

(19)



(11)

**EP 2 750 829 B2**

(12)

**NEUE EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**  
Nach dem Einspruchsverfahren

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des  
Hinweises auf die Entscheidung über den Einspruch:  
**01.01.2020 Patentblatt 2020/01**

(51) Int Cl.:  
**B24B 5/42** <sup>(2006.01)</sup> **B24B 19/12** <sup>(2006.01)</sup>  
**B24B 21/00** <sup>(2006.01)</sup> **B24B 27/00** <sup>(2006.01)</sup>  
**B24B 35/00** <sup>(2006.01)</sup>

(45) Hinweis auf die Patenterteilung:  
**20.04.2016 Patentblatt 2016/16**

(86) Internationale Anmeldenummer:  
**PCT/EP2012/066687**

(21) Anmeldenummer: **12751076.6**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:  
**WO 2013/030194 (07.03.2013 Gazette 2013/10)**

(22) Anmeldetag: **28.08.2012**

(54) **FINISHMASCHINE ZUR FINISHBEARBEITUNG GEKRÜMMTER WERKSTÜCKOBERFLÄCHEN  
AN WERKSTÜCKEN**

FINISHING MACHINE FOR FINISH MACHINING OF CURVED WORKPIECE SURFACES ON  
WORKPIECES

MACHINE DE FINITION DE SURFACES COURBES DE PIÈCES À USINER

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
**AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB  
GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO  
PL PT RO RS SE SI SK SM TR**

• **SCHÄFFNER, Richard**  
**73278 Schlierbach (DE)**

(30) Priorität: **31.08.2011 DE 102011081918**

(74) Vertreter: **Patentanwälte**  
**Ruff, Wilhelm, Beier, Dauster & Partner mbB**  
**Kronenstraße 30**  
**70174 Stuttgart (DE)**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
**09.07.2014 Patentblatt 2014/28**

(56) Entgegenhaltungen:  
**EP-A1- 1 506 839 EP-A1- 1 518 643**  
**EP-A1- 1 741 514 WO-A1-2007/003424**  
**DE-A1- 10 016 897 DE-A1-102007 051 047**  
**DE-A1-102007 051 047 DE-A1-102010 060 471**  
**DE-C2- 19 607 778**

(73) Patentinhaber: **Nagel Maschinen- und  
Werkzeugfabrik GmbH**  
**72622 Nürtingen (DE)**

(72) Erfinder:  
• **UTSCH, Phillip**  
**72138 Kirchentellinsfurt (DE)**

**EP 2 750 829 B2**

## Beschreibung

### TECHNISCHES GEBIET

**[0001]** Die Erfindung betrifft eine Finishmaschine zur Finishbearbeitung gekrümmter Werkstückoberflächen an Werkstücken gemäß dem Oberbegriff von Anspruch 1.

### STAND DER TECHNIK

**[0002]** Das Finishen, das auch als Superfinishen bezeichnet wird, ist ein spanendes Feinbearbeitungsverfahren mit unbestimmten Schneiden. Durch Finishen können Werkstückoberflächen von rotationssymmetrischen oder nicht-rotationssymmetrischen Werkstückabschnitten an Werkstücken wie Kurbelwellen, Nockenwellen, Getriebewellen oder anderen Bauteilen für Kraft- und Arbeitsmaschinen zur Erzeugung einer gewünschten Oberflächenfeinstruktur bearbeitet werden. Beim Finishen wird ein mit körnigem Schneidmittel besetztes Bearbeitungswerkzeug (Finishstein oder Finishband) an die zu bearbeitende Umfangsfläche angedrückt. Zur Erzeugung der für den Materialabtrag erforderlichen Schnittgeschwindigkeit wird das Werkstück um seine Werkstückachse gedreht. Bei manchen Verfahrensvarianten des Finishens wird gleichzeitig eine parallel zur Werkstückachse oszillierende Relativbewegung zwischen dem Werkstück und dem an der Umfangsfläche anliegenden Bearbeitungswerkzeug erzeugt. Durch die Kombination der Rotationsbewegung des Werkstückes und der überlagerten Oszillationsbewegung kann ein so genanntes Kreuzschliffmuster erzeugt werden, wodurch die bearbeiteten Werkstückoberflächen z.B. als Laufflächen für Gleitlager oder Wälzlager oder dergleichen besonders geeignet sind. Bei dem zu bearbeiteten Werkstückabschnitt kann es sich beispielsweise um ein Hauptlager oder ein Hublager einer Kurbelwelle oder um ein Nockenwellenlager handeln. Auch rotationsunsymmetrische Werkstückoberflächen, wie z.B. die Außenflächen von Nocken, können mittels Finishen bearbeitet werden. Finishverfahren ohne oszillierende Relativbewegung sind ebenfalls möglich.

