

SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT
EIDGENÖSSISCHES INSTITUT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

(11) CH 720 589 B1

(51) Int. Cl.: B23F 23/12 (2006.01)
B23Q 17/22 (2006.01)

Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein

Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

(12) PATENTSCHRIFT

(21) Anmeldenummer: 000976/2023

(22) Anmeldedatum: 07.09.2023

(24) Patent erteilt: 13.09.2024

(45) Patentschrift veröffentlicht: 13.09.2024

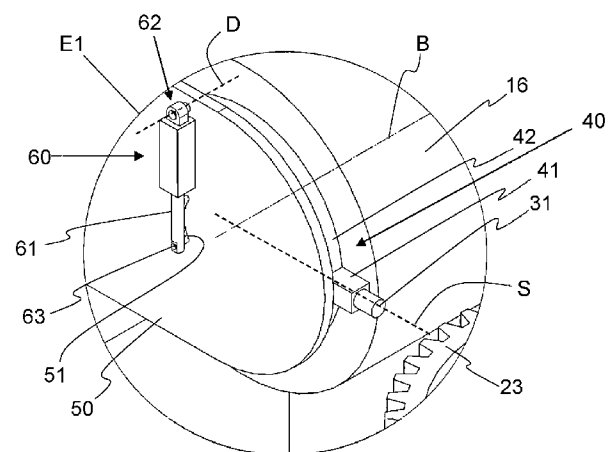
(73) Inhaber:
Reishauer AG, Industriestrasse 36
8304 Wallisellen (CH)

(72) Erfinder:
Erwin Sennhauser, 8451 Kleinandelfingen (CH)
Patrizia Kwak, 8117 Fällanden (CH)

(74) Vertreter:
Isler & Pedrazzini AG, Postfach 1772
8027 Zürich (CH)

(54) WERKZEUGMASCHINE MIT SCHWENKBAREM EINZENTRIERSENSOR

(57) Eine Werkzeugmaschine für die Bearbeitung vorverzahnter Werkstücke (23) umfasst einen Werkzeugträger, an dem eine Werkzeugspindel zum rotatorischen Antrieb eines Bearbeitungswerkzeugs (16) um eine Werkzeugspindelachse (B) angeordnet ist, einen Werkstückträger, an dem eine Werkstückspindel zum rotatorischen Antrieb eines zu bearbeitenden vorverzahnten Werkstücks (23) um eine Werkstückspindelachse angeordnet ist, einen ersten berührungslos arbeitenden Einzentriersensor (31), der dazu ausgebildet ist, eine Phasenlage von Zähnen des Werkstücks (23) zu ermitteln, wenn das Werkstück um die Werkstückspindelachse (C1) rotiert, und eine Schwenkvorrichtung, wobei die Schwenkvorrichtung einen verschwenkbaren Sensorträger (40) umfasst, an welchem der erste Einzentriersensor (31) angebracht ist, um den ersten Einzentriersensor zwischen einer Messposition und einer Parkposition zu verschwenken, wobei die Schwenkvorrichtung am Werkzeugträger angeordnet ist, und wobei die Schwenkvorrichtung dazu ausgebildet ist, den ersten Einzentriersensor um die Werkzeugspindelachse (B) zu verschwenken.



Beschreibung

TECHNISCHES GEBIET

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft eine Werkzeugmaschine für die Bearbeitung vorverzahnter Werkstücke, welche einen Einzentriersensor und eine Schwenkvorrichtung, um den Einzentriersensor zu verschwenken, aufweist.

STAND DER TECHNIK

[0002] Bei der Feinbearbeitung von vorverzahnten Werkstücken müssen vor Beginn jeder Bearbeitung das Werkzeug und das zu bearbeitende Werkstück derart zueinander ausgerichtet werden, dass das Werkzeug kollisionsfrei in die Zahnücke des Werkstückes eintauchen kann. Diese Prozedur ist in der Fachwelt als „Einzentrieren“ bekannt.

[0003] Ein solches Einzentrieren ist insbesondere bei kontinuierlich arbeitenden Wälzbearbeitungsverfahren erforderlich. Bei solchen Verfahren wird das zu bearbeitende Werkstück mit einem schneckenförmigen Werkzeug in Eingriff gebracht und in Wälzkopplung mit dem Werkzeug bearbeitet. Bei modernen, NC-gesteuerten Verzahnmaschinen wird dazu das Werkstück auf einer NC-gesteuerten, drehangetriebenen Werkstückspindel aufgespannt. Das Werkzeug wird auf einer ebenfalls NC-gesteuerten, drehangetriebenen Werkzeugspindel aufgespannt. Die Wälzkopplung zwischen Werkzeugspindel und Werkstückspindel wird dann elektronisch durch die NC-Steuerung hergestellt. Auch bei anderen Verfahren als Wälzbearbeitungsverfahren, z.B. beim Profilschleifen, ist eine genaue Kenntnis der Lage der Zahnücken des zu bearbeitenden Werkstücks erforderlich.

[0004] Üblicherweise werden zum Einzentrieren berührungslos arbeitende Einzentriersensoren verwendet, welche auf induktiver oder kapazitiver Basis arbeiten und die Lage der Zahnflanken bestimmen, während sich das Werkstück dreht. Der Wälzkopplungswinkel wird aufgrund einer solchen berührungslosen Messung elektronisch festgelegt.

[0005] Anhand der Phasenlage der Signale aller Zähne über eine Werkstückdrehung hinweg können auch noch andere Prüfungen vorgenommen werden. Beispielsweise kann eine Prüfung auf Vorbearbeitungsfehler und Rundlaufabweichungen erfolgen, es kann eine Teilungsmessung zur Ermittlung der Zahnteilung vorgenommen werden, und es kann anhand der Zahnückenweite eine Abschätzung des vorhandenen Aufmasses erfolgen. Zudem kann unter Verwendung der Maschinenachsen die Schrägungsrichtung bestimmt werden und/oder der Schrägungswinkel am Werkstück gemessen werden.

[0006] Üblicherweise wird der Einzentriersensor zur Messung der Lage der Zahnflanken in eine Messposition gebracht, in welcher sich der Einzentriersensor nahe am Werkstück befindet. Während der nachfolgenden Bearbeitung des Werkstücks mit einem Bearbeitungswerkzeug sollte der Einzentriersensor hingegen möglichst vor Kollisionen und Verschmutzung geschützt sein.

[0007] Es ist daher bekannt, den Einzentriersensor mittels einer verschiebbaren oder verschwenkbaren Vorrichtung zwischen einer Messposition und einer Parkposition hin- und her zu bewegen.

[0008] DE20218352 U1 offenbart beispielsweise eine Vorrichtung, welche eine Messsonde aufweist, die auf einer als kinematisches Glied eines Gelenkgliederparallelogramms ausgebildeten Halterung angeordnet ist, bei welcher das der Halterung gegenüberliegende Glied mit dem Maschinenständer bzw. dem Gehäuse der Werkstückspindel starr verbunden ist.

[0009] In DE19928500 A1 ist eine CNC-Zahnflankenschleifmaschine offenbart, welche eine zur Werkstückachse parallel verschiebbare Spindel aufweist, wobei die Spindel neben der Werkstückspindel am Maschinenbett befestigt ist, und ein Spindelachse aufweist, die parallel zur Werkstückachse verläuft. Am oberen Ende der Spindel befindet sich ein Messsondenhalter, welcher um besagte Spindelachse verschwenkbar ist.

[0010] WO 2017/194251 A1 offenbart eine Wälzschleifmaschine, bei welchem eine Einzentriervorrichtung mittels eines am Gegenständen des Werkstückträgers angeordneten Verstellantriebs axial und/oder radial zur Werkstückachse verschiebbar ist.

[0011] Solche Anordnungen, bei welchen die Einzentriervorrichtung direkt am Werkstückträger oder nahe zu diesem angeordnet ist, können allerdings die Bewegungsfreiheit beim Aufspannen/Entfernen des Werkstücks von der Werkstückspindel behindern und, insbesondere beim Einsatz automatischer Werkstückwechsler, eine Kollisionsgefahr bergen.

DARSTELLUNG DER ERFINDUNG

[0012] Es ist daher eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine Werkzeugmaschine für die Bearbeitung vorverzahnter Werkstücke mit einem berührungslos arbeitenden Einzentriersensor anzugeben, in welcher der Einzentriersensor beim Werkstückwechsel geringen Kollisionsgefahren ausgesetzt ist und dennoch eine effiziente und präzise Einzentrieroperation ermöglicht wird.

[0013] Die Aufgabe wird durch eine Werkzeugmaschine mit den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst. Weitere Ausführungsformen sind in den abhängigen Ansprüchen angegeben.

[0014] Es wird also eine Werkzeugmaschine für die Bearbeitung vorverzahnter Werkstücke angegeben, aufweisend:

einen Werkzeugträger, an dem eine Werkzeugspindel zum rotatorischen Antrieb eines Bearbeitungswerkzeugs um eine Werkzeugspindelachse angeordnet ist;

einen Werkstückträger; an dem eine Werkstückspindel zum rotatorischen Antrieb eines zu bearbeitenden vorverzahnten Werkstücks um eine Werkstückspindelachse angeordnet ist,

einen ersten berührungslos arbeitenden Einzentrirsensor, der dazu ausgebildet ist, eine Phasenlage von Zähnen des Werkstücks zu ermitteln, wenn das Werkstück um die Werkstückspindelachse rotiert, und

eine Schwenkvorrichtung, wobei die Schwenkvorrichtung einen verschwenkbaren Sensorträger umfasst, an welchem der erste Einzentrirsensor angebracht ist, um den ersten Einzentrirsensor zwischen einer Messposition und einer Parkposition zu verschwenken.

[0015] Die Schwenkvorrichtung ist am Werkzeugträger angeordnet und ist dazu ausgebildet, den ersten Einzentrirsensor um die Werkzeugspindelachse zu verschwenken.

[0016] Durch eine Anordnung der Schwenkvorrichtung am Werkzeugträger ist die Gefahr gering, den Einzentrirsensor beim Hantieren an der Werkstückspindel versehentlich zu beschädigen. Zudem wird der Bewegungsspielraum um die Werkstückspindel herum im Vergleich zu Anordnungen vergrößert, in denen die Einzentrirvorrichtung am Werkstückträger angeordnet sind, was beispielsweise den Einsatz eines automatisierten Werkstückwechslers vereinfacht. Indem die Schwenkvorrichtung dazu ausgebildet ist, den Einzentrirsensor um die Werkzeugspindelachse zu verschwenken, wird zudem eine besonders kompakte Anordnung ermöglicht.

[0017] Die Werkzeugmaschine kann insbesondere eine Wälzschleifmaschine zum kontinuierlichen Wälzschleifen der vorverzahnten Werkstücke sein, wobei das Bearbeitungswerkzeug insbesondere eine schneckenförmig profilierte Schleifscheibe, d.h. eine Schleifschnecke, sein kann.

[0018] Die Werkzeugmaschine kann eine Vielzahl beweglicher Komponenten wie Schlitten oder Spindeln aufweisen, die durch entsprechende Antriebe gesteuert bewegbar sind. Die Steuerung erfolgt bevorzugt digital durch einen Rechner. Diese Antriebe werden in der Fachwelt häufig als „NC-Achsen“, „Maschinenachsen“ oder verkürzt als „Achsen“ bezeichnet. Teilweise schliesst diese Bezeichnung auch für die von den Antrieben angetriebenen Komponenten wie Schlitten oder Spindeln ein. Im vorliegenden Kontext wird der Begriff „Achse“ allerdings im geometrischen Sinne verwendet und schliesst somit weder die Antriebe noch die angetriebenen Komponenten mit ein.

[0019] Vorzugsweise sind der Werkzeugträger und der Werkstückträger relativ zueinander bewegbar. Insbesondere ist der Werkzeugträger vorzugsweise in einer Zustellrichtung senkrecht und insbesondere radial zur Werkstückspindelachse relativ zum Werkstückträger verschiebbar, wodurch eine radiale Position des Bearbeitungswerkzeugs und des Einzentrirsensors relativ zum vorverzahnten Werkstück veränderbar ist. Zudem weist die Werkzeugmaschine vorzugsweise einen am Werkzeugträger geführten Axialschlitten auf, welcher relativ zum Werkstückträger in einer Axialrichtung parallel zur Werkstückspindelachse verschiebbar ist, sowie einen Shiftschlitten, welcher auf dem Axialschlitten angeordnet ist. Die Werkzeugspindel und die Schwenkvorrichtung sind bevorzugt auf dem Shiftschlitten angeordnet. Durch eine Verschiebung des Axialschlittens kann also eine axiale Position des Bearbeitungswerkzeugs und des Einzentrirsensors relativ zum vorverzahnten Werkstück verändert werden. Der Shiftschlitten ist parallel zur Werkzeugspindelachse relativ zum Werkstückträger verschiebbar, wodurch eine tangential Position des Bearbeitungswerkzeugs und des Einzentrirsensors relativ zum vorverzahnten Werkstück verändert werden kann. Der Shiftschlitten kann zudem um eine parallel zur Zustellrichtung verlaufende Schwenkachse verschwenkbar sein, wodurch ein Achskreuzwinkel zwischen der Werkzeugspindelachse und der Werkstückspindelachse verändert werden kann, um eine Anpassung an einen Schrägungswinkel des zu bearbeitenden vorverzahnten Werkstücks vornehmen zu können. Dazu kann der Shiftschlitten linear verschiebbar auf einem Schwenkkörper angeordnet sein, der wiederum verschwenkbar am Axialschlitten angeordnet ist.

[0020] Auf dem Werkstückträger kann zusätzlich eine zweite Werkstückspindel angeordnet sein, wobei der Werkstückträger drehbar gelagert sein kann, um wahlweise die erste Werkstückspindel oder die zweite Werkstückspindel in eine Bearbeitungsposition drehen zu können, während auf der sich jeweils nicht in der Bearbeitungsposition befindenden Werkstückspindel das bearbeitete Werkstück entladen oder ein neues Werkstück aufgespannt werden kann.

[0021] Indem zur Positionierung des Einzentrirsensors die gleichen Schlitten und Antriebe genutzt werden können, mit denen auch die Werkzeugspindel mit dem darauf aufgespannten Bearbeitungswerkzeug in den voranstehend genannten Richtungen verschoben bzw. verschwenkt werden kann, besteht eine grosse Flexibilität bei der Positionierung des Einzentrirsensors relativ zum Werkstück, ohne das hierfür weitere Antriebe benötigt werden. Das ermöglicht eine Anpassung an Werkstücke mit unterschiedlichen Durchmesser und/oder unterschiedlichen Breiten der Verzahnung und/oder unterschiedlichen Positionen der Verzahnung entlang der Werkstückachse oder an Werkstücken mit Mehrfachverzahnungen. Ebenso wird der Aufbau der Werkzeugmaschine durch die Nutzung der oben genannten Antriebe und Schlitten kompakt gehalten.

[0022] Berührungslos arbeitende Einzentrirsensoren können beispielsweise auf einem induktiven, kapazitiven oder optischen Messprinzip basieren. Dabei kann der Einzentrirsensor eine Sensorachse definieren, welche einer Messrichtung

des Einzentrirsensors entspricht. Der Einzentrirsensor kann insbesondere dazu ausgebildet sein, ein Messsignal auszugeben, wobei jeder Einzentrirsensor einen sensorspezifischen Messbereich aufweist. Dringt Material in den Messbereich ein, so verändert sich das Messsignal. Entlang der Sensorachse gesehen kann der Einzentrirsensor eine maximale Messdistanz aufweisen: Material, das sich entlang der Sensorachse gesehen weiter als die maximale Messdistanz entfernt befindet, wird vom Einzentrirsensor nicht erfasst und verursacht somit keine Signaländerung. Das Messsignal kann analog oder digital sein. Das Messsignal kann insbesondere ein binäres Schaltsignal sein, welches anzeigt, ob sich Material innerhalb des Messbereichs befindet: Falls ja, nimmt das binäre Schaltsignal einen ersten Wert, bevorzugt eine logische Eins, an, falls nein, nimmt das binäre Schaltsignal einen zweiten Wert, bevorzugt eine logische Null, an. Das Messsignal kann aber auch ein im Wesentlichen kontinuierliches Messsignal sein, dessen Wert ein Mass für einen Abstand des Einzentrirsensors von dem Material oder für die Materialmenge im Messbereich sein kann.

