



(10) **DE 10 2019 124 660 B3** 2021.01.28

(12) **Patentschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2019 124 660.1**
(22) Anmeldetag: **13.09.2019**
(43) Offenlegungstag: –
(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **28.01.2021**

(51) Int Cl.: **B24B 35/00 (2006.01)**
B24B 41/00 (2006.01)
B23P 23/00 (2006.01)

Innerhalb von neun Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

(73) Patentinhaber:
**Supfina Grieshaber GmbH & Co. KG, 77709
Wolfach, DE**

**Fischerbach, DE; Müller, Markus, 77709
Oberwolfach, DE; Stephan, Marcus, 77716
Fischerbach, DE; Hauer, Andreas, 77773
Schenkenzell, DE**

(74) Vertreter:
**DREISS Patentanwälte PartG mbB, 70174
Stuttgart, DE**

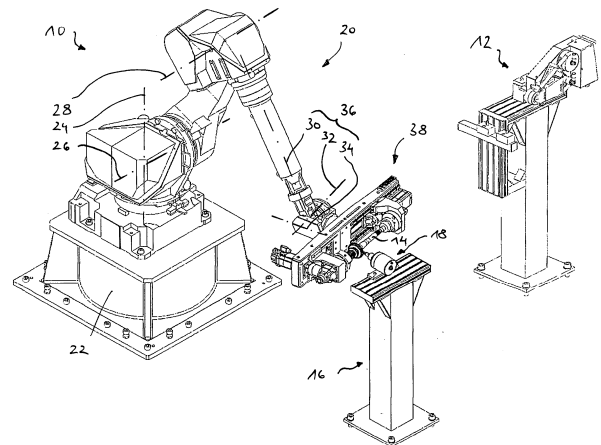
(56) Ermittelter Stand der Technik:

(72) Erfinder:
**Wöhrle, Michael, 77793 Gutach, DE; Richber,
Karl-Heinz, 77709 Wolfach, DE; Hildebrandt,
Oliver, 78132 Hornberg, DE; Seger, Martin,
77709 Wolfach, DE; Springmann, Peter, 77716**

DE	10 2009 036 290	A1
DE	10 2011 081 918	A1
DE	10 2017 108 426	A1
US	2014 / 0 113 525	A1
US	2019 / 0 262 967	A1
CN	206 567 957	U

(54) Bezeichnung: **Finishbearbeitungssystem und Verfahren zum Betrieb eines Finishbearbeitungssystems**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Finishbearbeitungssystem (10), mit mindestens einer Arbeitsstation (12, 16) zur Bearbeitung eines Werkstücks (14), wobei zumindest eine Arbeitsstation als Finishstation ausgebildet ist, in welcher ein Werkstück mittels eines Finishwerkzeugs finishend bearbeitbar ist, mit einem Robotersystem (20), das ein mehrachsiges Antriebssystem (36) aufweist zur programmierbaren Vorgabe einer Position eines mit mindestens einer Arbeitsstation interagierenden Effektors und/oder des in mindestens einer Arbeitsstation zu bearbeitenden Werkstücks. Die Erfindung betrifft ferner Verfahren zum Betrieb eines Finishbearbeitungssystems.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Finishbearbeitungssystem gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1 mit mindestens einer Arbeitsstation zur Bearbeitung eines Werkstücks, wobei zumindest eine Arbeitsstation als Finishstation ausgebildet ist, in welcher ein Werkstück mittels eines Finishwerkzeugs finishend bearbeitbar ist. Des Weiteren betrifft die Erfindung ein Verfahren zum Betrieb eines Finishbearbeitungssystems gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 12 sowie ein Verfahren zum Betrieb eines Finishbearbeitungssystems gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 14.

[0002] Finishbearbeitungssysteme der vorstehend genannten Art sind beispielsweise aus der DE 10 2011 081 918 A1 bekannt, welche drei im Materialfluss einer Nockenwelle hintereinander angeordnete Arbeitsstationen vorschlägt, wobei eine erste Arbeitsstation als Schleifmaschine, eine zweite Arbeitsstation als Finishmaschine und eine dritte Arbeitsstation als Waschanlage ausgebildet ist. Derartige Finishbearbeitungssysteme sind vornehmlich auf die Bedürfnisse einer Großserienherstellung ausgelegt, wobei die Systembestandteile einen hohen Spezialisierungsgrad haben, sodass sich niedrige Taktzeiten realisieren lassen, obwohl mit einer Finishbearbeitung einhergehende Fertigungstoleranzen typischerweise im Bereich von nur bis maximal ca. 2 oder 3 Mikrometer betragen dürfen.

[0003] Aus der DE 10 2009 036 290 A1 ist ein Finishbearbeitungssystem mit den Merkmalen des Oberbegriffs des Patentanspruchs 1 bekannt.

[0004] Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Finishbearbeitungssystem zu schaffen, mit welchem eine Finishbearbeitung eines Werkstücks auch in einer Klein- oder Kleinstserienherstellung wirtschaftlich darstellbar ist.

[0005] Diese Aufgabe wird bei einem Finishbearbeitungssystem mit den Merkmalen des Oberbegriffs des Patentanspruchs 1 gelöst durch die kennzeichnenden Merkmale des Patentanspruchs 1. Die Aufgabe wird auch gelöst durch ein Verfahren gemäß den Merkmalen des Patentanspruchs 12. Des Weiteren wird die Aufgabe auch gelöst durch ein Verfahren gemäß den Merkmalen des Patentanspruchs 14.

[0006] Das mehrachsige Antriebssystem des Robotiksystems ermöglicht es, einen Wirkungsbereich des mehrachsigen Antriebssystems frei positionieren zu können. Somit kann die Position und vorzugsweise auch die Lage eines Effektors und/oder eines Werkstücks vorgegeben werden. Das mehrachsige Antriebssystem weist vorzugsweise mindestens so viele voneinander unabhängige Antriebsachsen auf, dass innerhalb einer Ebene zumindest innerhalb der

Reichweite des Robotiksystems sämtliche Positionen erreichbar sind. Vorzugsweise sind so viele Antriebsachsen vorgesehen, dass innerhalb eines dreidimensionalen Raums zumindest innerhalb der Reichweite des Robotiksystems sämtliche Positionen erreichbar sind. Bei den Antriebsachsen kann es sich beispielsweise um Drehachse und/oder Linearachsen handeln. Ein bevorzugtes Beispiel für ein Robotiksystem ist ein 6-Achs-Gelenkroboter.

[0007] Es ist möglich, dass das Robotiksystem stationär ist und ein unbewegbares Gestell aufweist, das beispielsweise an einer Aufstellfläche verankert ist, wodurch eine feste Referenzposition des Robotiksystems vorgebar ist. Es ist auch möglich, dass das Robotiksystem relativ zu einer Aufstellfläche verfahrbar ist, beispielsweise entlang vorgegebener Raumachsen oder aber innerhalb eines dem Robotiksystem zugewiesenen Flächenbereichs.

[0008] Das mehrachsige Antriebssystem ist programmierbar, sodass es für unterschiedliche Aufgaben verwendbar ist, insbesondere auch für Aufgaben im Zusammenhang mit der Bearbeitung von Werkstücken in Klein- oder Kleinstserien.

[0009] Vorzugsweise sind mindestens zwei räumlich voneinander getrennte Arbeitsstationen vorgesehen. Eine räumliche Trennung der Arbeitsstationen ermöglicht es im Zusammenspiel mit dem Robotiksystem, dass das Robotiksystem mit einer der Arbeitsstationen über eine bestimmte Zeitdauer hinweg zusammenwirken kann. Während dieser Zeitdauer sind die anderen Arbeitsstationen des Finishbearbeitungssystems unbeeinflusst von dem Robotiksystem zugänglich, was es prinzipiell ermöglicht, - gegebenenfalls auch manuell - Arbeiten oder Tätigkeiten an den anderen Arbeitsstationen durchführen zu können. Somit sind die einzelnen Arbeitsstationen flexibel und einfach nutzbar, anders als bei einer Großserienproduktion, bei welcher angestrebt wird, dass sämtliche Arbeitsstationen ständig aktiv sind.