**[0003]** Im Unterschied zum Schleifen ist das Finishen ein thermisch neutrales Bearbeitungsverfahren, bei dem keine mit Mikrorissen oder Oberflächenspannungen durchsetzte Weichhaut entsteht. Das Finishen wird häufig nach einem Schleifprozess als letztes spanendes Bearbeitungsverfahren einer Bearbeitungskette eingesetzt, um die Weichhaut zu entfernen, die ursprüngliche Gefügestruktur wieder freizulegen, den Traganteil der aufgerauten Oberflächenstruktur zu erhöhen und die Bauteilgeometrie zu verbessern. Anders als beim Läppen kommen Bearbeitungswerkzeuge mit gebundenem Korn zum Einsatz, so dass Waschoperationen und Einrichtungen zur Entsorgung von Lappschlamm entfallen können.

**[0004]** Damit sich das Werkstück drehen kann, muss es durch eine geeignete Vorrichtung aufgenommen und

angetrieben werden. Hierfür hat eine Finishmaschine der in dieser Anmeldung betrachteten Art mindestens eine Werkstückspindel, die mittels eines Spindelantriebs um eine Spindelachse drehbar ist und eine Werkstückaufnahme zur Aufnahme eines Werkstücks aufweist. Die Werkstückaufnahme ist derart ausgelegt, dass das durch die Werkstückaufnahme aufgenommene Werkstück durch Drehung der Werkstückspindel um seine Werkstückachse drehbar ist. Weiterhin ist mindestens eine Finisheinheit vorgesehen, die eine Andrückeinrichtung zum Andrücken eines mit Schneidmittel besetzten Bearbeitungswerkzeugs an eine zu bearbeitende gekrümmte Umfangsfläche des Werkstücks aufweist, wobei mit der Antriebseinrichtung eine radial zur Werkstückachse gerichtete Andrückkraft auf das Bearbeitungswerkzeug ausgeübt wird.

**[0005]** In der Regel hat eine Finishmaschine außerdem eine ggf. optional zuschaltbare bzw. abschaltbare Oszillationseinrichtung, die eine parallel zur Werkstückachse oszillierende Relativbewegung zwischen dem Werkstück und dem Bearbeitungswerkzeug erzeugen kann.

**[0006]** Beim Bandfinishen wird ein Finishband als Bearbeitungswerkzeug genutzt. Ein Finishband hat einen bandförmigen flexiblen Träger, bei dem mit Hilfe eines Bindemittels Schneidkörner auf der dem Werkstück zuzuwendenden Vorderseite aufgebracht sind. Bei einer Klasse von Verfahren des Bandfinishens wird ein endliches (nicht endloses) Finishband verwendet, dessen Bandenden jeweils an einer Bandrolle befestigt sind. Das frische, noch unbenutzte Finishband wird auf einer Vorratsrolle vorgehalten und mit Hilfe von Bandführungseinrichtungen über den Eingriffsbereich am Werkstück zu einer angetriebenen Bandrolle geführt, die das verbrauchte Finishband aufnimmt. Der Bandvorschub wird über einen Antrieb dieser Bandrolle erreicht, welche das Band durch den Eingangsbereich hindurch zieht. Die Bandrolle mit dem frischen Finishband wirkt als Bandbremse und erhält die Bandspannung aufrecht. Vorrichtungen und Verfahren zum Durchführen dieser Varianten des Bandfinishens sind beispielsweise in der WO 2009/049868 A1 oder der DE 199 25 077 A1 offenbart.