[0023] Die Werkzeugmaschine kann zudem einen zweiten berührungslos arbeitenden Einzentrirsensor umfassen, der dazu ausgebildet ist, eine Phasenlage von Zähnen des Werkstücks zu ermitteln, wenn das Werkstück um die Werkstückspindelachse rotiert, wobei der zweite Einzentrirsensor ebenfalls am Sensorträger angebracht ist. Der erste Einzentrirsensor und der zweite Einzentrirsensor können insbesondere nebeneinander parallel zur Werkzeugspindelachse am Sensorträger angeordnet sein.

[0024] Die Verwendung eines zweiten Einzentrirsensors kann insbesondere bei Einzentriroperationen an Werkstücken hilfreich sein, welche eine Doppelverzahnung aufweisen.

[0025] Insbesondere kann die Verwendung eines zweiten Einzentrirsensors sinnvoll sein, wenn das doppelverzahnte Werkstück eine erste Verzahnung mit einem Modul aufweist, der sich vom Modul der zweiten Verzahnung des doppelverzahnten Werkstücks unterscheidet. Der Modul ist im vorliegenden Kontext definiert als Teilkreisdurchmesser der Verzahnung geteilt durch die Anzahl der Zähne der Verzahnung. Um eine sinnvolle Messung zu erhalten, sollte der verwendete Einzentrirsensor jeweils einen Messbereich aufweisen, welcher dem Modul der zu vermessenden Verzahnung angepasst ist. Ist der Messbereich des Einzentrirsensors im Vergleich zum Modul der Verzahnung zu gross, kann dies zu einem unbrauchbaren Ausgangssignal des Einzentrirsensors führen, da der Einzentrirsensor die Verzahnungslücken nicht mehr als solche erfassen kann (der Einzentrirsensor erfasst immer Material). Ist der Messbereich des Einzentrirsensors hingegen im Vergleich zum Modul der Verzahnung zu klein, so kann das Ausgangssignal des Einzentrirsensors verzerrt sein, da der Messbereich nicht genügend tief in die Verzahnungslücken hineinreicht und somit ungewollte Abschnitte der Zähne erfasst werden.

[0026] Der erste Einzentrirsensor weist also bevorzugt einen ersten Messbereich auf, der für einen ersten Modulbereich spezifiziert ist. Beim Einsatz der Werkzeugmaschine sollte sich dann der Modul der ersten Verzahnung des doppelverzahnten Werkstücks in diesem ersten Modulbereich befinden.

[0027] Liegt der Modul der zweiten Verzahnung des doppelverzahnten Werkstücks ausserhalb dieses ersten Modulbereichs des ersten Einzentrirsensors, kann daher die Verwendung eines zweiten Einzentrirsensors mit einem entsprechend grösseren oder kleineren zweiten Messbereich besonders hilfreich sein.

[0028] Der zweite Einzentrirsensor weist also bevorzugt einen zweiten Messbereich auf, der für einen zweiten Modulbereich spezifiziert ist, der sich von dem ersten Modulbereich unterscheidet. Beim Einsatz der Werkzeugmaschine sollte sich dann der Modul der zweiten Verzahnung des doppelverzahnten Werkstücks in dem zweiten Modulbereich befinden.

[0029] Ein Einzentriroperation für ein doppelverzahntes Werkstück kann folgende Schritte aufweisen:

Positionieren des ersten Einzentrirsensors in einer ersten Messposition zur Vermessung der ersten Verzahnung mit dem ersten Einzentrirsensor;

Ermitteln der Phasenlage der Zahnflanken der ersten Verzahnung mit dem ersten Einzentrirsensor;

Positionieren des zweiten Einzentrirsensors in einer zweiten Messposition zur Vermessung der zweiten Verzahnung mit dem zweiten Einzentrirsensor,

Ermitteln der Phasenlage der Zahnflanken der zweiten Verzahnung mit dem zweiten Einzentrirsensor;

wobei zum Positionieren des ersten und/oder des zweiten Einzentrirsensors optional der Shiftschlitten und/oder der Axialschlitten verschoben werden;

Ermitteln eines Differenzwinkels zwischen einer Referenzzahnflanke der ersten Verzahnung und einer Referenzzahnflanke der zweiten Verzahnung;

Festlegung des Wälzkopplungswinkels für die Bearbeitung mindestens einer der Verzahnungen des doppelverzahnten Werkstücks unter Berücksichtigung des ermittelten Differenzwinkels.

[0030] Vorzugsweise steht die Sensorachse in der Messposition senkrecht zur Werkstückspindelachse. Zudem sind der erste Einzentrirsensor, und gegebenenfalls ebenso der zweite Einzentrirsensor, bevorzugt derart am Sensorträger be-

festigt, dass die Sensorachse senkrecht zur Werkzeugspindelachse steht und diese bevorzugt schneidet, also radial zur Werkzeugspindelachse verläuft. Um von der Messposition in die Parkposition und vice versa zu gelangen, kann der Sensorträger um einen Schwenkwinkel verschwenkt werden, welcher zwischen 45° und 150°, bevorzugt zwischen 60° und 120° beträgt.

[0031] Für eine noch flexiblere Positionierung relativ zum Werkstück können der erste Einzentriersensor und/oder gegebenenfalls der zweite Einzentriersensor parallel zur Werkzeugspindelachse verschiebbar am Sensorträger angebracht sein.

[0032] Der erste Einzentriersensor und/oder gegebenenfalls der zweite Einzentriersensor können manuell verschiebbar sein. Alternativ kann der Sensorträger einen Sensorantrieb umfassen, welcher dazu ausgebildet ist, den ersten Einzentriersensor zur Verschiebung parallel zur Werkzeugspindelachse anzutreiben. Der Sensorantrieb kann insbesondere eine numerisch gesteuerte (NC)-Achse umfassen. Beispielsweise kann der Sensorantrieb einen Elektromotor und eine Gewindespindel umfassen, welche auf dem Sensorträger angeordnet sind. Der Sensorantrieb kann weiter dazu ausgebildet ist, auch den zweiten Einzentriersensor zusammen mit dem ersten Einzentriersensor zur Verschiebung parallel zur Werkzeugspindelachse anzutreiben.

[0033] Ebenso ist es denkbar, dass der Sensorträger einen weiteren Sensorantrieb des gleichen Typs oder eines anderen Typs als der voranstehend genannte Sensorantrieb umfasst, wobei der weitere Sensorantrieb nur den zweiten Einzentriersensor zu einer Verschiebung parallel zur Werkzeugspindelachse antreibt, so dass der erste Einzentriersensor und der zweite Einzentriersensor unabhängig voneinander zu einer Verschiebung parallel zur Werkzeugspindelachse angetrieben werden können.

[0034] Der Vorteil einer gesteuerten Verschiebbarkeit mindestens eines Einzentriersensors liegt insbesondere darin, dass dessen Position entlang der Werkzeugspindelachse gesteuert an einen Bereich des Bearbeitungswerkzeugs, welcher aktuell zum Eingriff mit dem zu bearbeitenden Werkstück vorgesehen ist, angepasst werden kann. Insbesondere Schleifschnecken können entlang der Werkzeugspindelachse verschieden ausgebildete Bereiche für verschiedene Bearbeitungsvorgänge wie z.B. Schruppen, Schlichten oder Polieren aufweisen. Indem die axiale Position des Einzentriersensors entlang der Werkzeugspindelachse relativ zur Schleifschnecke verändert werden kann, können Verfahrenswege der Schleifschnecke zwischen dem Einzentrieren und der anschliessenden Werkstückbearbeitung minimiert werden. Beispielsweise kann sich die Schleifschnecke während der Einzentrieroperation bezüglich der Shiftrichtung bereits in einer Schleifposition befinden, in welcher anschliessend das Werkstück bearbeitet wird. Dadurch können die Einzentrieroperation und ggfs. weitere mit dem Einzentriersensor durchgeführte Messungen (z.B. Teilungs- oder Rundlaufmessungen) besonders genau und mit geringen Nebenzeiten durchgeführt werden.

[0035] Ebenso ist es denkbar, dass der erste Einzentriersensor und/oder gegebenenfalls der zweite Einzentriersensor tangential zu einem Schwenkkreis, der durch die Schwenkbewegung des jeweiligen Einzentriersensors definiert ist, manuell oder angetrieben verschiebbar ist. Insbesondere wenn sich die Schwenkvorrichtung in einer Winkellage befindet, in welcher die Sensorachse des ersten und/oder des zweiten Einzentriersensors senkrecht zur Werkstückachse stehen, kann auf diese Weise ein Schnittpunkt der Sensorachse mit der Werkstückachse in Axialrichtung entlang der Werkstückachse unabhängig von einer Position des Axialschlittens verschoben werden.

[0036] Zusätzlich oder alternativ kann der Sensorträger ein Gelenk umfassen, das eine Gelenkachse definiert, welche versetzt zur Werkzeugspindelachse verläuft, wobei der erste Einzentriersensor und/oder gegebenenfalls der zweite Einzentriersensor um die Gelenkachse verschwenkbar sind, wodurch eine Lage der Sensorachse des ersten Einzentriersensors und/oder gegebenenfalls des zweiten Einzentriersensors unabhängig von einer Winkellage der Schwenkvorrichtung justiert werden können. Die Gelenkachse kann dabei parallel oder senkrecht zur Werkzeugspindelachse verlaufen.

[0037] Die Schwenkvorrichtung kann eine erste Lagerstruktur umfassen, wobei der Sensorträger an der ersten Lagerstruktur um die Werkzeugspindelachse verschwenkbar gelagert ist. Die Lagerstruktur kann insbesondere eine Wälzlageranordnung aufweisen, wobei die Wälzlageranordnung beispielsweise ein Schrägkugellager, insbesondere ein Schrägkugellagerpaar, oder ein Kreuzrollenlager umfassen kann.

[0038] Das Bearbeitungswerkzeug weist bevorzugt auf:

ein proximales Werkzeugende und ein distales Werkzeugende, welches dem proximalen Werkzeugende axial entlang der Werkzeugspindelachse gegenüberliegt,

wobei die Werkzeugspindel dazu ausgebildet sein kann, das Bearbeitungswerkzeug vom proximalen Werkzeugende her anzutreiben.

[0039] Die erste Lagerstruktur kann proximal vom proximalen Werkzeugende angeordnet sein kann.

[0040] Die Werkzeugspindel kann insbesondere einen Antriebsmotor zum rotatorischen Antrieb des Bearbeitungswerkzeugs aufweisen, wobei der Antriebsmotor bevorzugt eine Werkzeugspindelwelle zur Rotation um die Werkzeugspindelachse antreibt.

[0041] Die Werkzeugspindel kann ein Antriebsmotorgehäuse umfassen, in welchem der Antriebsmotor angeordnet ist.

[0042] Die erste Lagerstruktur kann axial entlang der Werkzeugspindelachse zwischen dem Antriebsmotor und dem Bearbeitungswerkzeug angeordnet sein. Insbesondere kann die erste Lagerstruktur an einem Werkzeugspindellagerflansch der Werkzeugspindel befestigt sein, wobei der Werkzeugspindellagerflansch eine Öffnung zur Aufnahme der Werkzeugspindelwelle aufweist und bevorzugt starr am Antriebsmotorgehäuse befestigt ist.

[0043] Alternativ kann die erste Lagerstruktur distal vom distalen Werkzeugende angeordnet sein. In einem solchen Fall kann die erste Lagerstruktur beispielsweise fix am Shiftschlitten befestigt sein.

[0044] In gewissen Ausführungsformen kann der Sensorträger einen Sensorträgerarm umfassen, welcher sich radial von der Werkzeugspindelachse, bevorzugt über einen maximalen Radius des Bearbeitungswerkzeugs hinaus, erstreckt. Der Sensorträger kann insbesondere einen Trägerkörper aufweisen, welcher konzentrisch zur Werkzeugspindelachse angeordnet ist und von dem sich der Sensorträgerarm radial nach aussen erstreckt. Der Trägerkörper und der Sensorträgerarm können aus einem Stück gefertigt sein oder lösbar miteinander verbunden sein. Der erste Einzentriersensor und gegebenenfalls der zweite Einzentriersensor können an einem freistehenden Ende des Sensorträgerarms befestigt sein.

[0045] In gewissen Ausführungsformen kann der Sensorträger einen Sensorträgerarm umfassen, welcher „L-förmig“ ausgebildet ist, d.h. der Sensorträgerarm kann einen ersten Abschnitt umfassen, welcher sich bezüglich der Werkzeugspindelachse radial erstreckt, bevorzugt über einen maximalen Radius des Bearbeitungswerkzeugs hinaus, sowie einen zweiten Abschnitt, welcher sich dem ersten Abschnitt anschliesst und sich parallel zur Werkzeugspindelachse, bevorzugt entlang des Bearbeitungswerkzeugs, erstreckt. Dabei können der erste und/oder gegebenenfalls der zweite Einzentriersensor entlang des zweiten Abschnitts des Sensorträgerarms angeordnet sein.

[0046] In einer Ausführungsform, in welcher die erste Lagerstruktur distal vom distalen Werkzeugende angeordnet ist, kann die Schwenkvorrichtung zudem eine zweite Lagerstruktur umfassen, wobei der Sensorträger zusätzlich auch an der zweiten Lagerstruktur verschwenkbar gelagert ist, wobei die zweite Lagerstruktur axial entlang der Werkzeugspindelachse zwischen der Werkzeugspindel und dem Bearbeitungswerkzeug angeordnet ist, und wobei sich der Sensorträger vom proximalen Werkzeugende zum distalen Werkzeugende erstreckt.

[0047] Insbesondere kann der Sensorträger in einer solchen Ausführungsformen „U-förmig“ ausgebildet sein, d.h. der voranstehend genannte Sensorträgerarm kann zusätzlich zum ersten und zweiten Abschnitt einen dritten Abschnitt umfassen, welcher sich dem zweiten Abschnitt anschliesst und sich parallel zum ersten Abschnitt, d.h. radial zur Werkzeugspindelachse erstreckt. Dabei kann der dritte Abschnitt des Sensorträgerarms an der zweiten Lagerstruktur verschwenkbar gelagert sein, während der erste Abschnitt an der ersten Lagerstruktur verschwenkbar gelagert ist und sich der zweite Abschnitt entlang des Bearbeitungswerkzeugs erstreckt, so dass der Sensorträgerarm bügelartig das Bearbeitungswerkzeug umgreift. Der zweite Abschnitt kann dabei mit dem ersten Abschnitt und/oder dem dritten Abschnitt auf lösbare Art und Weise, beispielsweise über eine Hakenverbindung, eine Rastverbindung, eine Schraubverbindung oder eine Magnetverbindung, verbunden sein, wodurch der bügelartige Sensorträgerarm geöffnet werden kann, um ein Auswechseln des Bearbeitungswerkzeugs zu erleichtern.

[0048] Unabhängig vom Vorhandensein einer zweiten Lagerstruktur kann die erste Lagerstruktur, insbesondere wenn sie distal vom distalen Werkzeugende angeordnet ist, eine Schutzwand aufweisen. Die Schutzwand ist in einem solchen Fall bevorzugt am distalen Werkzeugende distal vom Sensorträger angeordnet und erstreckt sich bevorzugt in einer Ebene senkrecht zur Werkzeugspindelachse.

[0049] Um Wiederholbarkeit und Genauigkeit der Messposition zu gewährleisten, kann die Schwenkvorrichtung einen Messpositionsanschlag aufweisen, an welchem der Sensorträger in der Messposition anschlägt.

[0050] Der Messpositionsanschlag kann zwischen dem distalen Werkzeugende und der Schutzwand angeordnet sein, wobei sich die Schutzwand vorzugsweise bezüglich der Werkzeugspindelachse radial derart erstreckt, dass der Messpositionsanschlag entlang der Werkzeugspindelachse in Richtung des proximalen Werkzeugendes betrachtet, von der Schutzwand verdeckt wird, und wobei der Messpositionsanschlag, vom proximalen Werkzeugende aus entlang der Werkzeugspindelachse betrachtet, vorzugsweise vom Sensorträger, insbesondere vom Trägerkörper des Sensorträgers, verdeckt wird. Der Messpositionsanschlag kann insbesondere an einer dem Sensorträger zugewandten Innenseite der Schutzwand befestigt sein.

[0051] Dadurch kann der Messpositionsanschlag vor Verunreinigungen, welche beispielsweise während der Bearbeitungsprozesses des Werkstücks entstehen können, geschützt werden.

[0052] Alternativ oder zusätzlich kann ein Bereich des Messpositionsanschlags mit Druckluft beaufschlagt werden, um das Eindringen von Verunreinigungen zu verhindern und bevorzugt gleichzeitig die Anschlagflächen des Messpositionsanschlags von allfälligen Verunreinigungen zu befreien.