[0010] Im Rahmen eines vorteilhaften Aspekts des Finishbearbeitungssystems ist es möglich, dass das mehrachsige Antriebssystem die Position, vorzugsweise auch die Lage, eines mit mindestens einer Arbeitsstation, vorzugsweise mit mehreren Arbeitsstationen interagierenden Effektors vorgibt. Hierbei kann es sich beispielsweise um einen Manipulator zum Austausch und/oder zur Ein- oder Nachstellung und/oder zur Wartung eines Werkzeugs, eines Finishwerkzeugs, einer Werkzeugaufnahme oder einer Werkstückaufnahme einer Arbeitsstation handeln. Solche Aufgaben eignen sich insbesondere für nichtproduktive Zeiträume einer Arbeitsstation. Zur Unterstützung vorstehend und nachstehend genannter Manipulationsaufgaben ist es bevorzugt, dass das Robotiksystem einen Rüstspeicher zum Vorhalten von in mindestens einer Arbeitsstation verwendbaren

Werkzeugen, Werkzeugaufnahmen und/oder Werkstückaufnahmen oder Teilen davon aufweist.

[0011] Beispielsweise können an der Finishstation folgende Manipulationsaufgaben im Zusammenhang mit einer an der Finishstation angeordneten Werkstückaufnahme durchgeführt werden: Werkstückaufnahme rüsten, insbesondere Werkstücktreiber tauschen, Segmenttreiberelemente lösen, verschieben, tauschen und/oder klemmen, Zentrierrollen einstellen, Anschläge einstellen, Spannzange / Spannbacken / Zentrierspitzen / Mitnehmer tauschen.

[0012] Beispielsweise können an der Finishstation folgende Manipulationsaufgaben im Zusammenhang mit der Anordnung eines als Finishstein ausgebildeten Finishwerkzeugs an der Finishstation durchgeführt werden: Verschieben / Nachstellen des Finishsteins: Steinklemmung wird gelöst, Stein nachgeschoben und wieder geklemmt; Wechsel des Finishsteins: Steinklemmung wird gelöst, verbrauchter Stein entnommen, neuer Stein eingesetzt und wieder geklemmt; Tausch des Werkzeughalters mit Finishstein: der Werkzeughalter wird gemeinsam mit dem daran gehaltenen, verbrauchten Finishstein entfernt und durch einen Werkzeughalter mit einem daran gehaltenen, neuen Finishstein ersetzt.

[0013] Es ist auch möglich, dass der Effektor eine Erfassungseinrichtung zur Erfassung eines Istzustands eines zu bearbeitenden Werkstücks und/oder eines bearbeitenden Werkstücks und/oder eines Werkzeugs oder eines Finishwerkzeugs aufweist oder ist. Somit ist es möglich, dass das Robotiksystem Qualitätskontrollaufgaben übernimmt, beispielsweise die Vermessung einer Werkstückgeometrie oder einer Oberfläche des Werkstücks oder eines Abnutzungszustands eines Werkzeugs.

[0014] Die Verwendung eines Effektors mit oder in Form eines Manipulators oder mit einer oder in Form einer Erfassungseinrichtung ermöglicht es außerdem, den Personaleinsatz bei der Finishbearbeitung von Werkstücken zu reduzieren.

[0015] Es ist auch möglich, dass der Effektor das Finishwerkzeug oder ein anderes Werkzeug aufweist oder ist. Das Finishwerkzeug ist in der Arbeitsstation einsetzbar, die als Finishstation ausgebildet ist. Das andere Werkzeug ist vorzugsweise in einer von der Finishstation abweichenden Arbeitsstation einsetzbar.

[0016] Bei dem Finishwerkzeug kann es sich beispielsweise um einen Finishstein oder um ein Finishband handeln. Bevorzugt ist es, dass das Finishwerkzeug an einer Finisheinheit gehalten ist, sodass das mehrachsige Antriebssystem auch zur programmierbaren Vorgabe einer Position (und vorzugsweise auch der Lage) weiterer Finisheinrichtungen

dient, bei denen es sich beispielsweise um einen Vorrat für Finishband, um eine Antrieb für den Vorschub eines Finishbands und/oder einen Antrieb zur Erzeugung einer Oszillationsbewegung des Finishwerkzeugs handeln kann.

[0017] Gemäß einem vorteilhaften Aspekt des Finishbearbeitungssystems ermöglicht das mehrachsige Antriebssystem eine programmierbare Vorgabe einer Position, vorzugsweise auch der Lage, des in den Arbeitsstationen zu bearbeitenden Werkstücks. In vorteilhafter Weise handelt es sich dabei um ein Werkstück einer Klein- oder Kleinstserie. Die mehrachsige Programmierbarkeit der Position (und optional der Lage) des Werkstücks erfordert gegebenenfalls eine geringfügig erhöhte Nebenzeit, innerhalb welcher das Werkstück von einer Arbeitsstation zur nächsten Arbeitsstation überführt wird. Diese Erhöhung der Nebenzeit wird bewusst in Kauf genommen und bezieht sich auf einen Vergleich zu konventionellen, einachsigen Transporteinrichtungen, welche in der Großserienfertigung eingesetzt werden. Diese stellen eine schnelle, jedoch nicht flexible Transportmöglichkeit für eine Vielzahl von Werkstücken bereit, beispielsweise durch Verwendung von Transportbändern oder Drehtischen.

[0018] Zur Unterstützung etwaiger Werkstücktransportaufgaben ist es möglich, dass das Robotiksystem einen Werkstückspeicher zum Vorhalten von in mindestens einer Arbeitsstation zu bearbeitenden Werkstücken aufweist.

[0019] Nachfolgend werden weitere, besonders bevorzugte Ausgestaltungen des Finishbearbeitungssystems erläutert. Beispielsweise ist es bevorzugt, dass zumindest eine Arbeitsstation als Entgratungsstation ausgebildet ist, wobei ein Entgratungswerkzeug an der Arbeitsstation oder in dem Wirkbereich des mehrachsigen Antriebssystems gelagert sein kann.

[0020] Zur Vereinfachung der Handhabung des zumindest in der Finishstation finishend zu bearbeitenden Werkstücks wird vorgeschlagen, dass das Robotiksystem eine Aufnahmeeinrichtung zur Aufnahme des finishend zu bearbeitenden Werkstücks aufweist. Diese Aufnahmeeinrichtung ist mit dem Wirkbereich des mehrachsigen Antriebssystems verbunden, sodass die Position und vorzugsweise auch die Lage der Aufnahmeeinrichtung und eines in der Aufnahmeeinrichtung aufgenommenen Werkstücks mittels des mehrachsigen Antriebssystems vorgebar ist.

[0021] Bei der Aufnahmeeinrichtung kann es sich beispielsweise um einen Träger handeln, der mit einem Spindelstock und einem Reitstock versehen ist, sodass beispielsweise ein Werkstück in Form einer Kurbelwelle, einer Nockenwelle oder einer Getriebe-

welle um eine Werkstückachse drehbar aufgenommen werden kann.

[0022] Zur weiteren Vereinfachung des Handlings des finishend zu bearbeitenden Werkstücks wird vorgeschlagen, dass das Robotiksystem einen Rotationsantrieb aufweist, mittels welchem das finishend zu bearbeitende Werkstück um eine Werkstückachse rotierend antreibbar ist. Dieser Rotationsantrieb kann beispielsweise an einem Spindelstock bereitgestellt werden.

[0023] Nachfolgend werden Ausführungsformen des Finishbearbeitungssystems erläutert, welche es ermöglichen, die Flexibilität eines mehrachsigen Antriebssystems eines Robotiksystems mit der Genauigkeit stationärer Systeme kombinieren zu können, was für die Durchführung des Finishverfahrens und die Einhaltung kleinstmöglicher Fertigungstoleranzen von hoher Bedeutung ist. Erfindungsgemäß wird vorgeschlagen, dass eine Kopplungseinrichtung vorgesehen ist, welche zwei wiederholbar lösbar miteinander verbindbare Koppelteile aufweist, wobei ein erstes Koppelteil dem Robotiksystem zugeordnet ist und wobei eine Position des ersten Koppelteils mittels des mehrachsigen Antriebssystems vorgebar ist, und wobei ein zweites Koppelteil einer Arbeitsstation zugeordnet ist. Das zweite Koppelteil ermöglicht die Vorgabe einer der Arbeitsstation zugeordneten Referenzposition, die sich bei einer Kopplung des zweiten Koppelteils mit dem ersten Koppelteil auf das erste Koppelteil und somit auf das mehrachsige Antriebssystem überträgt.