**[0007]** Bei einer anderen Klasse von Verfahren zur Finishbearbeitung von Werkstückoberflächen an Werkstücken wird das Werkstück ebenfalls um seine Rotationsachse rotiert. Ähnlich wie bei einem Bandschleifgerät wird ein kontinuierlich angetriebenes, endloses Finishband verwendet, welches eine zu bearbeitende Werkstückoberfläche (Umfangsfläche) des Werkstückes während der Bearbeitung teilweise umschlingt und in einem durch den Umschlingungswinkel vorgegebenen Bereich flächig am Werkstück anliegt. Beispiele für derartige Verfahren sind in der EP 1 514 640 B1 oder der EP 1 514 643 B1 angegeben. Das über Umlenkrollen laufende Finishband soll sich flexibel an die Geometrie des rotierenden Werkstücks anpassen und für hohe Oberflächengüte sorgen. Dabei werden in der Regel umlaufende Bearbeitungsspuren erzeugt.

**[0008]** In der DE 100 16 897 A1 wird eine Vorrichtung zum mehrfachen Bearbeiten eines Werkstücks in einer Aufspannung mit mehreren Bearbeitungsstationen beschrieben. Die Vorrichtung umfasst einen Rundtisch, der um eine horizontale Rundtischachse drehbar ist und mehrere Werkstückspindeln aufweist. Die Werkstücke werden jeweils mit Drei-Backen-Futtern gespannt. Bei einem Ausführungsbeispiel ist an einer der Bearbeitungsstationen eine Schleifeinrichtung vorgesehen. Nach dem Schleifen werden die Werkstücke zu einer nachgeschalteten Bearbeitungsstation zum Superfinishen bewegt. Die zugehörige Finish-Einheit hat einen Honstein, der in eine Oszillationsbewegung achsparallel zur Achse der bearbeiteten Werkstücke versetzt werden kann. Beim Superfinishen entsteht die Schnittbewegung durch die Überlagerung der axialen Oszillationsbewegung des Finish-Steins und der Drehbewegung des Werkstücks um seine Achse.

**[0009]** Die EP 1 518 643 A1 beschreibt eine Finish-Vorrichtung für eine Feinstbearbeitungsmaschine. Bei einem Ausführungsbeispiel ist die Finish-Vorrichtung an einem von zwei Bearbeitungsarmen einer Bearbeitungszange angebracht. Am freien Ende des anderen Bearbeitungsarms ist ein Haltebock befestigt, an dem eine Lünette einteilig angeformt ist. Die Lünette dient zur Aufnahme eines Einsatzes, in welchem zwei Anlagestücke angeordnet sind, die am Werkstück anliegen. Die Lünette wird aufgrund der Zentrifugalkräfte lediglich bei der Bearbeitung von Hublagern einer Kurbelwelle benötigt.

**[0010]** Alternativ kann bei einer Finisheinheit als Bearbeitungswerkzeug auch ein Finishstein vorgesehen sein.

**[0011]** Es besteht ein Bedarf an Finishmaschinen, die große Stückzahlen gleichartiger Werkstücke mit hoher Bearbeitungsqualität und großer Produktivität bearbeiten können und für unterschiedliche Werkstückgeometrien genutzt werden können.

## AUFGABE UND LÖSUNG

**[0012]** Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Finishmaschine zur Finishbearbeitung gekrümmter Werkstückoberflächen an Werkstücken bereitzustellen, mit der große Stückzahlen von Werkstücken bei kurzen Taktzeiten mit hoher Bearbeitungsqualität einer Finishbearbeitung unterzogen werden können. Die Finishmaschine soll für unterschiedliche Werkstückgeometrien ohne Qualitätseinbußen nutzbar sein.

**[0013]** Zur Lösung dieser Aufgabe stellt die Erfindung eine Vorrichtung mit den Merkmalen von Anspruch 1 bereit.

**[0014]** Vorteilhafte Weiterbildungen sind in den abhängigen Ansprüchen angegeben. Der Inhalt sämtlicher Ansprüche wird durch Bezugnahme zum Inhalt der Beschreibung gemacht.

**[0015]** Bei der Finishmaschine gemäß der beanspruchten Erfindung ist ein Rundtisch vorgesehen, der taktweise um eine Rundtischachse drehbar ist. An dem

Rundtisch sind mehrere Werkstückspindeln in einer vorgegebenen Winkelteilung angeordnet. Ein durch eine Werkstückaufnahme aufgenommenes Werkstück ist durch Drehung des Rundtischs in eine Bearbeitungsposition an der Finisheinheit bewegbar und nach Abschluss der Finishbearbeitung aus dieser Bearbeitungsposition heraus zu einer nachfolgenden Arbeitsstation transportierbar.