[0053] Bevorzugt umfasst die Schwenkvorrichtung einen Schwenkvorrichtungsantrieb, welcher dazu ausgebildet ist, den Sensorträger zwischen der Messposition und der Parkposition zu verschwenken.

[0054] Ist eine Schutzwand wie voranstehend beschrieben vorhanden, kann der Schwenkvorrichtungsantrieb auf einer vom Sensorträger abgewandten Seite der Schutzwand angeordnet sein und mit dem Sensorträger durch die Schutzwand hindurch, beispielsweise mittels eines sich durch einen bogenförmigen Schlitz in der Schutzwand erstreckenden Verbin-

dungsstifts, verbunden sein. Alternativ kann sich der Schwenkvorrichtungsantrieb auch auf einer dem Sensorträger zugewandten Seite der Schutzwand befinden.

[0055] Der Schwenkvorrichtungsantrieb kann einen Linearantrieb umfassen, welcher ein mit dem Sensorträger verbundenes Antriebselement aufweist, wobei das Antriebselement in einer senkrecht zur Werkzeugspindelachse stehenden Ebene tangential zu einem Schwenkkreis, welcher konzentrisch zur Werkzeugspindelachse ist, linear ausfahrbar ist, und wobei der Linearantrieb um eine parallel zur Werkzeugspindelachse verlaufenden Lagerachse drehbar gelagert ist.

[0056] Die Parkposition kann dabei durch eine Endlage des Linearantriebs definiert sein, in welcher das Antriebselement entweder maximal ausgefahren oder maximal eingefahren, d.h. zurückgezogen, ist.

[0057] Der Linearantrieb kann beispielsweise ein elektromotorischer Antrieb, ein hydraulischer Antrieb oder ein pneumatischer Antrieb sein. Das Antriebselement kann beispielsweise eine Kolbenstange sein.

[0058] Alternativ kann der Schwenkvorrichtungsantrieb einen rotativen Motor (d.h. einen Motor zur Erzeugung einer Drehbewegung) umfassen, wobei der rotative Motor eine angetriebene Motorwelle aufweist, welche mit dem Sensorträger zusammenwirkt, und bevorzugt parallel zur Werkzeugspindelachse verläuft. Die Motorwelle definiert eine Rotationsachse des rotativen Motors, wobei die Rotationsachse entweder mit der Werkzeugspindelachse zusammenfallen kann, oder aber versetzt zur Werkzeugspindelachse angeordnet sein kann. Der rotative Motor kann insbesondere ein Elektromotor, ein hydraulischer Motor oder ein pneumatischer Motor sein. Insbesondere in Fällen, in denen die Werkzeugmaschine eine Auswuchtvorrichtung umfasst, welche zum Auswuchten des Bearbeitungswerkzeugs am distalen Werkzeugende koaxial zur Werkzeugspindelachse angeordnet ist, kann es vorteilhaft sein, wenn die Rotationsachse des Schwenkantriebs versetzt zur Werkzeugspindelachse angeordnet ist, um der Auswuchtvorrichtung nicht in die Quere zu kommen. Um dennoch eine Verschwenkung des ersten und/oder gegebenenfalls zweiten Einzentriersensors um die Werkzeugspindelachse zu bewerkstelligen, kann zusätzlich eine Transmissionsstruktur wie beispielsweise eine Stirnrad- oder Zahnriemenstufe zur Transmission einer Rotation der Motorwelle auf den Sensorträger vorgesehen sein.

[0059] Die Parkposition kann bei einem Schwenkvorrichtungsantrieb mit rotativem Motor durch eine vorgegebene, gesteuerte Drehposition der Motorwelle definiert sein.

[0060] Unabhängig der Art des Schwenkvorrichtungsantriebs kann die Parkposition alternativ auch durch einen mechanischen Parkpositionsanschlag definiert sein. Ebenso ist es denkbar, dass die Messposition durch eine vordefinierte, gesteuerte Position des Schwenkvorrichtungsantriebs, insbesondere des Antriebselements des Linearantriebs oder der Motorwelle des rotativen Motors, definiert wird.

KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

[0061] Bevorzugte Ausführungsformen der Erfindung werden im Folgenden anhand der Zeichnungen beschrieben, die lediglich zur Erläuterung dienen und nicht einschränkend auszulegen sind. In den Zeichnungen zeigen:

- Fig. 1 eine schematische perspektivische Ansicht einer Werkzeugmaschine gemäss einer ersten Ausführungsform mit dem Einzentriersensor in Messposition;
- Fig. 2 eine vergrösserte Ansicht des in Fig. 1 markierten Ausschnitts E1;
- Fig. 3 die in Fig. 1 gezeigte Ausführungsform mit dem Einzentriersensor in Parkposition;
- Fig. 4 eine vergrösserte Ansicht des in Fig. 3 markierten Ausschnitts E3;
- Fig. 5 eine perspektivische Darstellung eines Ausschnittes der Werkzeugmaschine umfassend die Werkzeugspindel und die Schwenkvorrichtung gemäss einer Abwandlung der ersten Ausführungsform;
- Fig. 6A eine Vorderansicht der in Fig. 5 gezeigten Komponenten;
- Fig. 6B eine erste Schnittdarstellung in der in Fig. 6A markierten zentralen Längsschnittebene V-V;
- Fig. 6C eine zweite Schnittdarstellung in der in Fig. 6A markierten Querschnittebene U-U;
- Fig. 7 eine schematische perspektivische Ansicht einer Werkzeugmaschine gemäss einer zweiten Ausführungsform mit dem Einzentriersensor in Messposition;
- Fig. 8 eine vergrösserte Ansicht des in Fig. 7 markierten Ausschnitts E4;
- Fig. 9 eine schematische perspektivische Ansicht einer Werkzeugmaschine gemäss einer dritten Ausführungsform mit dem Einzentriersensor in Messposition;
- Fig. 10 eine vergrösserte Ansicht des in Fig. 9 markierten Ausschnitts E5;

- Fig. 11 eine perspektivische Darstellung eines Ausschnittes der Werkzeugmaschine umfassend die Werkzeugspindel und die Schwenkvorrichtung gemäss einer Abwandlung der dritten Ausführungsform;
- Fig. 12A eine Vorderansicht der in Fig. 11 gezeigten Komponenten;
- Fig. 12B eine Schnittdarstellung in der in Fig. 12A markierten zentralen Längsschnittebene W-W;
- Fig. 13 eine schematische perspektivische Ansicht einer Werkzeugmaschine gemäss einer vierten Ausführungsform mit dem Einzentriersensor in Messposition;
- Fig. 14 eine vergrösserte Ansicht des in Fig. 13 markierten Ausschnitts E6;
- Fig. 15 eine schematische perspektivische Ansicht einer Werkzeugmaschine gemäss einer fünften Ausführungsform mit dem Einzentriersensor in Messposition;
- Fig. 16 eine vergrösserte Ansicht des in Fig. 15 markierten Ausschnitts E7;
- Fig. 17 eine schematische perspektivische Ansicht einer Werkzeugmaschine gemäss einer sechsten Ausführungsform mit dem Einzentriersensor in Messposition;
- Fig. 18 eine vergrösserte Ansicht des in Fig. 17 markierten Ausschnitts E8;
- Fig. 19 eine Abwandlung der sechsten Ausführungsform in dem in Fig. 17 markierten Ausschnitts E8 mit einem Sensorträger in einem geschlossenen Zustand, und
- Fig. 20 die Abwandlung der sechsten Ausführungsform der Fig. 19 mit einem Sensorträger in einem geöffneten Zustand.

BESCHREIBUNG BEVORZUGTER AUSFÜHRUNGSFORMEN

[0062] In den Figuren 1-20 werden Werkzeugmaschinen 1 gemäss verschiedenen Ausführungsformen der Erfindung gezeigt. Im Folgenden werden zunächst diejenigen Merkmale der Werkzeugmaschine 1 erläutert, welche in allen gezeigten Ausführungsformen auftreten.

Allgemeiner Aufbau der Werkzeugmaschine

[0063] Die Maschine weist ein Maschinenbett 11 auf, auf dem ein Werkzeugträger 12 entlang einer radialen Zustellrichtung X verschiebbar geführt ist. Am Werkzeugträger ist eine Werkzeugspindel 15 angeordnet, welche eine Werkzeugspindelachse B definiert. Die Werkzeugspindel umfasst einen Antriebsmotorgehäuse 151, in welchem ein Antriebsmotor 1512 angeordnet ist, und eine Werkzeugspindelwelle 152, welche im Antriebsmotorgehäuse 151 um die Werkzeugspindelachse B rotierbar ist und vom Antriebsmotor 1512 angetrieben wird. Auf der Werkzeugspindel 15 ist ein Bearbeitungswerkzeug in Form einer schneckenförmig profilierten Schleifscheibe (Schleifschnecke) 16 aufgespannt. Die Schleifschnecke 16 wird vom Antriebsmotor 1512 zu einer Drehung um eine Werkzeugspindelachse B angetrieben. Die Werkzeugspindel 15 mit der aufgespannten Schleifschnecke 16 ist entlang einer Shiftrichtung Y relativ zum Werkzeugträger 12 verschiebbar. Um die Werkzeugspindel 15 entlang der Shiftrichtung Y zu verschieben, ist ein Shiftschlitten 14 vorgesehen, auf welchem die Werkzeugspindel 15 angeordnet ist. Die Werkzeugspindel 15 mit der aufgespannten Schleifschnecke 16 ist zudem entlang einer Vorschubrichtung Z relativ zum Werkzeugträger verschiebbar. Um die Werkzeugspindel 15 entlang der Vorschubrichtung Z zu verschieben, kann ein Axialschlitten vorgesehen sein (nicht eingezeichnet), auf welchem der Shiftschlitten 14 und somit die Werkzeugspindel 15 angeordnet ist.

[0064] Um eine Anpassung an den Schrägungswinkel der zu bearbeitenden Verzahnung zu ermöglichen, ist der Shiftschlitten und somit die darauf angeordnete Werkzeugspindel 15 um eine parallel zur X-Achse verlaufende Schwenkachse (die sogenannte A-Achse) verschwenkbar. Dazu dient ein Schwenkkörper 141, der gegenüber dem Axialschlitten um die A-Achse verschwenkbar ist und auf dem der Shiftschlitten 14 linear verschiebbar angeordnet ist.

[0065] Das Maschinenbett 11 trägt des Weiteren einen Werkstückträger 20, welcher als Drehturm ausgebildet sein kann, der um eine Achse C3 zwischen zwei oder mehr Stellungen verschwenkbar ist. Auf dem Werkstückträger ist eine Werkstückspindel 21 angeordnet. Auf der Werkstückspindel 21 ist ein Werkstück 23 aufspannbar und zu einer Rotation um eine Werkstückspindelachse C1 antreibbar. Die in den Figuren 1, 3, 7, 9, 13, 15 und 17 sichtbare Werkstückspindel 21 befindet sich in einer Bearbeitungsposition, in der das Werkstück 23 mit der Schleifschnecke 16 bearbeitet werden kann. Um ein noch unbearbeitetes Werkstück (Rohteil) aufzuspannen, bevorzugt durch einen automatischen Werkstückwechsler (nicht gezeigt), kann der Werkstückträger 20 um die Achse C3 in eine Werkstückwechselposition verschwenkt werden.

[0066] Wenn das neu zu bearbeitende Werkstück aufgespannt ist, wird eine Einzentrieroperation durchgeführt. Dazu wird die Werkstückspindel 21 in Drehung versetzt, und die Lage der Zahnücken des Werkstücks 23 wird mit Hilfe eines

berührungslos arbeitenden Einzentriersensors 31 vermessen. Auf Basis dieser Messung wird der Wälzkopplungswinkel festgelegt.

[0067] Die Werkzeugmaschine 1 weist eine Schwenkvorrichtung auf, welche am Werkzeugträger 12 angeordnet ist. Die Schwenkvorrichtung umfasst einen Sensorträger 40, an dem der Einzentriersensor 31 angebracht ist. Die Schwenkvorrichtung ist dazu ausgebildet, den Einzentriersensor 31 um die Werkzeugspindelachse B zwischen einer Messposition, in welcher die Einzentrieroperation durchgeführt wird, und einer Parkposition, in welcher sich der Einzentriersensor 31 während der Bearbeitung des Werkstücks 23 befindet, zu verschwenken.

[0068] Befindet sich die Werkstückspindel 21, die das zu bearbeitende Werkstück 23 trägt, in der Bearbeitungsposition, wird das Werkstück 23 durch Verschiebung des Werkzeugträgers 12 entlang der X-Achse kollisionsfrei mit der Schleifschnecke 16 in Eingriff gebracht. Das Werkstück 23 wird nun durch die Schleifschnecke 16 im Wälzeingriff bearbeitet. Dies erfolgt durch einen oder mehrere Bearbeitungshübe, beispielsweise einen oder mehrere Schrupphübe, gefolgt von einem oder mehreren Schlichthüben. Optional können sich einer oder mehrere Polierhübe anschliessen. Während jedes Bearbeitungshubs wird die Schleifschnecke 16 bei konstanter oder variabler radialer X-Zustellung laufend entlang der Z-Achse relativ zum Werkstück 23 vorgeschoben (sogenannter Axialhub). Gleichzeitig wird die Werkzeugspindel 15 kontinuierlich oder schrittweise entlang der Shiftachse Y verschoben, um noch unverbrauchte Bereiche der Schleifschnecke 16 bei der Bearbeitung zum Einsatz kommen zu lassen (sogenannte Shiftbewegung).

Erste Ausführungsform

[0069] In den Figuren 1-4 ist schematisch eine Werkzeugmaschine 1 zur Bearbeitung der Zahnflanken vorverzahnter Werkstücke gemäß einer ersten Ausführungsform der Erfindung dargestellt. Die Figuren 1 und 3 zeigen jeweils in einer vereinfachten Darstellung eine perspektivische Ansicht der Werkzeugmaschine 1. Die Figuren 2 und 4 zeigen jeweils vergrößerte Ansichten der in den Figuren 1 und 3 markierten Ausschnitte. Die Figur 5 zeigt eine perspektivische Darstellung eines Ausschnittes der Werkzeugmaschine 1 umfassend den Shiftschlitten 14, die Werkzeugspindel 15 und die Schwenkvorrichtung mit dem Sensorträger 40 und dem Einzentriersensor 31 gemäß einer Abwandlung der ersten Ausführungsform. Fig. 6A zeigt eine Vorderansicht der in Fig. 5 gezeigten Komponenten, Fig. 6B zeigt eine erste Schnittdarstellung in der in Fig. 6A markierten zentralen Längsschnittebene V-V, und Fig. 6C zeigt eine zweite Schnittdarstellung in der in Fig. 6A markierten Querschnittebene U-U.

[0070] Fig. 2 zeigt eine vergrößerte Ansicht des in Fig. 1 markierten Ausschnitts E1, in welchem der Einzentriersensor 31 in der Messposition zu sehen ist. Der Einzentriersensor 31 weist eine Sensorachse S auf, welche eine Messrichtung definiert. In der Messposition steht die Sensorachse S bevorzugt senkrecht zur Werkstückspindelachse C1.

[0071] Das Bearbeitungswerkzeug, im gezeigten Beispiel die Schleifschnecke 16, weist ein proximales Werkzeugende auf, welches der Werkzeugspindel 15 zugewandt ist, und ein distales Werkzeugende, welches dem proximalen Werkzeugende axial entlang der Werkzeugspindelachse B gegenüberliegt. Die Schwenkvorrichtung weist eine Lagerstruktur auf, welche auf dem Shiftschlitten 14 befestigt ist, und an welcher der Sensorträger 40 verschwenkbar gelagert ist.

[0072] In dieser ersten Ausführungsform ist die Lagerstruktur distal vom distalen Werkzeugende angeordnet und umfasst eine Schutzwand 50, welche sich in einer Ebene senkrecht zur Werkzeugspindelachse B erstreckt. Der Sensorträger 40 und der Einzentriersensor 31 befinden sich axial zwischen dem distalen Werkzeugende und der Schutzwand 50. Die Schutzwand 50 ist am Shiftschlitten 14 befestigt. Um ein Auswechseln der Schleifschnecke 16 zu ermöglichen, ist die Schutzwand 50 bevorzugt verschwenkbar oder abnehmbar am Shiftschlitten 14 befestigt.

[0073] Der Sensorträger 40 weist in der hier gezeigten ersten Ausführungsform einen Sensorträgerarm 41 auf, welcher sich radial von der Werkzeugspindelachse B weg erstreckt, wobei sich der Einzentriersensor 31 am freistehenden Ende des Sensorträgerarms 41 befindet und radial über einen maximalen Radius der Schleifschnecke 16 hinausragt, damit der Einzentriersensor 31 für die Einzentriermessung nahe genug am Werkstück 23 positioniert werden kann, ohne dass die Schleifschnecke 16 dabei mit dem Werkstück 23 kollidiert. Wie in Fig. 5 dargestellt, kann der Sensorträgerarm 41 in einer Abwandlung der ersten Ausführungsform an seinem freistehenden Ende abgewinkelt sein.