[0024] Insbesondere ist es bevorzugt, wenn das erste Koppelteil und das zweite Koppelteil in ihrem miteinander verbundenen Zustand miteinander formschlüssig verbunden sind. Ein solcher Formschluss wird optional durch zusätzliche Klemmelemente (Nullpunktspannsystem) unterstützt und ermöglicht eine Aufnahme und Ableitung von Kräften, die bei der Bearbeitung eines Werkstücks, insbesondere bei der Finishbearbeitung eines Werkstücks, entstehen. Diese Kräfte können in stationäre Teile einer Arbeitsstation abgeleitet werden und wirken dann nicht auf das mehrachsige Antriebssystem. Dies hat zur Folge, dass das mehrachsige Antriebssystem trotz seiner aufgrund einer offenen kinematischen Kette naturgemäß höheren Instabilität dennoch zur Durchführung hochgenauer Bearbeitungsaufgaben (insbesondere Finishbearbeitungsaufgaben) verwendet werden kann.

[0025] Es wird ferner vorgeschlagen, dass das zweite Koppelteil entlang mindestens einer Bewegungsachse bewegbar ist, wodurch die Referenzposition der betreffenden Arbeitsstation veränderbar ist.

[0026] Es ist ferner bevorzugt, wenn eine der Arbeitsstation zugeordnete Führungseinrichtung zur

Führung des zweiten Koppelteils längs der mindestens einen Bewegungsachse vorgesehen ist. Beispielsweise handelt es sich um eine geradlinige Bewegungsachse, entlang welcher das zweite Koppelteil bewegbar ist.

[0027] Bei einem bevorzugten Verfahren zum Betrieb eines vorstehend beschriebenen Finishbearbeitungssystems ist vorgesehen, dass in einem miteinander verbundenen Zustand des ersten Koppelteils und des zweiten Koppelteils das mehrachsige Antriebssystem des Robotiksystems aktiv ist. Dies bedeutet, dass die Antriebe des Robotiksystems verwendet werden, um das erste Koppelteil und das mit dem ersten Koppelteil verbundene zweite Koppelteil anzutreiben. Da aber das zweite Koppelteil in einer Führungseinrichtung geführt ist, unterliegt die Bewegung eines mit dem mehrachsigen Antriebssystem verbundenen Effektors oder Werkstücks keiner Abweichung in einer Richtung quer zu der Bewegungsachse. Dies ermöglicht eine hochpräzise Führung eines Effektors oder eines Werkstücks längs der Bewegungsachse unter Verwendung des Robotiksystems und dessen mehrachsigen Antriebssystems.

[0028] Für den Fall der Bewegbarkeit des zweiten Koppelteils entlang mindestens einer Bewegungsachse ist es ferner möglich, dass eine der Arbeitsstation zugeordnete Antriebseinrichtung zum Antrieb des zweiten Koppelteils längs der mindestens einen Bewegungsachse vorgesehen ist. Dies ermöglicht eine von dem mehrachsigen Antriebssystem unabhängige Bewegung. Bei einem bevorzugten Verfahren zum Betrieb eines solchen Finishbearbeitungssystems ist vorgesehen, dass in einem miteinander verbundenen Zustand des ersten Koppelteils und des zweiten Koppelteils die der Arbeitsstation zugeordnete Antriebseinrichtung aktiv ist und das mehrachsige Antriebssystem des Robotiksystems inaktiv ist. Das mehrachsige Antriebssystem wird also „weich“ geschaltet, sodass es der Bewegung des zweiten Koppelteils und des damit verbundenen ersten Koppelteils passiv folgt.

[0029] Weitere Merkmale und Vorteile der Erfindung sind Gegenstand der nachfolgenden Beschreibung und der zeichnerischen Darstellung bevorzugter Ausführungsbeispiele.

[0030] In der Zeichnung zeigt

Fig. 1 eine perspektivische Ansicht einer Ausführungsform eines Finishbearbeitungssystems;

Fig. 2 eine perspektivische Ansicht einer als Entgratungsstation ausgebildeten Arbeitsstation des Finishbearbeitungssystems gemäß **Fig. 1**;

Fig. 3 eine perspektivische Ansicht einer als Finishstation ausgebildeten Arbeitsstation des Finishbearbeitungssystems gemäß **Fig. 1**;

Fig. 4 eine Seitenansicht der Finishstation gemäß **Fig. 3**, wobei eine Kopplungseinrichtung des Finishbearbeitungssystems in einem entkoppelten Lösezustand dargestellt ist;

Fig. 5 eine der **Fig. 4** entsprechende Seitenansicht, wobei die Kopplungseinrichtung in einem gekoppelten Verbindungszustand dargestellt ist;

Fig. 6 eine perspektivische Ansicht einer weiteren Ausführungsform einer Arbeitsstation eines Finishbearbeitungssystems in Form einer Finishstation bei Durchführung einer ersten Bearbeitungsaufgabe;

Fig. 7 eine perspektivische Ansicht der Arbeitsstation gemäß **Fig. 6** bei Durchführung einer zweiten Bearbeitungsaufgabe; und

Fig. 8 eine weitere perspektivische Ansicht der Arbeitsstation gemäß **Fig. 6**, mit einer weiteren Ausführungsform einer Kopplungseinrichtung eines Finishbearbeitungssystems.

[0031] Ein Finishbearbeitungssystem ist in der Zeichnung insgesamt mit dem Bezugszeichen **10** bezeichnet. Es umfasst eine Arbeitsstation **12**, welche als Finishstation ausgebildet ist, sodass an der Arbeitsstation **12** ein Werkstück **14** finishend bearbeitbar ist.

[0032] Das Finishbearbeitungssystem **10** umfasst eine weitere Arbeitsstation **16**, welche als Entgratungsstation ausgebildet ist und eine Entgrateinheit **18** zum Entgraten des Werkstücks **14** aufweist.

[0033] Die Entgratungsstation kann der Finishstation bearbeitungstechnisch vor- oder nachgeschaltet sein. Es können auch (nicht dargestellte) Stationen zur Abholung, Zwischenspeicherung oder Endspeicherung von Werkstücken **14** vorgesehen sein, die bezogen auf die beiden Arbeitsstationen **12**, **16** vor-, oder zwischen- oder nachgeschaltet sind.

[0034] Das Finishbearbeitungssystem **10** umfasst ein insgesamt mit dem Bezugszeichen **20** bezeichnetes Robotiksystem mit einem beispielsweise ortsfesten Gestell **22** und mit einem mehrachsigen Antriebssystem, dass mit unterschiedlichen Antriebsachsen **24**, **26**, **28** und **30**, **32** und **34** ein insgesamt mit dem Bezugszeichen **36** bezeichnetes mehrachsiges Antriebssystem bildet.

[0035] Die genannten Achsen des Antriebssystems **36** erstrecken sich in relativ zueinander unterschiedlichen Raumlagen und ermöglichen es, die Position und die Lage eines Wirkbereichs **38** des Robotiksystems **10** innerhalb einer Reichweite des Robotiksystems in einem dreidimensionalen Raum frei programmierbar vorgeben zu können.

[0036] Bei dem in **Fig. 1** bis **Fig. 5** dargestellten Ausführungsbeispiel eines Finishbearbeitungssystems **10** ist in dem Wirkbereich **38** eine Aufnahmeeinrichtung **40** zur Aufnahme des finishend zu bearbeitenden Werkstücks **14** vorgesehen. Die Aufnahmeeinrichtung **40** umfasst einen an einem Träger **41** angeordneten Spindelstock **42** und einen an dem Träger **41** angeordneten Reitstock **44**. An dem Träger **41** ist ferner ein Rotationsantrieb **46** angeordnet, der eine Drehbewegung erzeugt, die über ein Winkelgetriebe **48** auf den Spindelstock **42** und von diesem auf das Werkstück **14** übertragbar ist, sodass das Werkstück um eine Rotationsachse **50** rotiert, welche einer zentralen Werkstückachse des Werkstücks **14** entspricht.

[0037] Bei dem Werkstück **14** handelt es sich beispielsweise um eine Getriebewelle, das ein Zahnrad **52** aufweist, welches mittels eines Entgratungswerkzeugs **54** (vgl. **Fig. 2**) entgratet werden kann. Das Entgratungswerkzeug **54** ist an einem Werkzeughalter **55** der Entgrateinheit **18** gehalten. Der Werkzeughalter **55** ist mittels eines Entgratungswerkzeugantriebs **56** rotierend angetrieben.

[0038] Zur entgratenden Bearbeitung des Werkstücks **14** wird das mehrachsige Antriebssystem **36** des Robotiksystems **20** so programmiert, dass die Rotationsachse **50** des Werkstücks **14** benachbart zu dem Entgratungswerkzeug **54** angeordnet wird und zwar derart, dass bei einer Drehung des Werkstücks **14** um die Rotationsachse **50** (unter Verwendung des Rotationsantriebs **46**) das seinerseits rotierende Entgratungswerkzeug **54** mit einem Umfangsbereich des Zahnrads **52** in Kontakt steht, sodass dieser Umfangsbereich des Zahnrads **52** entgratet wird. Bei diesem Entgratungsvorgang sind die auftretenden Bearbeitungskräfte relativ klein; zudem sind die Genauigkeitsanforderungen bei einer Entgratung relativ einfach zu erfüllen.

