADD.		
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC		
B. RECHERCHIERTE GEBIETE		
Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole) G05B B23Q		
Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen		
Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe) EPO-Internal, WPI Data		
C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
Y	DE 10 2004 058891 A1 (TFD TEILEFERTIGUNG DRESDEN GMB [DE]) 1. Juni 2006 (2006-06-01) in der Anmeldung erwähnt das ganze Dokument -----	1-9
Y	EP 0 431 572 A2 (MITSUBISHI ELECTRIC CORP [JP]; KAKINO YOSHIAKI [JP]; YASUDA KOGYO K K) 12. Juni 1991 (1991-06-12) Seite 1, Zeile 40 - Seite 8, Zeile 26 -----	1-6
Y	DE 199 58 616 A1 (FRAUNHOFER GES FORSCHUNG [DE]) 13. Juni 2001 (2001-06-13) Zeile 48 - Spalte 3, Zeile 38 -----	1-6
Y	EP 2 394 779 A1 (HERMLE BERTHOLD MASCHF AG [DE]) 14. Dezember 2011 (2011-12-14) Absatz [0003] - Absatz [0044] -----	7-9
<input type="checkbox"/> Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen <input checked="" type="checkbox"/> 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" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. 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 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		Absenddatum des internationalen Recherchenberichts
19. Juli 2018		30/07/2018
Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016		Bevollmächtigter Bediensteter Patsiopoulos, N

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2018/056331

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 102004058891 A1	01-06-2006	KEINE	

EP 0431572 A2	12-06-1991	DE 69022549 D1	26-10-1995
		DE 69022549 T2	15-05-1996
		EP 0431572 A2	12-06-1991
		HK 1003801 A1	06-11-1998
		JP H03176703 A	31-07-1991
		US 5117169 A	26-05-1992

DE 19958616 A1	13-06-2001	KEINE	

EP 2394779 A1	14-12-2011	DE 102010023276 A1	15-12-2011
		EP 2394779 A1	14-12-2011