[0074] Der Schwenkvorrichtungsantrieb, welcher dazu ausgebildet ist, den Sensorträger 40 von der Messposition in die Parkposition und vice versa zu verschwenken, umfasst in dieser ersten Ausführungsform einen Linearantrieb 60, welcher auf einer vom Sensorträger 40 abgewandten Seite der Schutzwand 50 angeordnet ist. Der Linearantrieb 60 umfasst ein Antriebselement 61 in Form einer Kolbenstange, welche in einer Ebene parallel zur Schutzwand 50 linear ausfahrbar ist. Das Antriebselement 61 ist mit dem Sensorträger 40 über einen Verbindungsstift 63 verbunden, welcher sich parallel zur Werkzeugspindelachse B durch einen Schlitz 51 in der Schutzwand 50 erstreckt. Der Schlitz 51 ist bogenförmig und entspricht einem Bogensegment eines Kreises, der konzentrisch zur Werkzeugspindelachse B angeordnet ist.

[0075] Der Linearantrieb 60 weist an einem dem Antriebselement 61 entgegengesetzten Ende ein Drehlager 62 auf, welches eine Lagerachse D definiert, um die der Linearantrieb 60 drehbar gelagert ist, wobei die Lagerachse D parallel, aber versetzt zur Werkzeugspindelachse verläuft. Zur Verschwenkung des Sensorträgers 40 wird das Antriebselement 61 ein- oder ausgefahren. Dabei vollführt das Antriebselement eine Bewegung mit einer Bewegungskomponente in tangentialer Richtung, wobei sich der Term „tangentialer Richtung“ in diesem Kontext auf einen Schwenkkreis bezieht, der durch die Schwenkbewegung des Sensorträgers definiert ist. Der Verbindungsstift 63, welcher mit dem Antriebselement verbunden

ist, wird entlang des bogenförmigen Schlitzes 51 geführt, was zu einer Verschwenkung des Linearantriebs 60 um die Lagerachse D und gleichzeitig zu einer Verschwenkung des Sensorträgers 40 um die Werkzeugspindelachse B führt. Der Verbindungsstift 63 kann dabei drehbar mit dem Antriebselement und starr mit dem Sensorträger verbunden sein, oder aber starr mit dem Antriebselement und drehbar mit dem Sensorträger verbunden sein.

[0076] In Fig. 3 wird die Werkzeugmaschine 1 in einem Zustand gezeigt, in welchem sich der Einzentriersensor 31 in einer Parkposition befindet. Fig. 4 zeigt eine vergrößerte Ansicht des in Fig. 3 markierten Ausschnitts E3, in welchem die Parkposition vergrößert zu sehen ist. In der hier gezeigten ersten Ausführungsform ist die Parkposition durch eine Endlage des Linearantriebs 60 definiert, in welcher das Antriebselement 61 maximal eingefahren (zurückgezogen) ist. Der Einzentriersensor 31 ist in dieser Parkposition nach unten, d.h. in Richtung des Maschinenbetts 11, gerichtet.

[0077] Der Linearantrieb kann beispielsweise durch einen elektrischen, hydraulischen oder pneumatischen Zylinder gebildet werden.

[0078] Fig. 5 zeigt eine detailliertere und vergrößerte perspektivische Ansicht der Schwenkvorrichtung und der Werkzeugspindel 15, wobei die Werkzeugspindel 15 eine Auswuchtvorrichtung aufweist, welche in den Figuren 1-4 nicht zu sehen ist. Die Auswuchtvorrichtung weist einen in den Figuren 6A und 6C sichtbaren Wuchtkopf 153 auf, welcher sich im Wesentlichen innerhalb der Werkzeugspindelwelle 152 befindet, sowie ein Kommunikationsmodul 154 zum Senden und/oder Empfangen von Signalen an den bzw. von dem Wuchtkopf 153. Das Kommunikationsmodul 154 ist in der hier gezeigten Ausführungsform an der Schutzwand 50 befestigt, wobei die Schutzwand 50 ein Durchgangsloch für Anschlüsse 155 des Kommunikationsmoduls aufweist. Wie in Fig. 5 durch einen gestrichelten Pfeil angedeutet, kann die Schutzwand umklappbar sein, um ein Auswechseln der Schleifschnecke 16 zu erleichtern.

[0079] In Fig. 6B ist eine Schnittansicht der Schwenkvorrichtung zu sehen, welche einen mechanischen Messpositionsanschlag 52 aufweist, der an einer der Schleifschnecke 16 zugewandten Seite der Schutzwand 50 angeordnet und mit durch die Schutzwand 50 hindurchragenden Schrauben 521 (siehe Fig. 5) an dieser befestigt ist. Der Sensorträger 40 umfasst einen hohlzylinderförmigen Trägerkörper 42, von welchem der Sensorträgerarm 41 radial nach aussen absteht. Der Sensorträgerarm 41 kann dabei aus einem Stück mit dem Trägerkörper gefertigt sein. Im Inneren des Trägerkörpers 42 ist konzentrisch eine Lagerbuchse 53 angeordnet, welcher an der Schutzwand 50 befestigt ist. Zwischen der Lagerbuchse 53 und dem Trägerkörper 42 ist eine ringförmige Wälzlageranordnung angeordnet, wobei die Wälzlageranordnung, wie in Fig. 6C gezeigt, insbesondere zwei axial benachbarte, ringförmige Schrägkugellager 54 umfassen kann. Der Trägerkörper 42 weist auf seiner der Schutzwand 50 zugewandten Seite eine bogenförmige, konzentrisch bezüglich der Werkzeugspindelachse angeordnete Nut 43 auf, in welcher der Messpositionsanschlag 52 angeordnet ist. Im Trägerkörper 42 kann tangential zur Werkzeugspindelachse eine Anschlagsschraube 44 eingeschraubt sein, mit welcher die Messposition bezüglich ihrer Winkellage eingestellt werden kann, bevorzugt derart, dass die Sensorachse S senkrecht zur Werkstückspindelachse C1 steht. Die Anschlagsschraube 44 wird nach ihrer Einstellung fixiert. In der Messposition schlägt die Anschlagsschraube 44 entlang einer ersten Schwenkrichtung am Messpositionsanschlag 52 an, was zu einer definierten und wiederholbaren Winkelposition des auf dem Sensorträger 40 angebrachten Einzentriersensors 31 führt.

[0080] Um die Präzision zu gewährleisten, sollte der Messpositionsanschlag 52 und die Anschlagsschraube 44 vor Verunreinigungen, die vor allem während der Bearbeitung des Werkstücks 23 entstehen können, geschützt sein. Die Schutzwand 50 erstreckt sich also vorteilhafterweise derart radial bezüglich der Werkzeugspindelachse B, dass der Messpositionsanschlag 52, entlang der Werkzeugspindelachse B in Richtung der Werkzeugspindel 15 betrachtet, von der Schutzwand 50 verdeckt wird. In der hier gezeigten Ausführungsform wird der Messpositionsanschlag 52 von der anderen Seite, also von der Werkzeugspindel entlang der Werkzeugspindelachse betrachtet, vom Trägerkörper 42 des Sensorträgers 40 verdeckt. Zudem kann der Bereich des Messpositionsanschlages 52 mit Druckluft beaufschlagt werden, um das Eindringen von Verunreinigungen zu verhindern und in einer bevorzugten Ausführungsform gleichzeitig die Anschlagflächen von allfälligen Verunreinigungen zu befreien.

Zweite Ausführungsform

[0081] In den Figuren 7 und 8 ist schematisch eine Werkzeugmaschine 1 zur Bearbeitung der Zahnflanken vorverzahnter Werkstücke gemäß einer zweiten Ausführungsform der Erfindung dargestellt, wobei Fig. 8 eine vergrößerte Ansicht des in Fig. 7 markierten Ausschnitts E4 zeigt.

[0082] Diese zweite Ausführungsform unterscheidet sich von der voranstehend beschriebenen ersten Ausführungsform nur dadurch, dass der Schwenkantrieb einen rotativen Motor 70 anstelle eines Linearantriebs umfasst. Im Kontext der ersten Ausführungsform angeführte Beschreibungen von Merkmalen, welche in den Figuren 7 und 8 die gleichen Referenzzeichen wie in den Figuren 1 bzw. 2 aufweisen, gelten analog für die zweite Ausführungsform. Der rotative Motor 70 weist eine Motorwelle auf, welche durch die Schutzwand 50 hindurch mit dem Sensorträger 40 zusammenwirkt und parallel zur Werkzeugspindelachse B verläuft. In der hier dargestellten zweiten Ausführungsform ist die Rotationsachse R der Motorwelle versetzt zur Werkzeugspindelachse B angeordnet. Ein derartiger Versatz kann notwendig sein, falls am distalen Ende der Schleifschnecke 16, wie in den Figuren 5-6C gezeigt, zusätzlich eine Auswuchtvorrichtung für die Schleifschnecke 16 konzentrisch zur Werkzeugspindelachse B angebracht ist. Um bei einem versetzt zur Werkzeugspindelachse B angeordneten rotativen Motor 70 dennoch eine Verschwenkung des Sensorträgers um die Werkzeugspindelachse B zu erzeugen, befindet sich auf der vom rotativen Motor 70 abgewandten Seite der Schutzwand 50 eine Transmissionsstruk-

tur, wie beispielsweise eine Stirnrad- oder Zahnriemenstufe (in den Figuren 7 und 8 nicht sichtbar), zur Transmission der Rotation der Motorwelle auf den Sensorträger 40. In einer (nicht gezeigten) Variante wäre es allerdings auch denkbar, den rotativen Motor derart anzuordnen, dass die Rotationsachse der Motorwelle mit der Werkzeugspindelachse B zusammenfällt, wodurch auf eine Transmissionsstruktur verzichtet werden kann.

[0083] In dieser zweiten Ausführungsform kann ebenfalls ein mechanischer Messpositionsanschlag zur Definition der Messposition wie voranstehend beschrieben vorgesehen sein, während die Parkposition durch eine vordefinierte, gesteuerte Drehposition der Motorwelle gegeben sein kann.

Dritte Ausführungsform

[0084] In den Figuren 9 und 10 ist schematisch eine Werkzeugmaschine 1 zur Bearbeitung der Zahnflanken vorverzahnter Werkstücke gemäss einer dritten Ausführungsform der Erfindung dargestellt, wobei Fig. 10 eine vergrösserte Ansicht des in Fig. 9 markierten Ausschnitts E5 zeigt.

[0085] Die dritte Ausführungsform unterscheidet sich von der voranstehend beschriebenen ersten Ausführungsform dadurch, dass sich die Lagerstruktur, an welcher der Sensorträger 40 mit dem Einzentriersensor 31 verschwenkbar gelagert ist, proximal vom proximalen Ende der Schleifschnecke 16 zwischen der Schleifschnecke 16 und dem Antriebsmotorgehäuse 151 befindet. Insbesondere kann die Lagerstruktur direkt am Antriebsmotorgehäuse 151 oder an einem Werkzeugspindellagerflansch 1511 der Werkzeugspindel 15 befestigt sein.

[0086] Analog zur ersten Ausführungsform weist die Schwenkvorrichtung der in den Figuren 9 und 10 gezeigten Ausführungsform ebenfalls einen Linearantrieb 60 auf, der mit dem Sensorträger 40 verbunden ist. Das Drehlager 62 des Linearantriebs 60 ist in dieser dritten Ausführungsform allerdings, wie in den Figuren 9 und 10 gezeigt, direkt am Antriebsmotorgehäuse 151 befestigt.

[0087] In den Figuren 11-12B ist eine Abwandlung der dritten Ausführungsform gezeigt, in welcher ein rotativer Motor 70 anstelle eines Linearantriebs verwendet wird, und in welcher die Werkzeugspindel 15, wie im Zusammenhang mit der zweiten Ausführungsform voranstehend beschrieben, eine Auswuchtvorrichtung aufweist.

[0088] Fig. 11 zeigt eine perspektivische Darstellung eines Ausschnittes der Werkzeugmaschine umfassend die Werkzeugspindel 15 und die Schwenkvorrichtung mit dem Sensorträger 40 und dem Einzentriersensor 31. Fig. 12A zeigt eine Vorderansicht der in Fig. 11 gezeigten Komponenten und Fig. 12B zeigt eine Schnittdarstellung in der in Fig. 12A markierten zentralen Längsschnittebene W-W.

[0089] In den Figuren 11-12B ist eine Stützwand 80 zu sehen, welche distal vom distalen Ende der Schleifschnecke 16 angeordnet ist. Diese Stützwand 80 dient in der vorliegenden Ausführungsform als Haltestruktur für das Kommunikationsmodul 154 der Auswuchtvorrichtung und ist, im Gegensatz zur Schutzwand 50 in den Fig. 5-6C, nicht Teil der Schwenkvorrichtung für den Einzentriersensor. Die Lagerstruktur der Schwenkvorrichtung ist in der in den Figuren 11-12B gezeigten Ausführungsform am Werkzeugspindellagerflansch 1511 angeordnet, wobei der Werkzeugspindellagerflansch 1511 fix am Antriebsmotorgehäuse 151 befestigt ist und eine Öffnung zur Aufnahme der rotierenden Werkzeugspindelwelle 152 aufweist. Der Sensorträger 40 umfasst einen Trägerkörper 42, von welchem der Sensorträgerarm 41 radial nach aussen absteht. Die Lagerstruktur umfasst eine ringförmige Wälzlageranordnung, wobei die Wälzlageranordnung insbesondere ein Kreuzrollenlager 55 umfasst, welches radial zwischen dem Werkzeugspindellagerflansch 1511 und dem Trägerkörper 42 angeordnet ist, derart, dass der Trägerkörper 42 mit dem Sensorträgerarm 41 relativ zum feststehenden Werkzeugspindellagerflansch 1511 verschwenkbar ist. Zum Antrieb der Schwenkbewegung ist ein rotativer Motor 70 vorgesehen, welcher eine Motorwelle 71 aufweist, die mit Trägerkörper 42 des Sensorträgers 40 über eine Transmissionsstruktur 72, insbesondere einer Zahnradstufe, verbunden ist.

Vierte Ausführungsform

[0090] In den Figuren 13 und 14 ist schematisch eine Werkzeugmaschine 1 zur Bearbeitung der Zahnflanken vorverzahnter Werkstücke gemäss einer vierten Ausführungsform der Erfindung dargestellt, wobei Fig. 14 eine vergrösserte Ansicht des in Fig. 13 markierten Ausschnitts E6 zeigt.

[0091] Die vierte Ausführungsform unterscheidet sich von der voranstehend beschriebenen ersten Ausführungsform dadurch, dass der Sensorträgerarm 41 „L-förmig“ ausgebildet ist, d.h. einen sich bezüglich der Werkzeugspindelachse B radial erstreckenden ersten Abschnitt 411, sowie einen sich axial parallel zur Werkzeugspindelachse B erstreckenden zweiten Abschnitt 412 aufweist, und dass ein zweiter Einzentriersensor 32 auf dem Sensorträgerarm 41 angeordnet ist. Der erste Einzentriersensor 31 und der zweite Einzentriersensor 32 sind dabei nebeneinander auf dem zweiten Abschnitt 412 des Sensorträgerarms 41 angeordnet, wobei der erste Einzentriersensor 31 und/oder der zweite Einzentriersensor 32 entlang der Werkzeugspindelachse B manuell verschoben werden können.

[0092] Die Verwendung eines zweiten Einzentriersensors 32 bietet Vorteile bei Werkstücken 23, welche eine Doppelverzahnung aufweisen, i.e. eine erste Verzahnung 231 und eine zweite Verzahnung 232, welche, wie in Fig. 13 gezeigt, entlang der Werkstückspindelachse C1 konzentrisch übereinander angeordnet sind. Insbesondere vorteilhaft ist die Verwendung eines zweiten Einzentriersensors, wenn die erste Verzahnung 231 einen Modul aufweist, der sich vom Modul der zweiten Verzahnung 232 unterscheidet.

Fünfte Ausführungsform

[0093] In den Figuren 15 und 16 ist schematisch eine Werkzeugmaschine 1 zur Bearbeitung der Zahnflanken vorverzahneter Werkstücke gemäss einer fünften Ausführungsform der Erfindung dargestellt, wobei Fig. 16 eine vergrösserte Ansicht des in Fig. 15 markierten Ausschnitts E7 zeigt.