[0039] Das Werkstück **14** weist mindestens eine zylindrische oder ballige Umfangsfläche **58** auf, welche sich konzentrisch zu der Rotationsachse **50** erstreckt (beispielsweise ein Hauptlager der Getriebewelle oder einer Kurbelwelle) oder aber dazu exzentrisch versetzt ist (beispielsweise ein Pleuellager einer Kurbelwelle).

[0040] Zur finishenden Bearbeitung der Umfangsfläche **58** wird das Werkstück **14** mittels des Robotiksystems **20** von der Arbeitsstation **16** zu der Arbeitsstation **12** in Form der Finishstation transportiert. Dort wird das Werkstück **14** in den Eingriffsbereich einer Finisheinheit **60** gebracht.

[0041] Die Finisheinheit **60** umfasst ein Finishwerkzeug **62** in Form eines Finishbands, das auf einer Vorratsrolle **64** bereitgestellt ist, wobei auch eine Sammelrolle **66** zum Sammeln von verbrauchtem Fi-

nishband vorgesehen ist. Das Finishband umschlingt ein Andrückwerkzeug **68** in Form einer Andrückrolle (oder in Form einer Andrückschale), mittels welcher das Finishwerkzeug in Form des Finishbands **62** gegen die finishend zu bearbeitende Umfangsfläche **58** andrückbar ist. Bei dem Finishwerkzeug **62** kann es sich auch um einen Finishstein handeln, der in einem Finishsteinhalter gehalten ist.

[0042] Die Finisheinheit **60** weist ferner einen Oszillationsantrieb **70** auf, mittels welchem das Andrückwerkzeug **68** und das Finishwerkzeug **62** entlang einer geraden Oszillationsachse **72** mit hoher Frequenz von beispielsweise zwischen 2 Hz und 50 Hz hin und her, also oszillierend, antreibbar sind. Der Oszillationsantrieb **70** weist beispielsweise einen Drehantrieb, einen Exzenter und eine Exzenteraufnahme auf, an der das Andrückwerkzeug **68** gehalten ist. Solche Oszillationsantriebe sind an sich bekannt und werden daher an dieser Stelle nicht detaillierter erläutert.

[0043] Die Finisheinheit **60** ist mit einem Gestell **72** der Arbeitsstation **12** verbunden. Das Gestell **72** dient außerdem zur Anordnung eines in **Fig. 4** mit dem Bezugszeichen **74** bezeichneten zweiten Koppelteils. Das zweite Koppelteil ist beispielsweise in Form eines Zapfens **76** ausgebildet.

[0044] Das zweite Koppelteil **74** wirkt mit einem ersten Koppelteil **78** zusammen, das gemeinsam mit dem Wirkbereich **38** des mehrachsigen Antriebssystems **36** frei vorgebar positionierbar ist. Das erste Koppelteil **78** ist beispielsweise in Form einer Zapfenaufnahme ausgebildet, welche mit dem Zapfen **76** des zweiten Koppelteils formschlüssig zusammenwirken kann, vergleiche ausgehend von dem in **Fig. 4** dargestellten entkoppelten Lösezustand den in **Fig. 5** dargestellten gekoppelten Verbindungszustand der Koppelteile **74** und **78**.

[0045] Die beiden Koppelteile **74** und **78** bilden eine Kopplungseinrichtung **80**, welche wiederholbar lösbar ist. In dem entkoppelten Lösezustand der Kopplungseinrichtung **80** ist das erste Koppelteil **78** gemeinsam mit dem Wirkbereich **38** frei positionierbar. In dem gekoppelten Zustand der Koppelteile **74** und **78** wird eine formschlüssige Verbindung zwischen dem mehrachsigen Antriebssystem **36** des Robotiksystems **20** einerseits und der Arbeitsstation **12** bzw. dem Gestell **72** der Arbeitsstation **12** andererseits hergestellt.

[0046] Eine finishende Bearbeitung der Umfangsfläche **58** des Werkstücks **14** erfolgt in dem gekoppelten Verbindungszustand der Kopplungseinrichtung **80**. In diesem Zustand ist der Wirkbereich **38** des mehrachsigen Antriebssystems **36** mittels der Kopplungseinrichtung **80** vorzugsweise in mehreren Raumrichtungen fest und formschlüssig mit dem Gestell **72** der

Arbeitsstation **12** verbunden. In vorteilhafter Weise ist das Gesamtgewicht des Wirkbereichs **38** des mehrachsigen Antriebssystems **36**, der Aufnahmeeinrichtung **40** und des Werkstücks **14**, durch Auflage auf dem Gestell **72** abgestützt. Insbesondere bewirkt eine formschlüssige Verbindung der Kopplungseinrichtung **80** eine Aufnahme von Bearbeitungskräften, die bei der Finishbearbeitung des Werkstücks **14** entstehen.

[0047] Durch Aktivierung des Rotationsantriebs **46** wird das Werkstück **14** in der Aufnahmeeinrichtung **40** rotierend um die Achse **50** angetrieben. Gleichzeitig wird der Wirkbereich **38** so positioniert, dass das Finishwerkzeug **62** gegen die Umfangsfläche **58** drückt. Gleichzeitig oszilliert das Finishwerkzeug **62** in zu der Rotationsachse **50** paralleler Richtung entlang der Oszillationsachse **72**, sodass die Umfangsfläche **58** mit einer für das Finishverfahren charakteristischen Kreuzschliffstruktur versehen wird.

[0048] Bei dem in den **Fig. 6** bis **Fig. 8** dargestellten Ausführungsbeispiel eines Finishbearbeitungssystems **10** ist an einem Gestell **72** einer Arbeitsstation **12** in Form einer Finishstation ein Werkstück **14** angeordnet, das an einer Werkstückaufnahme **81** gehalten ist. Bei dem Werkstück **14** kann es sich beispielsweise um einen Innen- oder Außenring eines Wälzlagers handeln. Es ist möglich, dass das Werkstück **14** unbewegbar an der Werkstückaufnahme **81** und dem Gestell **72** fixiert ist oder aber um eine Rotationsachse **50** drehbar gelagert ist. Zu diesem Zweck kann die Arbeitsstation **12** einen in **Fig. 6** nur schematisch dargestellten Rotationsantrieb **46** aufweisen.

[0049] Das Robotiksystem **20** des Finishbearbeitungssystems **10** gemäß **Fig. 6** bis **Fig. 8** weist einen mit dem Robotiksystem **20** des Finishbearbeitungssystems **10** gemäß **Fig. 1** bis **Fig. 5** vergleichbaren Aufbau auf. Es ist bei allen Robotiksystemen **20** optional möglich, dass das Gestell **22** des Robotiksystems **20** längs einer Verfahrachse **82** verfahrbar ist, vgl. **Fig. 6**.

[0050] In dem Wirkbereich **38** des Robotiksystems **20** ist eine vorstehend unter Bezugnahme auf das Finishbearbeitungssystem **10** gemäß **Fig. 1** bis **Fig. 5** bereits beschriebene Finisheinheit **60** mit einem Finishwerkzeug **62** in Form eines Finishbands angeordnet.

[0051] Der Wirkbereich **38** des Robotiksystems **20** oder die mit dem Wirkbereich **38** verbundene Finisheinheit **60** ist mit einem „zweiten“ Koppelteil **78** versehen, dessen Position und Lage durch entsprechende Programmierung des mehrachsigen Antriebssystems **36** frei vorgebar ist.

[0052] Das erste Koppelteil **78** des Koppelungssystems **80** der Ausführung gemäß **Fig. 6** bis **Fig. 8** ist

an einem Koppelteilhalter **84** in Form eines Schlittens angeordnet, vergleiche **Fig. 8**. Der Koppelteilhalter **84** ist an einer Führungseinrichtung **86** in Form einer Führungsschiene geführt, sodass das erste Koppelteil **78** längs einer Bewegungsachse **88** bewegbar ist. Optional ist eine Antriebseinrichtung **90** vorgesehen, mittels welcher der Koppelteilhalter **84** längs der Bewegungsachse **88** bewegbar antreibbar ist (vergleiche **Fig. 6**).