[0094] Die fünfte Ausführungsform unterscheidet sich von der voranstehend beschriebenen ersten Ausführungsform dadurch, dass der Sensorträgerarm 41 „U-förmig“ ausgebildet ist, d.h. einen sich bezüglich der Werkzeugspindelachse B radial erstreckenden ersten Abschnitt 411, einen sich axial parallel zur Werkzeugspindelachse B erstreckenden zweiten Abschnitt 412, sowie einen sich bezüglich der Werkzeugspindelachse B radial erstreckenden dritten Abschnitt 413 aufweist, und dass ein zweiter Einzentriersensor 32 auf dem Sensorträgerarm 41 angeordnet ist. Der erste Einzentriersensor 31 und der zweite Einzentriersensor 32 sind dabei nebeneinander auf dem zweiten Abschnitt 412 des Sensorträgerarms 41 angeordnet, wobei der erste Einzentriersensor 31 und/oder der zweite Einzentriersensor 32 entlang der Werkzeugspindelachse B manuell verschoben werden können. Der Sensorträgerarm 41 bildet in dieser fünften Ausführungsform einen Bügel, welcher die Schleifschnecke 16 überspannt, da sich der zweite Abschnitt 412 vom proximalen Ende zum distalen Ende der Schleifschnecke 16 erstreckt. Die Schwenkvorrichtung weist dabei eine erste Lagerstruktur mit einer Schutzwand 50 auf, die analog zu den voranstehend beschriebenen ersten, zweiten und vierten Ausführungsformen distal vom distalen Ende der Schleifschnecke 16 angeordnet ist. Weiter weist die Schwenkvorrichtung in dieser fünften Ausführungsform eine zweite Lagerstruktur auf, an welcher der dritte Abschnitt des Sensorträgerarms 413 drehbar gelagert ist, und welche sich zwischen dem proximalen Ende der Schleifschnecke 16 und dem Antriebsmotorgehäuse 151 befindet. Die zweite Lagerstruktur kann beispielsweise analog zu der in Fig. 12B gezeigten Lagerstruktur ausgebildet sein, also insbesondere am Werkzeugspindellagerflansch 1511 angeordnet sein und ein sich ringförmig um den Werkzeugspindellagerflansch 1511 erstreckendes Wälzlager aufweisen. Der Schwenkvorrichtungsantrieb ist in dieser fünften Ausführungsform, wie für die erste Ausführungsform beschrieben, distal von der Schutzwand 50 angeordnet und mit dem Sensorträger 40 durch die Schutzwand 50 hindurch verbunden.

Sechste Ausführungsform

[0095] In den Figuren 17 und 118 ist schematisch eine Werkzeugmaschine 1 zur Bearbeitung der Zahnflanken vorverzahneter Werkstücke gemäss einer sechsten Ausführungsform der Erfindung dargestellt, wobei Fig. 18 eine vergrösserte Ansicht des in Fig. 17 markierten Ausschnitts E8 zeigt.

[0096] Die sechste Ausführungsform unterscheidet sich von der voranstehend beschriebenen fünften Ausführungsform lediglich dadurch, dass am Sensorträgerarm 41, konkret am dritten Abschnitt 413 des Sensorträgerarms 41, ein Sensorantrieb 33 angeordnet ist, welcher den ersten Einzentriersensor 31 zu einer Verschiebung parallel zur Werkzeugspindelachse B entlang des zweiten Abschnitts 412 des Sensorträgerarms 41 antreibt (anstelle einer manuellen Verschiebung).

[0097] Die Figuren 19 und 20 zeigen eine Abwandlung der sechsten Ausführungsform, bei welcher sich der zweite Abschnitt 412 des Sensorträgerarms 41 vom ersten Abschnitt 411 lösen lässt, um den Bügel zu öffnen und so beispielsweise ein Auswechseln der Schleifschnecke zu erleichtern. Insbesondere kann der zweite Abschnitt 412, wie in Fig. 20 gezeigt, um eine parallel zum dritten Abschnitt 413 verlaufende Achse verschwenkbar sein und über eine Hakenverbindung am ersten Abschnitt 411 eingehängt werden. Alternativ können der erste Abschnitt 411 und der zweite Abschnitt 412 beispielsweise über eine Rastverbindung, über eine Steckverbindung, über eine Schraubverbindung oder über eine Magnetverbindung lösbar miteinander verbunden sein. Des Weiteren kann auch zwischen dem zweiten Abschnitt 412 und dem dritten Abschnitt 413 eine lösbare Verbindung vorhanden sein (nicht gezeigt).

Weitere Abwandlungen

[0098] Selbstverständlich sind viele Abwandlungen der gezeigten Ausführungsbeispiele möglich, und die Erfindung ist nicht auf diese Ausführungsbeispiele beschränkt.

[0099] Insbesondere kann es sich bei dem Bearbeitungswerkzeug auch um eine Profilschleifscheibe, einen Wälzfräser oder einen Scheibenfräser handeln.

BEZUGSZEICHENLISTE

[0100]

1	Werkzeugmaschine
11	Maschinenbett
12	Werkzeugträger
14	Shiftschlitten
141	Schwenkkörper
15	Werkzeugspindel
151	Antriebsmotorgehäuse
1511	Werkzeugspindellagerflansch
1512	Antriebsmotor
152	Werkzeugspindelwelle

153	Wuchtkopf
154	Kommunikationsmodul
155	Anschlüsse
16	Schleifschnecke
20	Werkstückträger
21	Werkstückspindel
23	Werkstück
31	erster Einzentriersensor
32	zweiter Einzentriersensor
33	Sensorantrieb
40	Sensorträger
41	Sensorträgerarm
411	erster Abschnitt
412	zweiter Abschnitt
413	dritter Abschnitt
42	Trägerkörper
43	Nut
44	Anschlagsschraube
50	Schutzwand
51	Schlitz
52	Messpositionsanschlag
521	Schrauben
53	Lagerbüchse
54	Schräggugellager
55	Kreuzrollenlager
60	Linearantrieb
61	Antriebsselement
62	Drehlager
63	Verbindungsstift
70	rotativer Motor
71	Motorwelle
72	Transmissionsstruktur
80	Stützwand
A	Schwenkachse
B	Werkzeugspindelachse
C1	Werkstückspindelachse
D	Lagerachse
S	Sensorachse
R	Rotationsachse
X	Zustellrichtung
Y	Shiftrichtung
Z	Axialrichtung

Patentansprüche

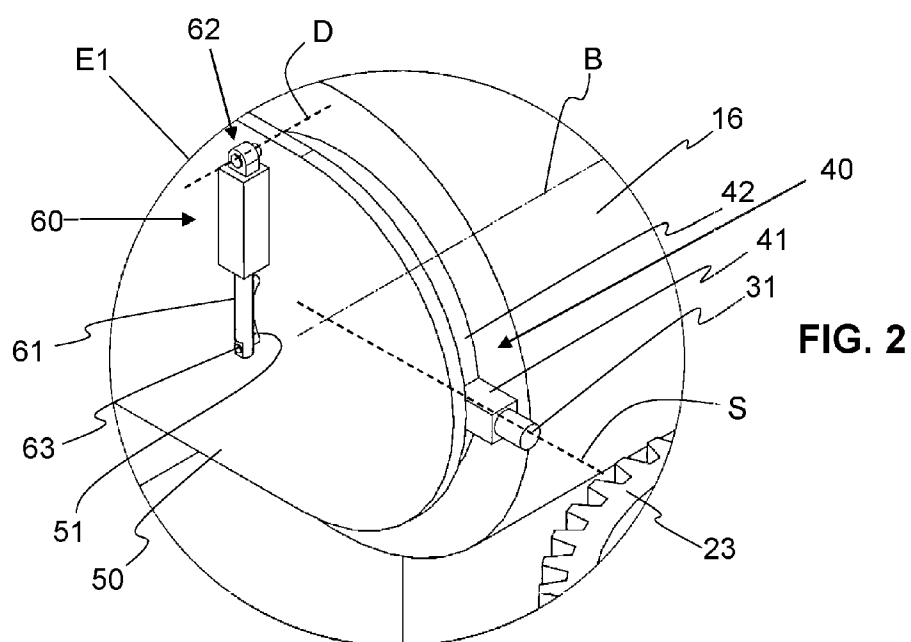
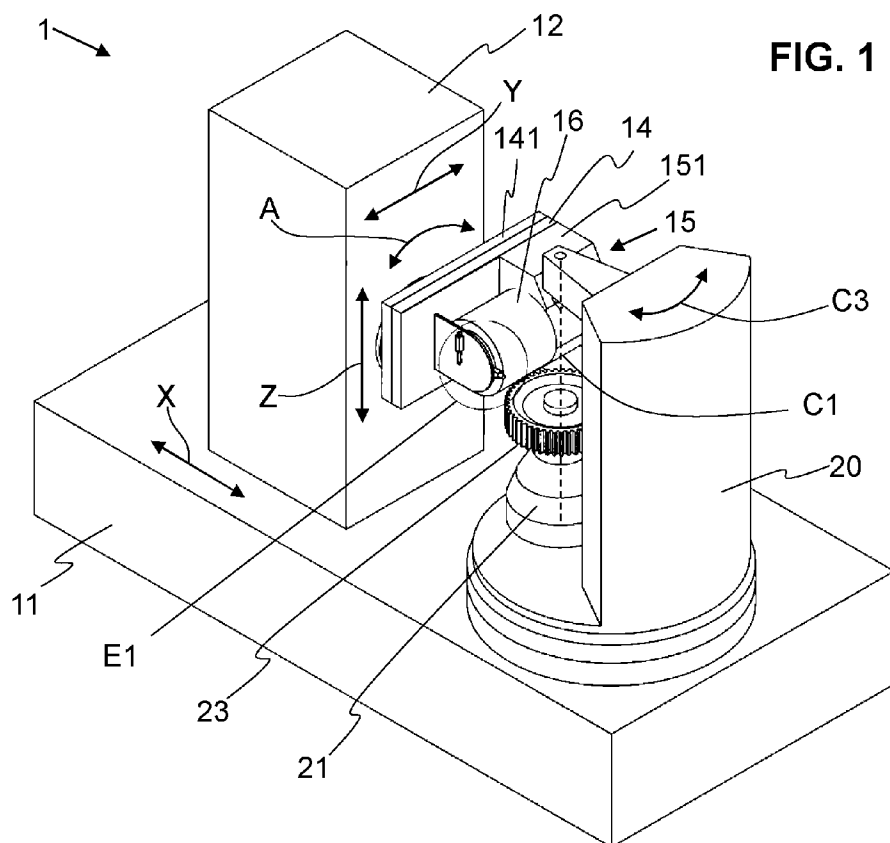
1. Werkzeugmaschine für die Bearbeitung vorverzahnter Werkstücke (23), aufweisend:
einen Werkzeugträger (12), an dem eine Werkzeugspindel (15) zum rotatorischen Antrieb eines Bearbeitungswerkzeugs (16) um eine Werkzeugspindelachse (B) angeordnet ist;
einen Werkstückträger (20), an dem eine Werkstückspindel (21) zum rotatorischen Antrieb eines zu bearbeitenden vorverzahnten Werkstücks (23) um eine Werkstückspindelachse (C1) angeordnet ist,
einen ersten berührungslos arbeitenden Einzentriersensor (31), der dazu ausgebildet ist, eine Phasenlage von Zähnen des Werkstücks (23) zu ermitteln, wenn das Werkstück um die Werkstückspindelachse (C1) rotiert, und
eine Schwenkvorrichtung, wobei die Schwenkvorrichtung einen verschwenkbaren Sensorträger (40) umfasst, an welchem der erste Einzentriersensor (31) angebracht ist, um den ersten Einzentriersensor (31) zwischen einer Messposition und einer Parkposition zu verschwenken,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Schwenkvorrichtung am Werkzeugträger (12) angeordnet ist, und
dass die Schwenkvorrichtung dazu ausgebildet ist, den ersten Einzentriersensor (31) um die Werkzeugspindelachse (B) zu verschwenken.
2. Werkzeugmaschine nach Anspruch 1,

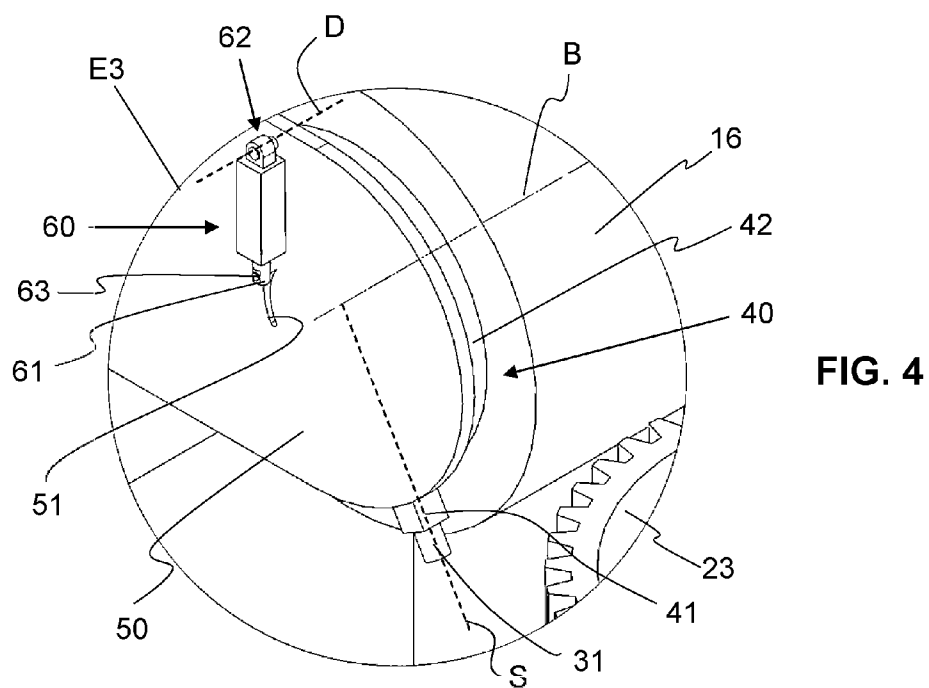
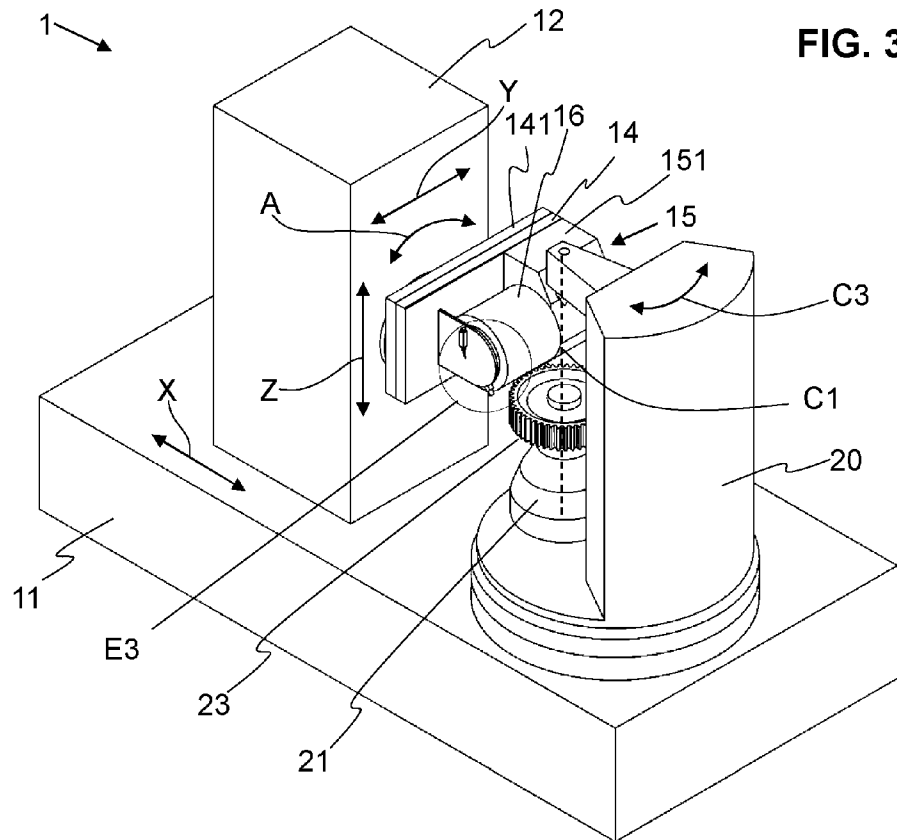
wobei der erste Einzentriersensor (31) parallel zur Werkzeugspindelachse (B) verschiebbar am Sensorträger (40) angebracht ist.

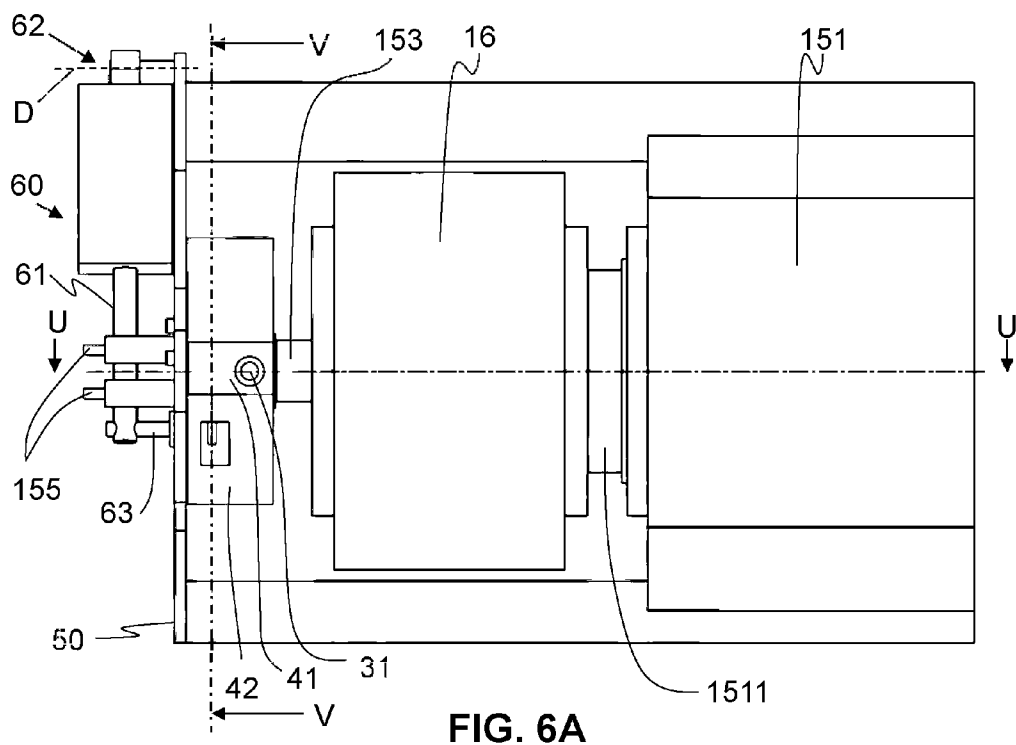
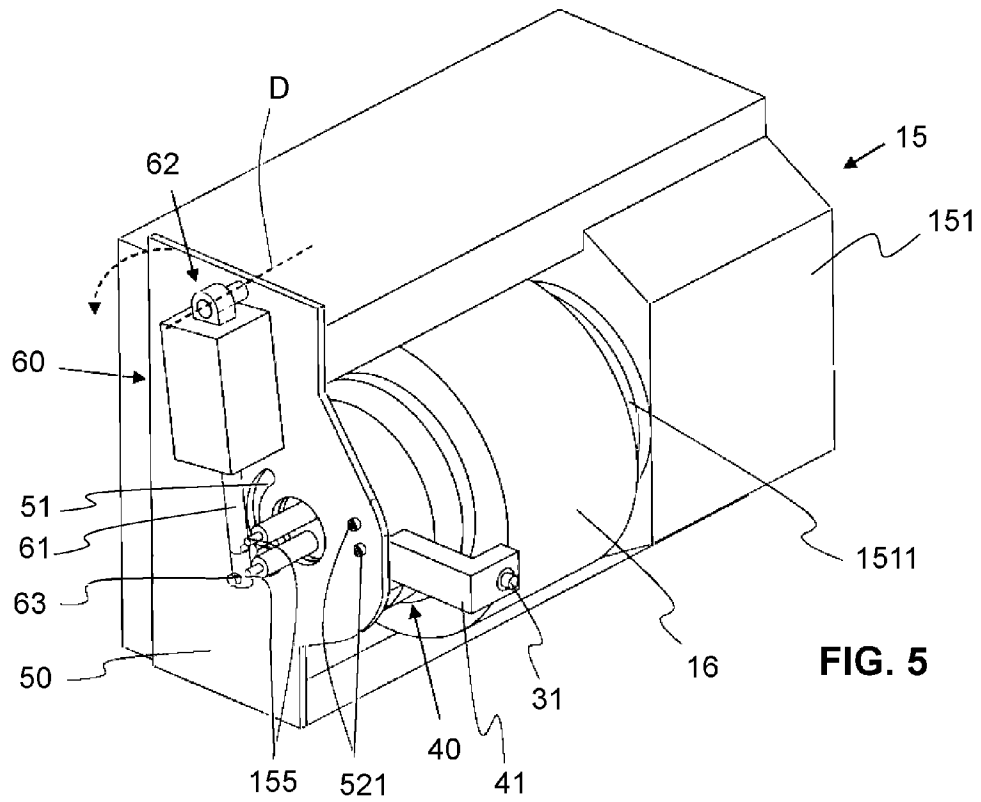
3. Werkzeugmaschine nach Anspruch 2, wobei der Sensorträger (40) einen Sensorantrieb (33) umfasst, welcher dazu ausgebildet ist, den ersten Einzentriersensor (31) zur Verschiebung parallel zur Werkzeugspindelachse (B) anzutreiben.
4. Werkzeugmaschine nach einem der vorhergehenden Ansprüche, weiter umfassend:
einen zweiten berührungslos arbeitenden Einzentriersensor (32), der dazu ausgebildet ist, eine Phasenlage von Zähnen des Werkstücks (23) zu ermitteln, wenn das Werkstück (23) um die Werkstückspindelachse (C1) rotiert, wobei der zweite Einzentriersensor (32) am Sensorträger (40), optional parallel zur Werkzeugspindelachse (B) verschiebbar, angebracht ist, und
wobei der erste Einzentriersensor (31) und der zweite Einzentriersensor (32) bevorzugt nebeneinander parallel zur Werkzeugspindelachse (B) angeordnet sind.
5. Werkzeugmaschine nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Schwenkvorrichtung eine erste Lagerstruktur umfasst, und
wobei der Sensorträger (40) an der ersten Lagerstruktur um die Werkzeugspindelachse (B) verschwenkbar gelagert ist.
6. Werkzeugmaschine nach Anspruch 5, weiter aufweisend ein Bearbeitungswerkzeug,
wobei das Bearbeitungswerkzeug (16) aufweist:
ein proximales Werkzeugende und ein distales Werkzeugende, welches dem proximalen Werkzeugende axial entlang der Werkzeugspindelachse (B) gegenüberliegt,
wobei die Werkzeugspindel (15) dazu ausgebildet ist, das Bearbeitungswerkzeug (16) vom proximalen Werkzeugende her anzutreiben, und
wobei die erste Lagerstruktur proximal vom proximalen Werkzeugende angeordnet ist.
7. Werkzeugmaschine nach Anspruch 5, weiter aufweisend ein Bearbeitungswerkzeug,
wobei das Bearbeitungswerkzeug (16) aufweist:
ein proximales Werkzeugende und ein distales Werkzeugende, welches dem proximalen Werkzeugende axial entlang der Werkzeugspindelachse (B) gegenüberliegt,
wobei die Werkzeugspindel (15) dazu ausgebildet ist, das Bearbeitungswerkzeug (16) vom proximalen Werkzeugende her anzutreiben, und
wobei die erste Lagerstruktur distal vom distalen Werkzeugende angeordnet ist.
8. Werkzeugmaschine nach Anspruch 7, wobei die Schwenkvorrichtung eine zweite Lagerstruktur umfasst, wobei der Sensorträger (40) an der zweiten Lagerstruktur verschwenkbar gelagert ist,
wobei die zweite Lagerstruktur proximal vom proximalen Werkzeugende angeordnet ist, und
wobei sich der Sensorträger (40) vom proximalen Werkzeugende zum distalen Werkzeugende erstreckt.
9. Werkzeugmaschine nach Anspruch 7 oder 8, wobei die erste Lagerstruktur eine Schutzwand (50) aufweist, welche am distalen Werkzeugende distal vom Sensorträger (40) angeordnet ist, und welche sich bevorzugt in einer Ebene senkrecht zur Werkzeugspindelachse (B) erstreckt.
10. Werkzeugmaschine nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Schwenkvorrichtung zudem aufweist:
einen Messpositionsanschlag (52), an welchem der Sensorträger (40) in der Messposition anschlägt.
11. Werkzeugmaschine nach den Ansprüchen 9 und 10, wobei der Messpositionsanschlag (52) zwischen dem distalen Werkzeugende und der Schutzwand (50) angeordnet ist,
wobei sich die Schutzwand (50) vorzugsweise bezüglich der Werkzeugspindelachse (B) radial derart erstreckt, dass der Messpositionsanschlag (52) entlang der Werkzeugspindelachse (B) in Richtung des proximalen Werkzeugendes betrachtet, von der Schutzwand verdeckt wird, und
wobei der Messpositionsanschlag (52), vom proximalen Werkzeugende aus entlang der Werkzeugspindelachse (B) betrachtet, vorzugsweise vom Sensorträger (40) verdeckt wird.
12. Werkzeugmaschine nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Schwenkvorrichtung einen Schwenkvorrichtungsantrieb umfasst, welcher dazu ausgebildet ist, den Sensorträger (40) zwischen der Messposition und der Parkposition zu verschwenken.
13. Werkzeugmaschine nach den Ansprüchen 9 und 12, wobei der Schwenkvorrichtungsantrieb auf einer vom Sensorträger (40) abgewandten Seite der Schutzwand (50) angeordnet ist und mit dem Sensorträger (40) durch die Schutzwand (50) hindurch verbunden ist.
14. Werkzeugmaschine nach Anspruch 12 oder 13, wobei der Schwenkvorrichtungsantrieb einen Linearantrieb (60) umfasst, welcher ein mit dem Sensorträger (40) verbundenes Antriebselement (61) aufweist,
wobei das Antriebselement (61) in einer senkrecht zur Werkzeugspindelachse (B) stehenden Ebene tangential zu einem Schwenkkreis, welcher konzentrisch zur Werkzeugspindelachse ist, linear ausfahrbar ist, und

wobei der Linearantrieb (60) um eine parallel zur Werkzeugspindelachse (B) verlaufenden Lagerachse (D) drehbar gelagert ist.

15. Werkzeugmaschine nach Anspruch 12 oder 13, wobei der Schwenkvorrichtungsantrieb einen rotativen Motor (70) umfasst, wobei der rotative Motor (70) eine Motorwelle (71) aufweist, welche mit dem Sensorträger (40) zusammenwirkt und parallel zur Werkzeugspindelachse (B) verläuft.







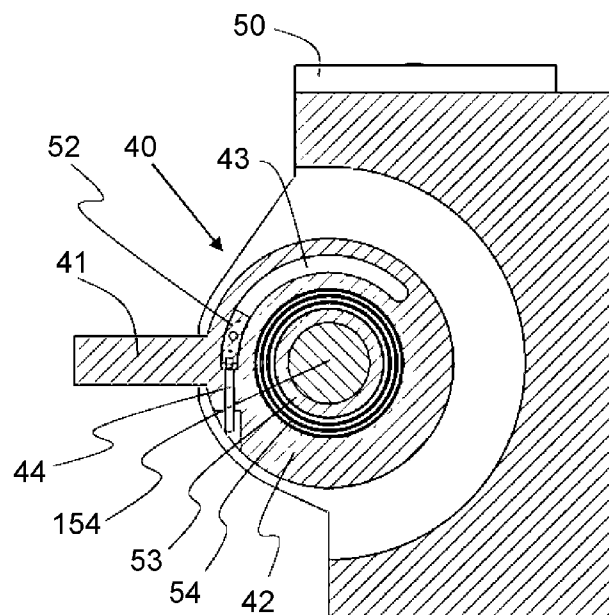


FIG. 6B

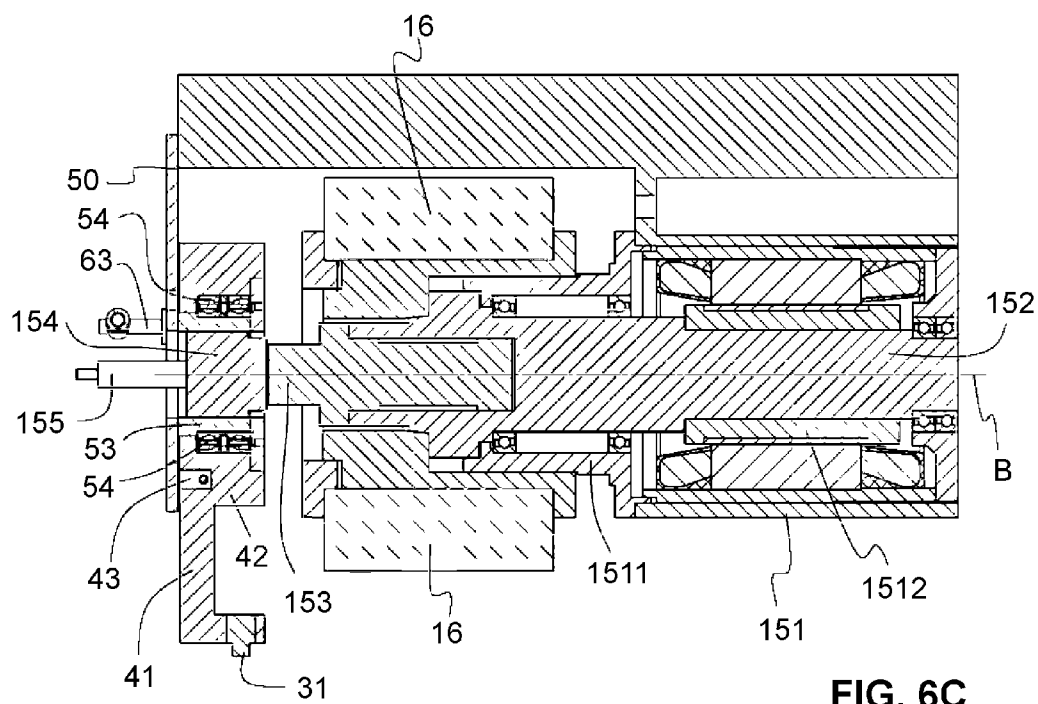


FIG. 6C

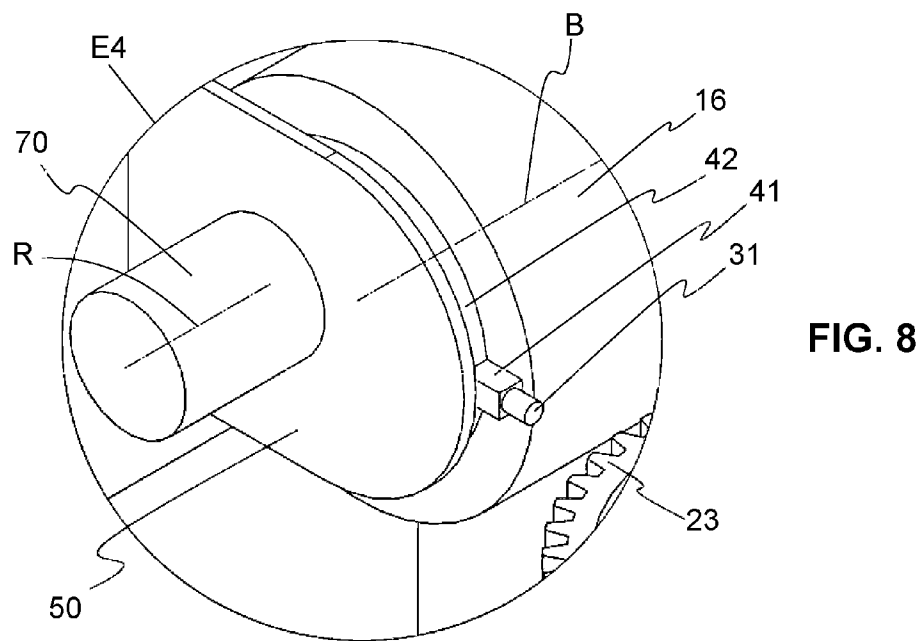
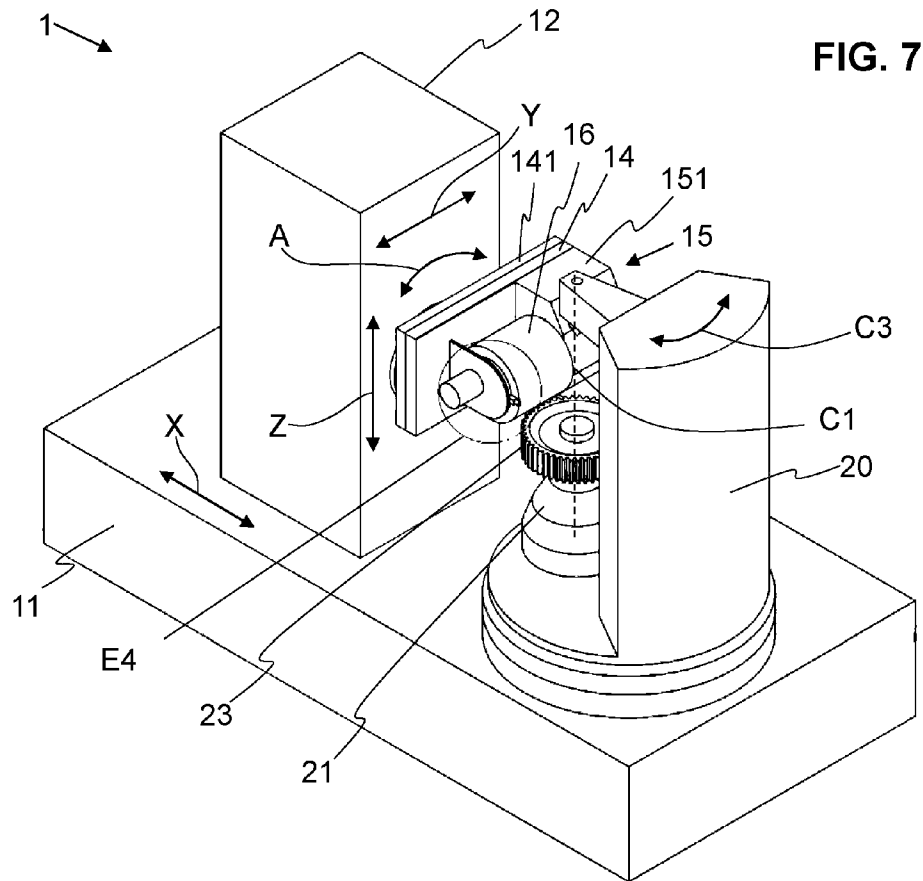