[0053] Die Führungseinrichtung **86** ist ihrerseits längs einer zweiten Bewegungsachse **89** bewegbar, welche horizontal und zu der ersten Bewegungsachse **88** senkrecht verläuft. Somit sind der Koppelteilhalter **84** und das zweite Koppelteil **74** an zwei zueinander senkrechten Bewegungsachsen **88** und **89** an dem Gestell **72** der Arbeitsstation **12** geführt.

[0054] Ausgehend von einem in **Fig. 8** dargestellten entkoppelten Lösezustand der Koppelungseinrichtung **80** können die Koppelteile **74** und **78** in einen gekoppelten Verbindungszustand überführt werden, in welchem die Koppelteile **74** und **78** miteinander formschlüssig verbunden sind. In diesem Verbindungszustand ist es möglich, durch Nutzung der Antriebseinrichtung **90** das zweite Koppelteil **74** und somit auch das erste Koppelteil **78** und die Finisheinheit **60** entlang der Bewegungsachse **88** zu verfahren, sodass das Finishwerkzeug **62** in einer zu der Rotationsachse **50** des Werkstücks **14** parallelen Richtung bewegt werden kann, beispielsweise, um das Finishwerkzeug **62** über die Breite einer Umfangsfläche **94** hinweg bewegen zu können, vorzugsweise einer Oszillationsbewegung des Finishwerkzeugs **62** entlang der Oszillationsachs **72** überlagert (sogeannter „Überlagerungshub“). Hierbei ist es bevorzugt, dass zumindest eine Teilmenge der Antriebsachsen **24** bis **34** des Antriebssystems **36** „weich“ geschaltet werden, sodass der Wirkbereich **38** des Robotersystems **20** der Bewegung des Koppelteilhalters **84** passiv folgt.

[0055] Es ist auch möglich, das Finishwerkzeug **62** zur Bearbeitung einer Fase oder eines Radius **96** zu verwenden, vergleiche **Fig. 7**. Beispielsweise kann das Finishwerkzeug **62** innerhalb einer Vertikalebene relativ zu dem Radius verschwenkt werden, wie in **Fig. 7** mit einem Doppelpfeil **98** angedeutet. Bei dieser Art der Bearbeitung ist es bevorzugt, wenn die Kopplungseinrichtung **80** ihren entkoppelten Lösezustand einnehmen und die Bewegung des Finishwerkzeugs **62** von dem mehrachsigen Antriebssystem **36** des Robotersystems **20** gesteuert wird.

Patentansprüche

1. Finishbearbeitungssystem (10), mit mindestens einer Arbeitsstation (12, 16) zur Bearbeitung eines Werkstücks (14), wobei zumindest eine Arbeitsstation (12, 16) als Finishstation ausgebildet ist, in wel-

cher ein Werkstück (14) mittels eines Finishwerkzeugs (62) finishenden bearbeitbar ist, mit einem Robotersystem (20), das ein mehrachsiges Antriebssystem (36) aufweist zur programmierbaren Vorgabe einer Position

- eines mit mindestens einer Arbeitsstation (12, 16) interagierenden Effektors und/oder

- des in mindestens einer Arbeitsstation (12, 16) zu bearbeitenden Werkstücks (14), **dadurch gekennzeichnet**, dass eine Kopplungseinrichtung (80) vorgesehen ist, welche zwei wiederholbar lösbar miteinander verbindbare Koppelteile (78, 74) aufweist, wobei ein erstes Koppelteil (78) dem Robotersystem (20) zugeordnet ist und wobei eine Position des ersten Koppelteils (78) mittels des mehrachsigen Antriebssystems (36) vorgebar ist, und wobei ein zweites Koppelteil (74) einer Arbeitsstation (12) zugeordnet ist.

2. Finishbearbeitungssystem (10) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Effektor einen Manipulator zum Austausch und/oder zur Ein- oder Nachstellung und/oder zur Wartung eines Werkzeugs (54), eines Finishwerkzeugs (62), einer Werkzeugaufnahme (55) oder einer Werkstückaufnahme (81) einer Arbeitsstation (12, 16) aufweist oder ist.

3. Finishbearbeitungssystem (10) nach einem der voranstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Effektor eine Erfassungseinrichtung zur Erfassung eines Istzustands eines zu bearbeitenden Werkstücks (14) und/oder eines bearbeiteten Werkstücks (14) und/oder eines Werkzeugs (54) oder eines Finishwerkzeugs (62) aufweist oder ist.

4. Finishbearbeitungssystem (10) nach einem der voranstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Effektor das Finishwerkzeug (62) oder ein anderes Werkzeug (54) aufweist oder ist.

5. Finishbearbeitungssystem (10) nach einem der voranstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Robotersystem (20) einen Rüstspeicher zum Vorhalten von in in mindestens einer Arbeitsstation (12, 16) verwendbaren Werkzeugen (54, 62), Werkzeugaufnahmen (55) und/oder Werkstückaufnahmen (81) oder Teilen davon und/oder einen Werkstückspeicher zum Vorhalten von in mindestens einer Arbeitsstation (12, 16) zu bearbeitenden Werkstücken (14) aufweist.

6. Finishbearbeitungssystem (10) nach einem der voranstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass zumindest eine Arbeitsstation (12, 16) als Entgratungsstation ausgebildet ist.

7. Finishbearbeitungssystem (10) nach einem der voranstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Robotersystem (20) eine Aufnahmeein-

richtung (40) zur Aufnahme des finishend zu bearbeitenden Werkstücks (14) aufweist.

8. Finishbearbeitungssystem (10) nach einem der voranstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Robotiksystem (20) einen Rotationsantrieb (46) aufweist, mittels welchem das finishend zu bearbeitende Werkstück (14) um eine Werkstückachse (50) rotierend antreibbar ist.

9. Finishbearbeitungssystem (10) nach einem der voranstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass das erste Koppelteil (78) und das zweite Koppelteil (74) in ihrem miteinander verbundenen Zustand miteinander formschlüssig verbunden sind.

10. Finishbearbeitungssystem (10) nach einem der voranstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass das zweite Koppelteil (74) entlang mindestens einer Bewegungsachse (88) bewegbar ist.

11. Finishbearbeitungssystem (10) nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine der Arbeitsstation (12, 16) zugeordnete Führungseinrichtung (86) zur Führung des zweiten Koppelteils (74) längs der mindestens einen Bewegungsachse (88) vorgesehen ist.

12. Verfahren zum Betrieb eines Finishbearbeitungssystems (10) nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet**, dass in einem miteinander verbundenen Zustand des ersten Koppelteils (78) und des zweiten Koppelteils (74) das mehrachsige Antriebssystem (36) des Robotiksystems (20) aktiv ist.

13. Finishbearbeitungssystem (10) nach Anspruch 10 oder 11, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine der Arbeitsstation (12, 16) zugeordnete Antriebseinrichtung (90) zum Antrieb des zweiten Koppelteils (74) längs der mindestens einen Bewegungsachse (88) vorgesehen ist.

14. Verfahren zum Betrieb eines Finishbearbeitungssystems (10) nach Anspruch 13, **dadurch gekennzeichnet**, dass in einem miteinander verbundenen Zustand des ersten Koppelteils (78) und des zweiten Koppelteils (74) die der Arbeitsstation (12, 16) zugeordnete Antriebseinrichtung (90) aktiv ist und das mehrachsige Antriebssystem (36) des Robotiksystems (20) inaktiv ist.