FIG. 9

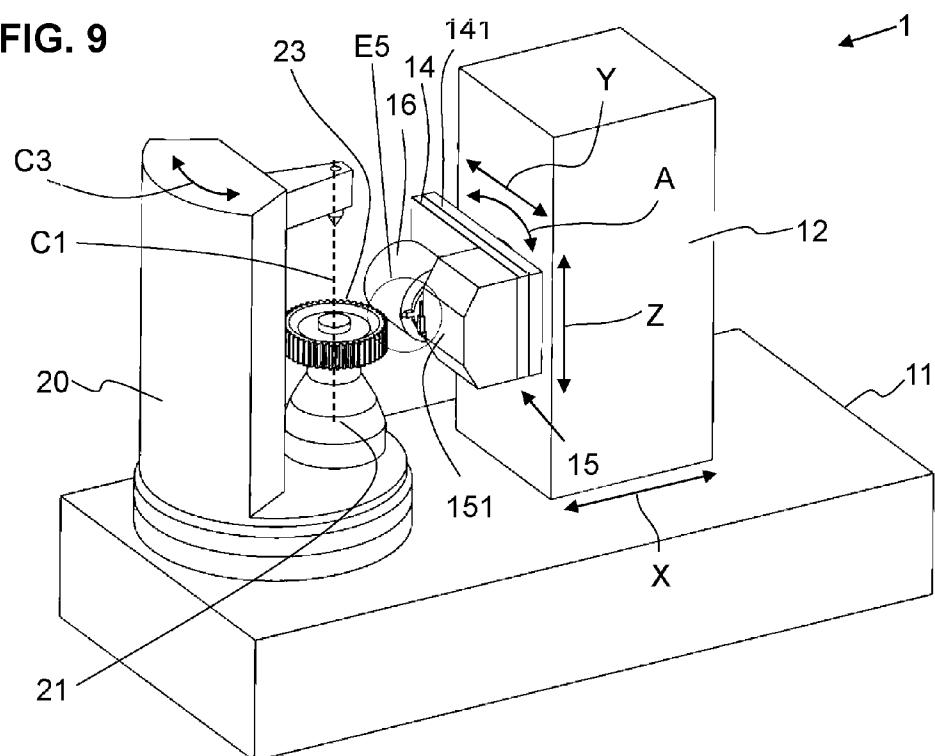


FIG. 10

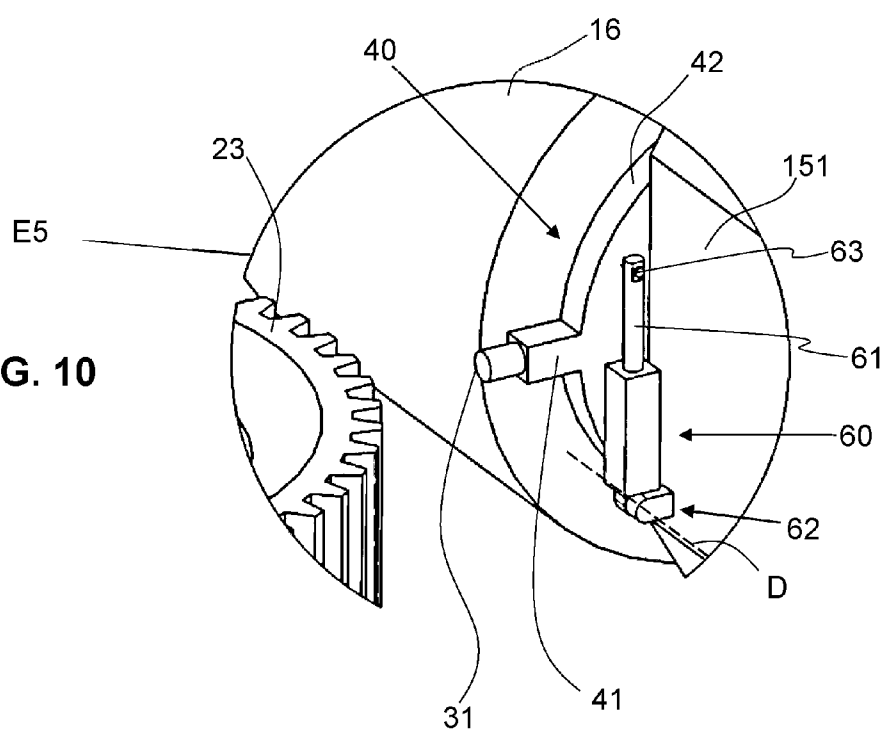


FIG. 11

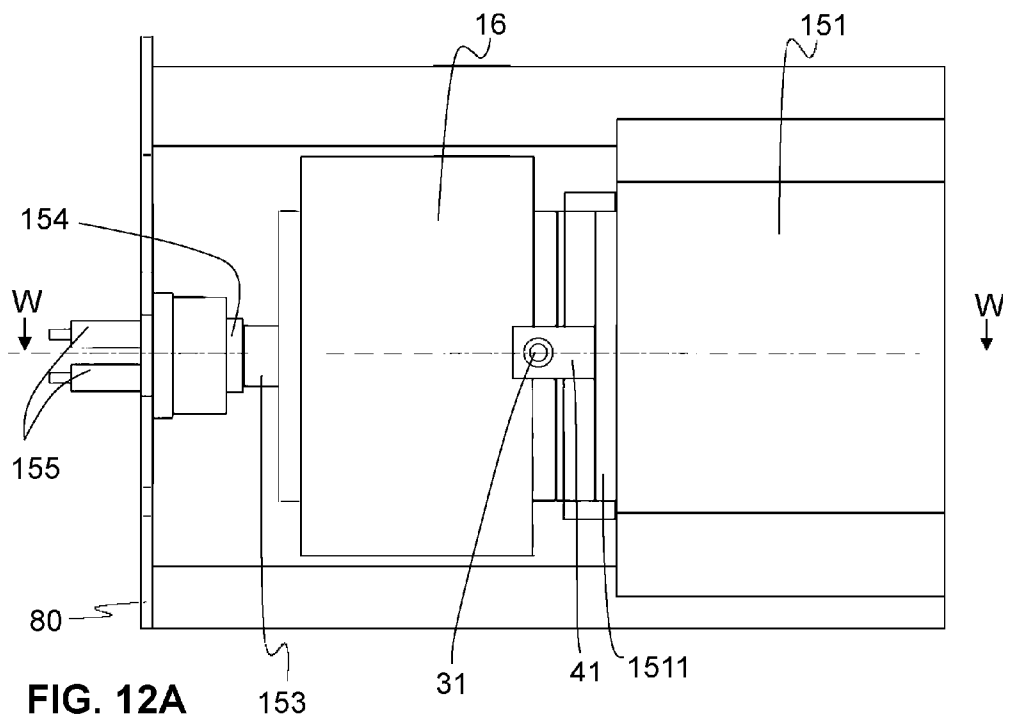
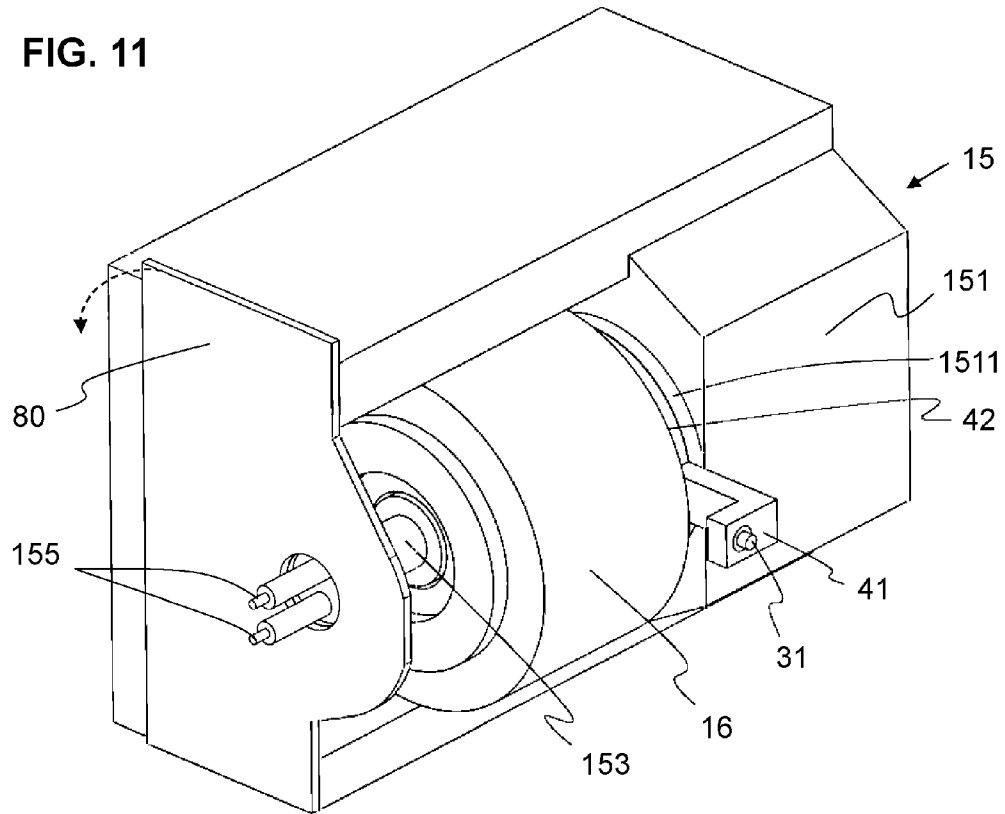
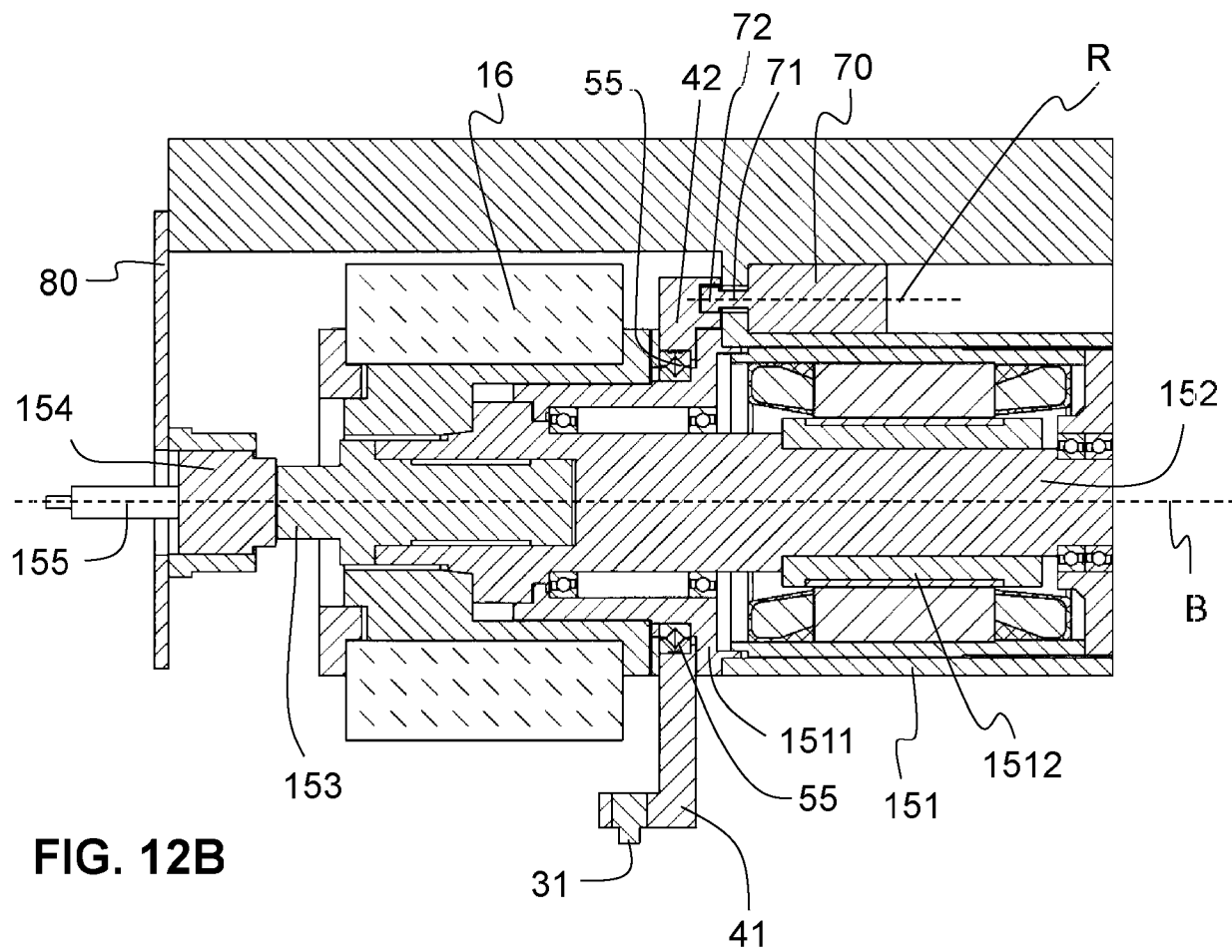
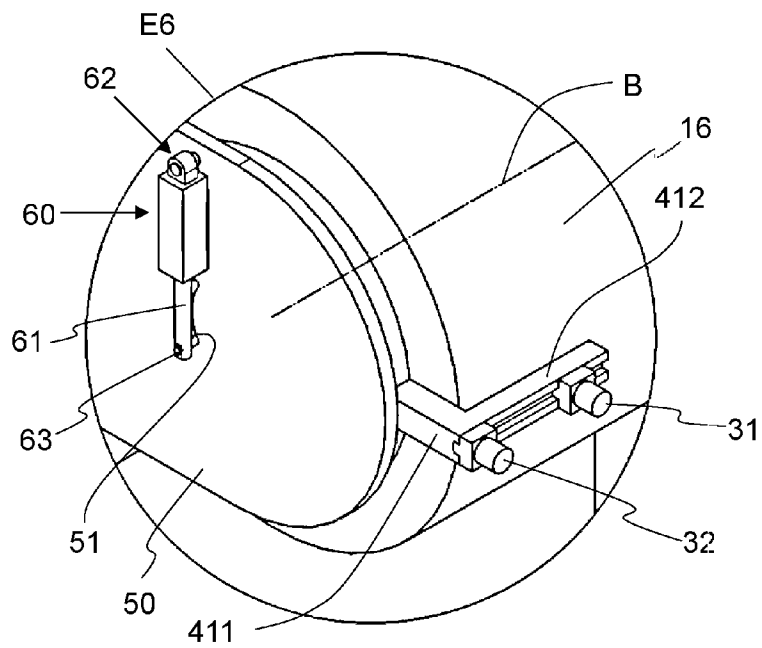
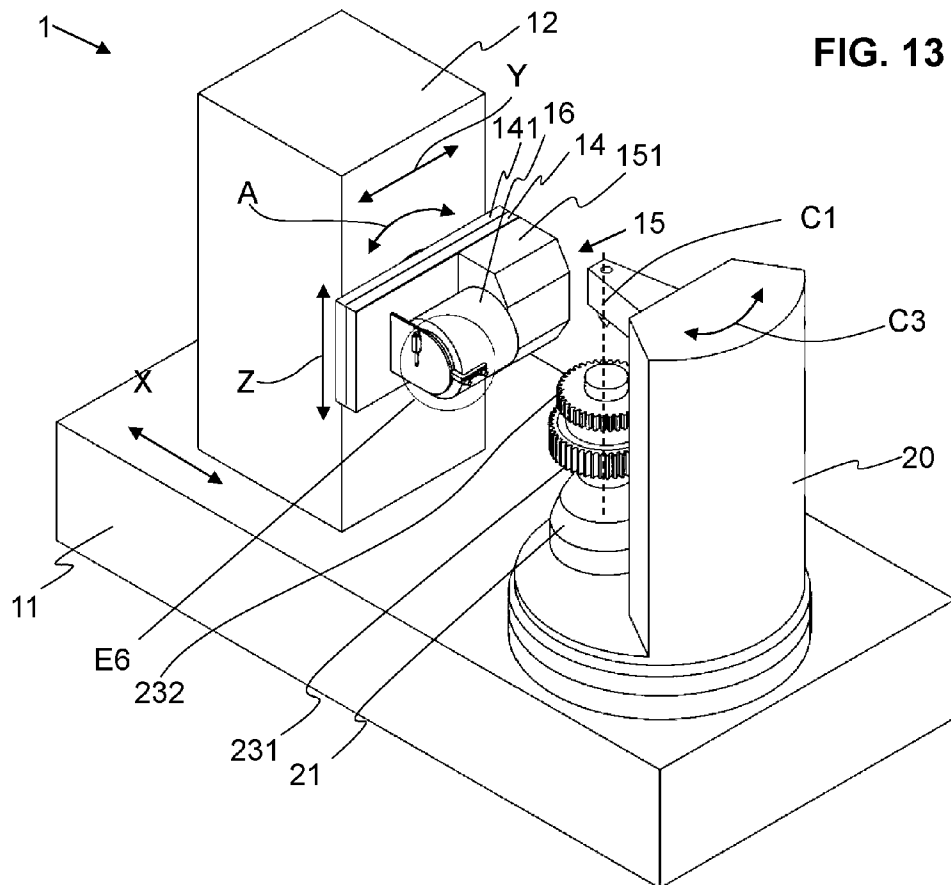
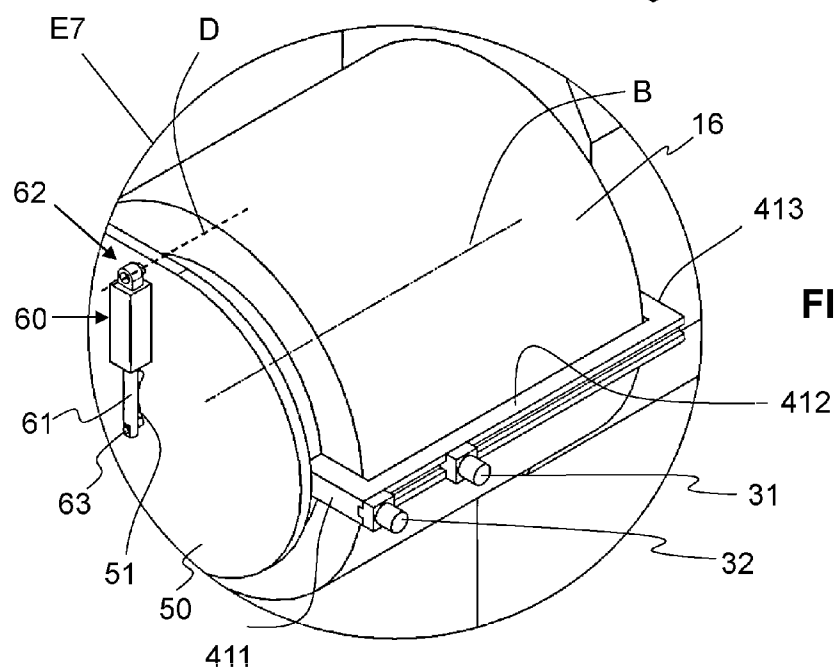
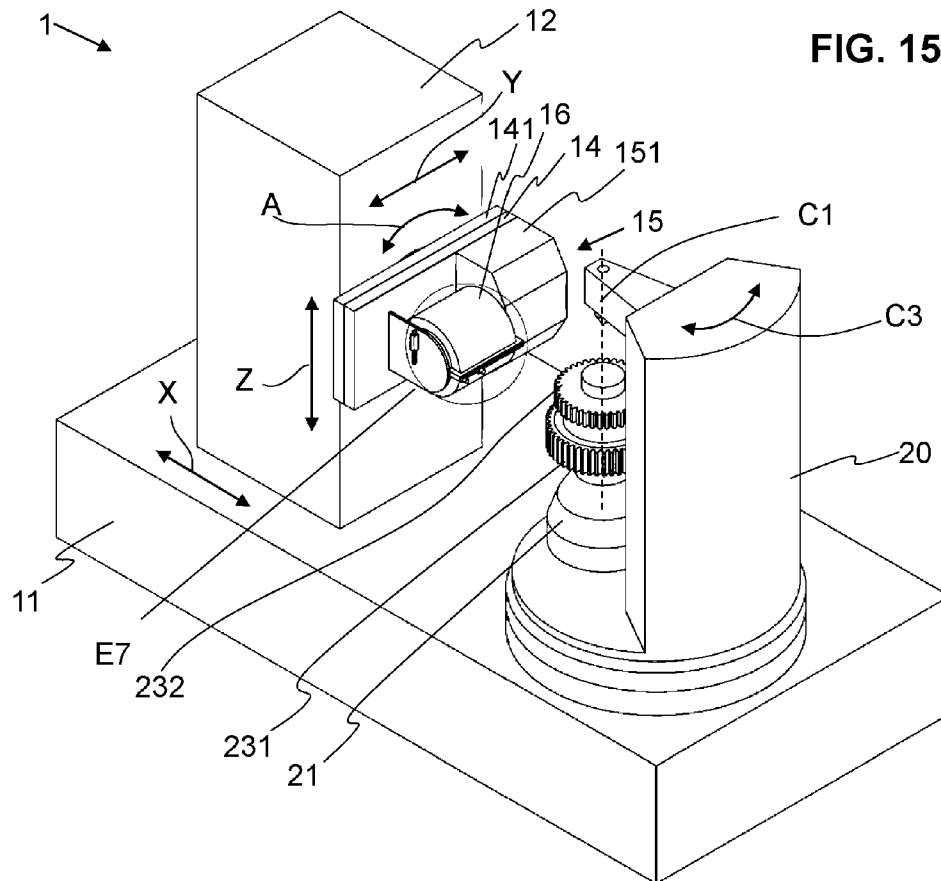
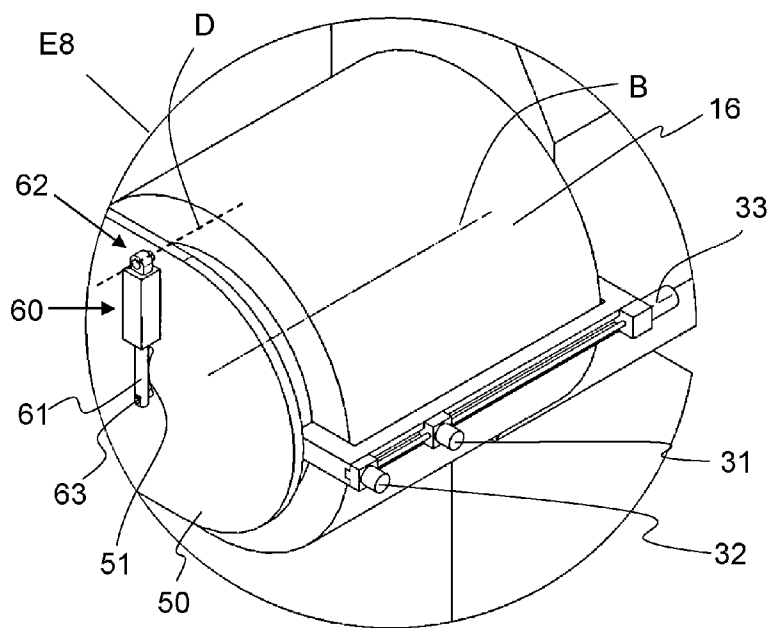
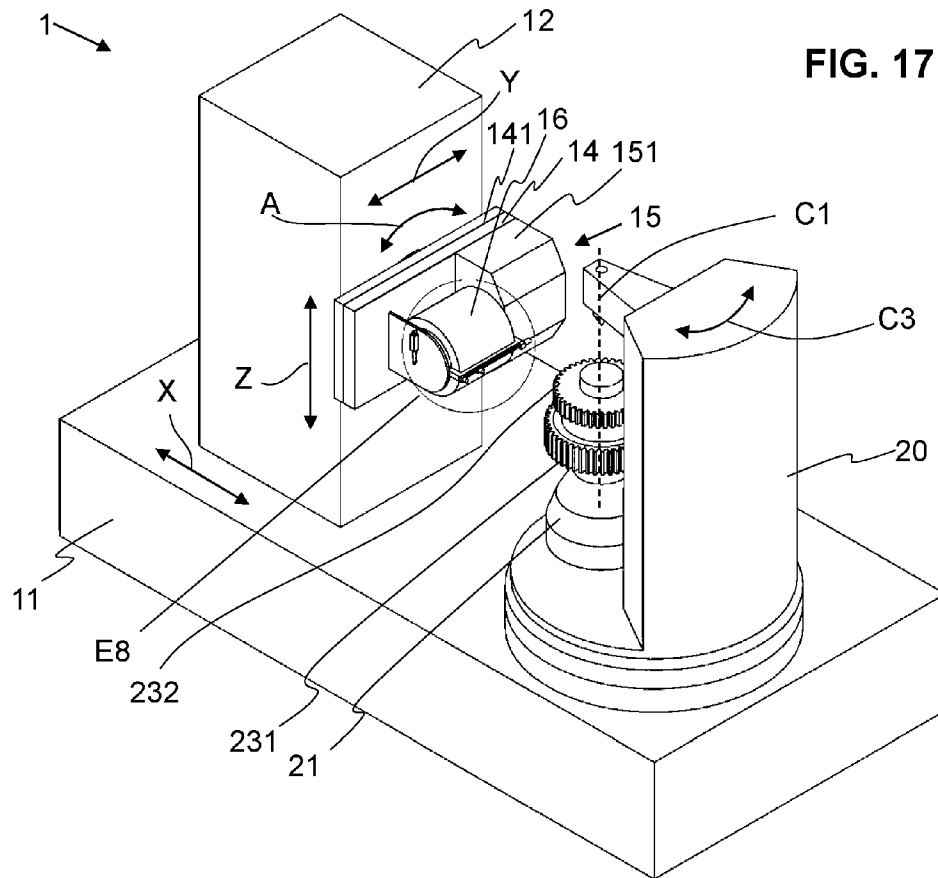


FIG. 12A









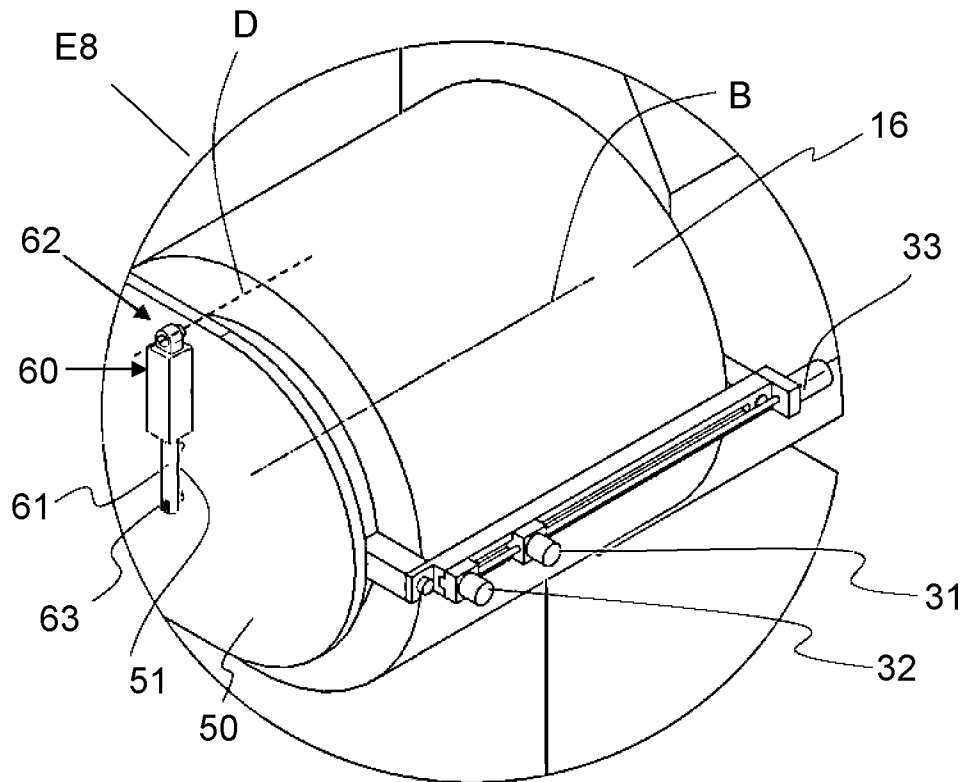


FIG. 19

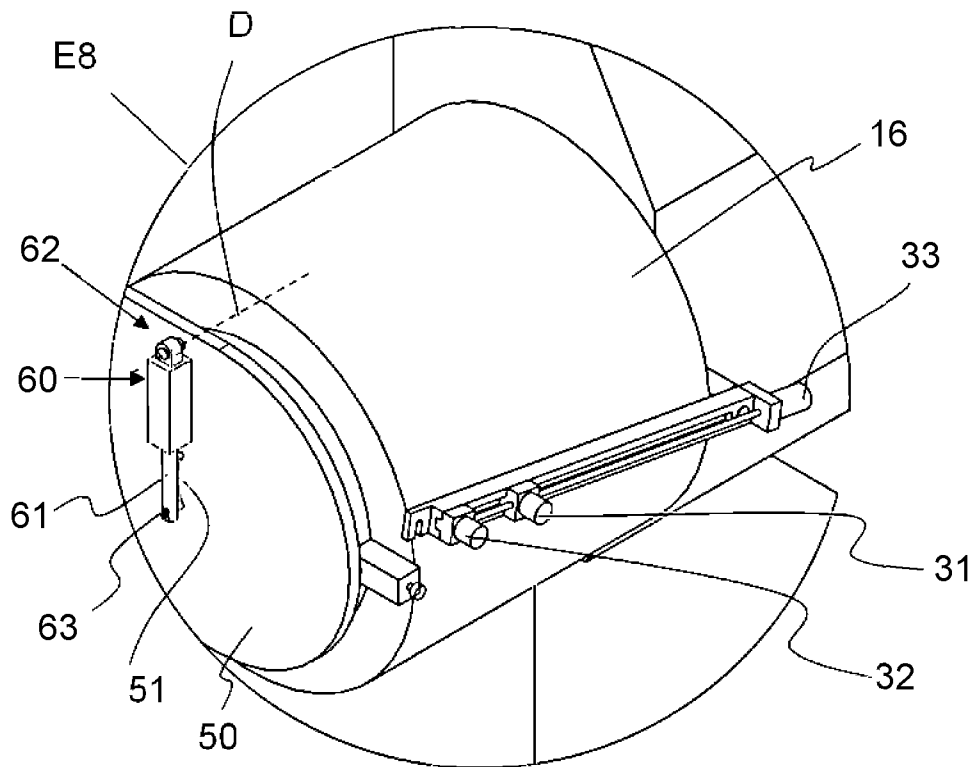


FIG. 20