Es folgen 7 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

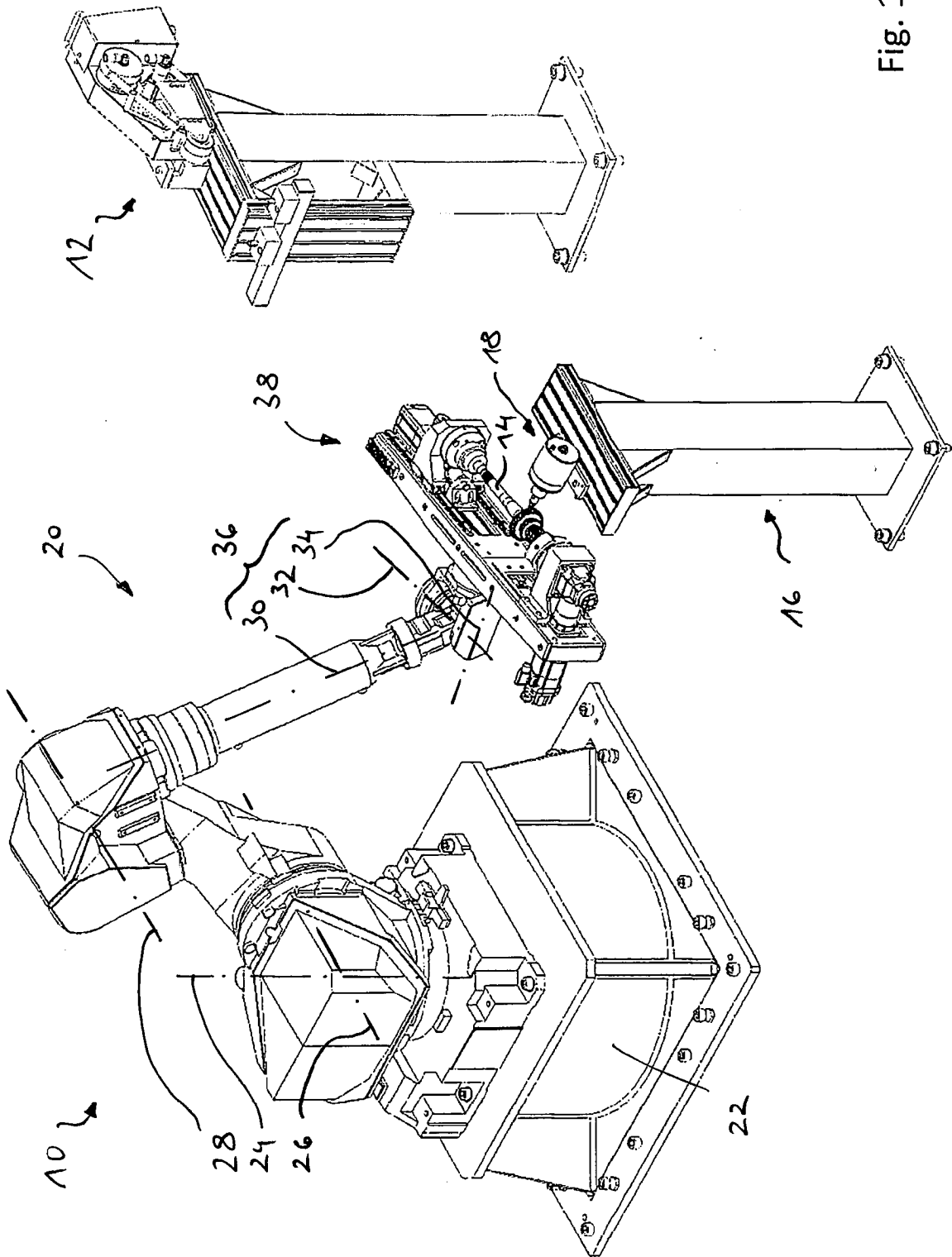


Fig. 1

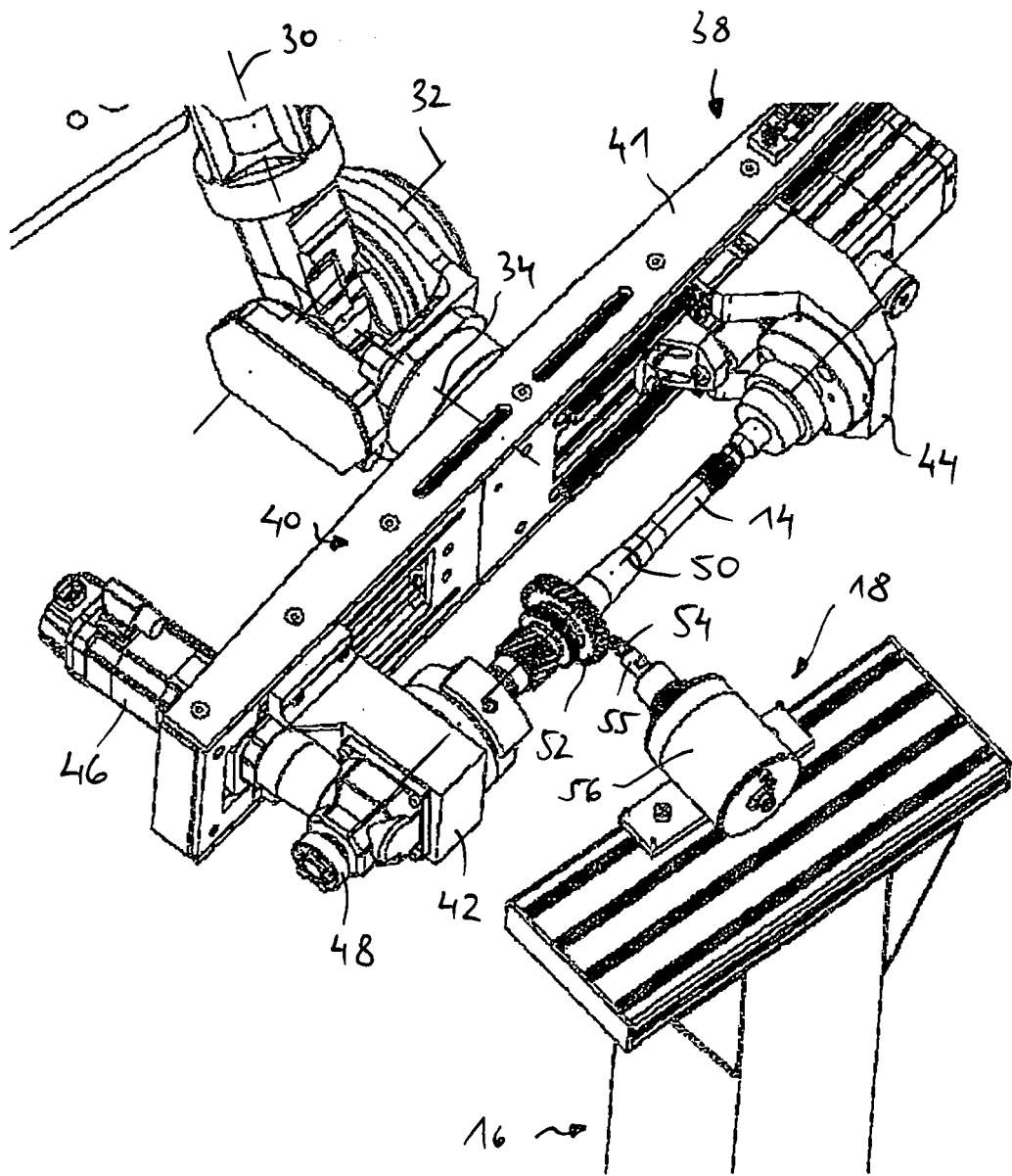


Fig. 2

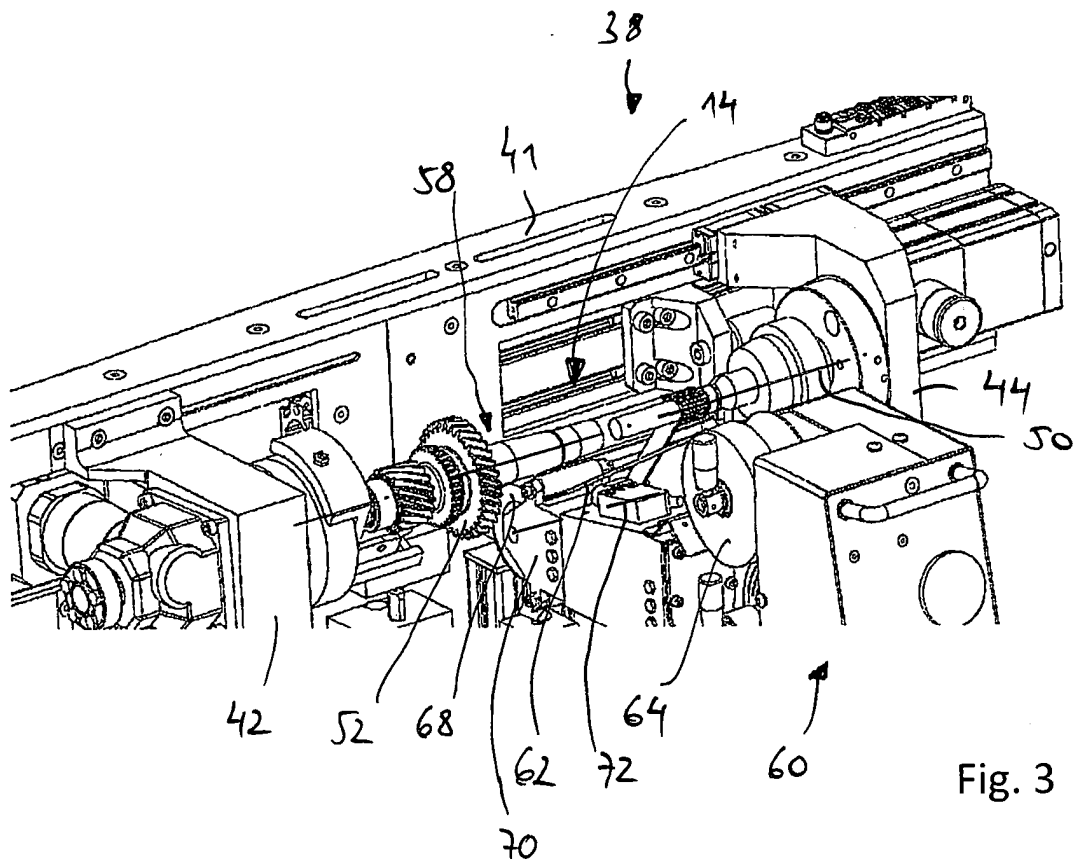


Fig. 3

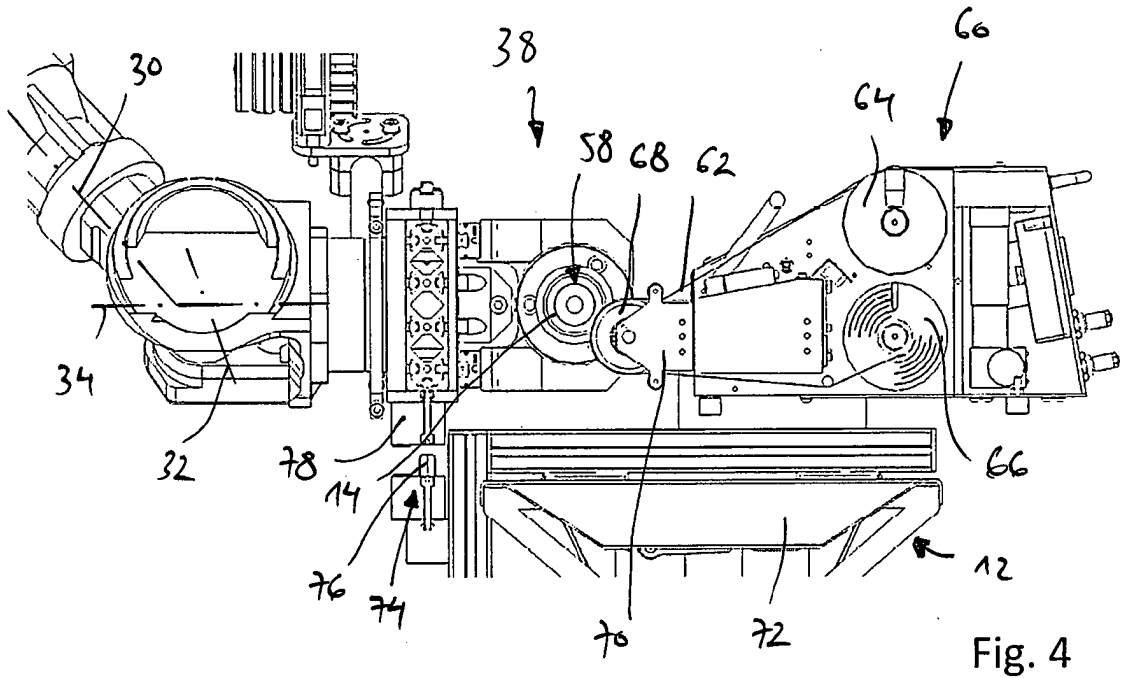


Fig. 4

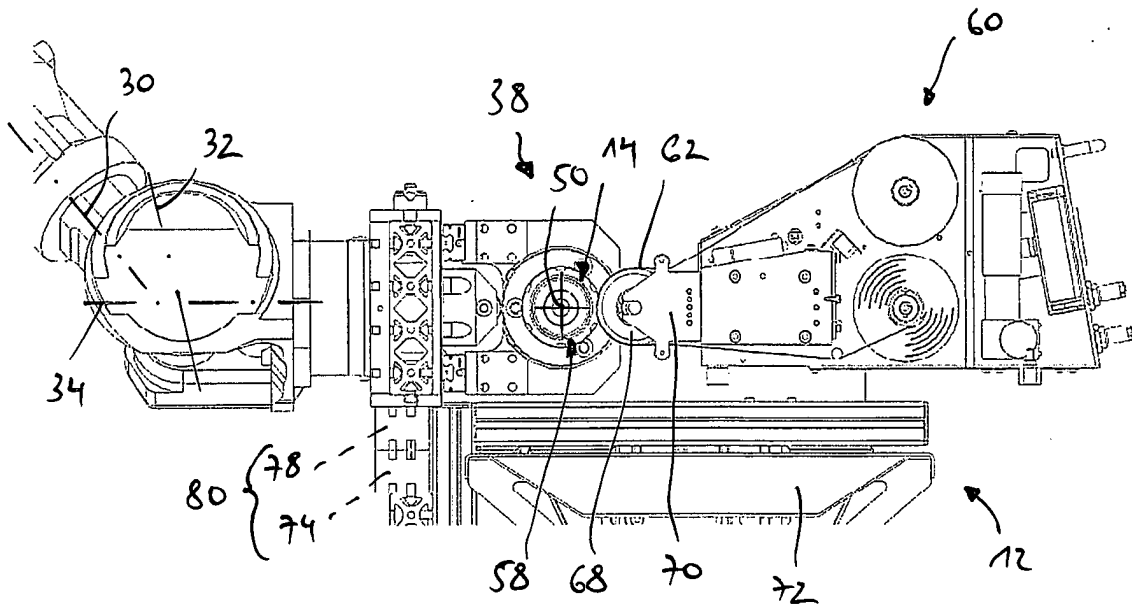


Fig. 5

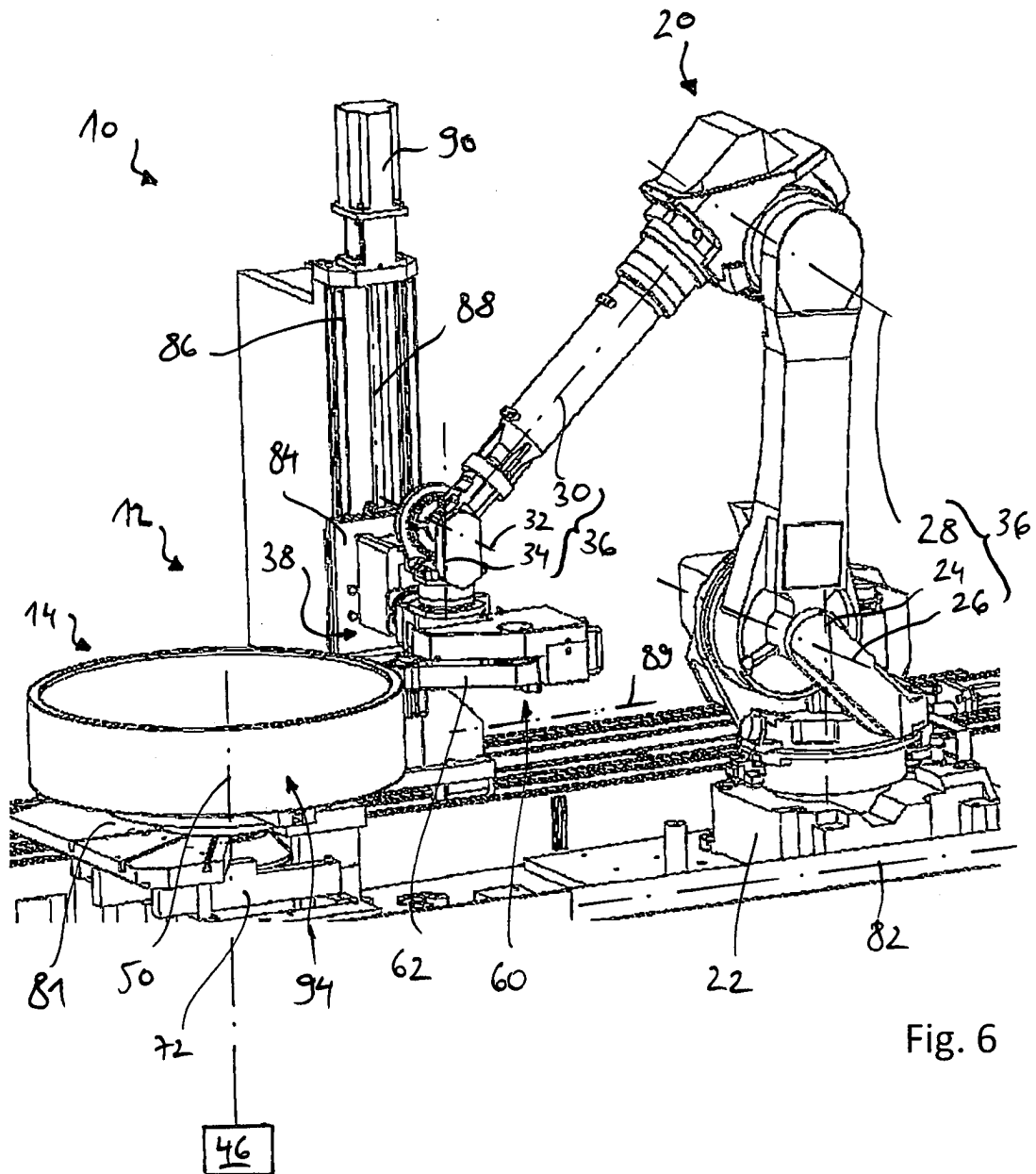


Fig. 6

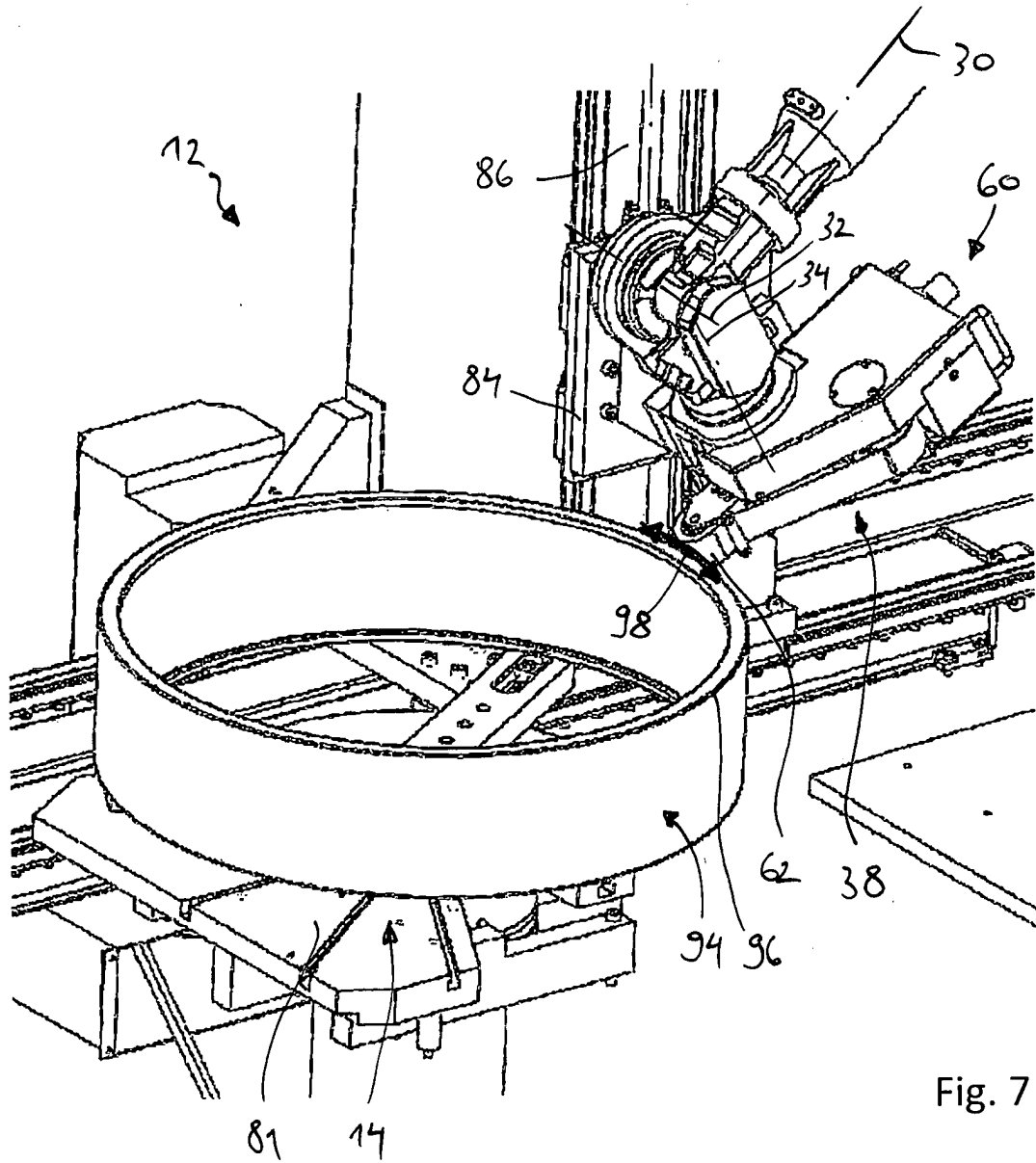


Fig. 7

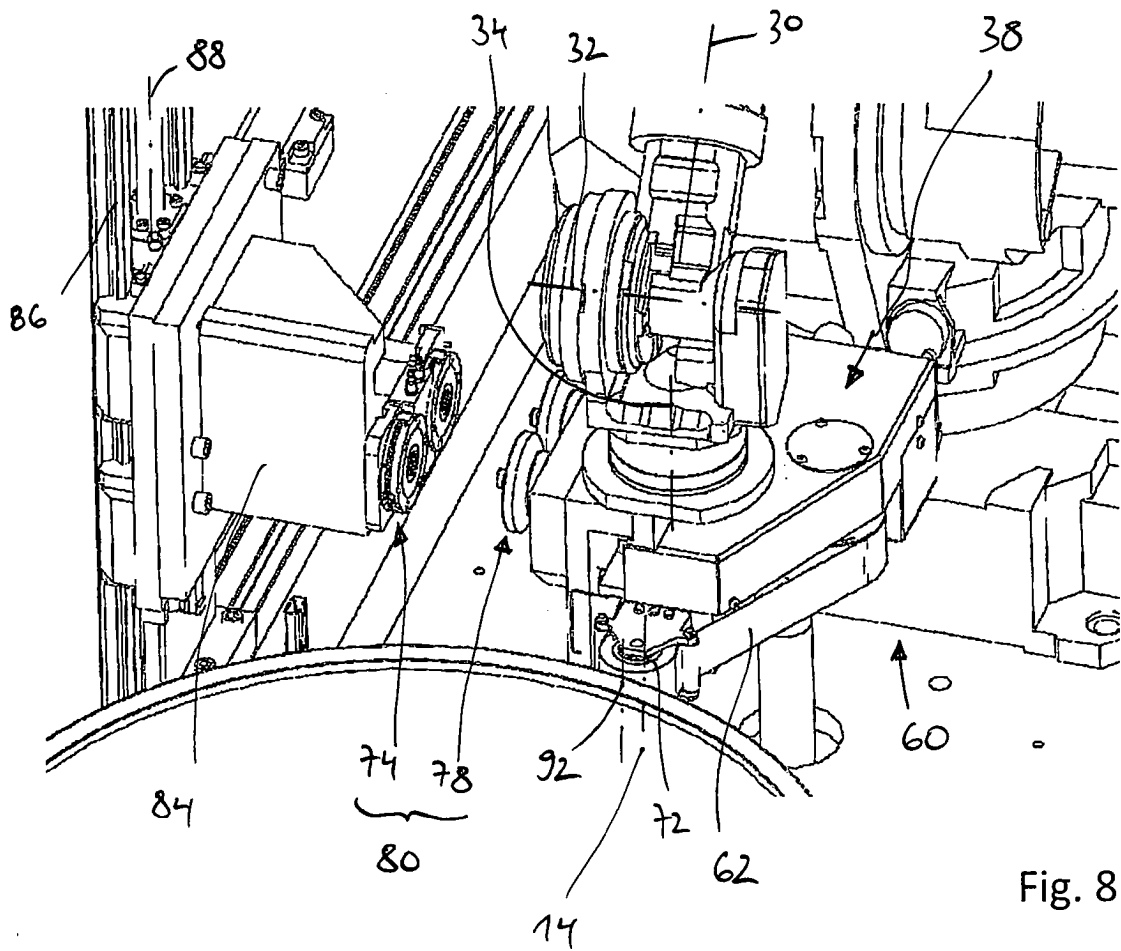


Fig. 8