**[0016]** Vorzugsweise trägt der Rundtisch mindestens drei Werkstückspindeln, beispielsweise drei oder vier Werkstückspindeln, ggf. aber auch mehr. Dadurch kann eine hohe Produktivität erreicht werden. Es ist auch möglich, den Rundtisch mit nur zwei Werkstückspindeln auszustatten.

**[0017]** Bei einer derartigen Finishmaschine ist es somit möglich, dass ein Werkstück, das durch die Werkstückaufnahme einer Werkstückspindel aufgenommen ist, durch Drehung des Rundtischs in seine Bearbeitungsposition an einer Finisheinheit bewegt und nach Abschluss der Finishbearbeitung aus dieser Bearbeitungsposition heraus zu einer nachfolgenden Arbeitsstation transportiert wird. Bei dieser Drehung kann gleichzeitig das nächste zu bearbeitende Werkstück zur Finishmaschine transportiert werden. Hierdurch können die Nebenzeiten für den Werkstückwechsel im Vergleich zu herkömmlichen Finishmaschinen erheblich reduziert werden.

**[0018]** Zudem ist es auf einfache Weise möglich, die Finishbearbeitung in eine Prozesskette mit weiteren vorgeschalteten und/oder nachgeschalteten Bearbeitungsoperation zu integrieren, wobei die zugehörigen Bearbeitungseinheiten ebenfalls über den Rundtisch bedient werden können.

**[0019]** Vorzugsweise ist der Rundtisch in jeder zu einer Bearbeitungsposition gehörenden Winkelposition bzw. Winkelstellung mittels einer Indexiereinrichtung indexierbar. Dadurch ist eine exakte Werkstückpositionierung möglich, die sich auch unter Einwirkung von Bearbeitungskräften nicht ändert. Dies stellt eine hohe Bearbeitungsqualität sicher. Alternativ oder zusätzlich kann eine Klemmeinrichtung zur Klemmung des Rundtischs in der jeweiligen Winkelstellung vorgesehen sein.

**[0020]** Zur Erzielung ausreichender Oberflächengüten und zur Einhaltung der vorgesehenen Formparameter beim Finishen ist es wichtig, dass das Werkstück während der Bearbeitung exakt um seine werkstückspezifische Rotationsachse (Werkstückachse) gedreht wird. Gleichzeitig wirken jedoch die Bearbeitungskräfte vor allem bei der Finishbearbeitung in Bezug auf die Werkstückachse in radialer Richtung. Durch diese Querkräfte könnte es zur Schrägstellung und/oder zur Durchbiegung des zu bearbeitenden Werkstücks und zu entsprechenden Qualitätseinbußen kommen. Eine zur Spindelachse koaxiale und gegen Querkräfte stabile Werkstückspannung ist also anzustreben.

**[0021]** Eine einseitige Werkstückaufnahme (Abstützung ausschließlich an der Werkstückaufnahme der Werkstückspindel) ist möglich. Dies kann durch entspre-

chend robust dimensionierte aktive Spannsysteme an den Werkstückspindeln realisiert werden, z.B. durch eine Spannzange oder ein Spannfutter. Eine einseitige Werkstückspannung kann evtl. bei axial relativ kurzen und im Vergleich zur Länge relativ dicken Werkstücken ausreichen. Bei längeren und/oder dünneren und/oder konstruktiv labileren Werkstücken können die Querkräfte jedoch zu Qualitätseinbußen führen.

**[0022]** Bei der beanspruchten Erfindung ist eine aktive Abstützung des Werkstücks gegen Querkräfte an mindestens einem mit axialem Abstand von der Werkstückaufnahme liegenden Werkstückabschnitt bzw. eine entsprechende Einrichtung vorgesehen. Hierfür gibt es unterschiedliche Möglichkeiten.

**[0023]** Manche Ausführungsformen haben eine mit axialem Abstand von der Werkstückaufnahme an dem Werkstück angreifende Gegenlagereinrichtung zur Fixierung des Werkstücks in einer koaxial zur Spindelachse der Werkstückspindel ausgerichteten Bearbeitungsstellung, wenn sich die Werkstückspindel in einer zu einer Bearbeitungsstation gehörenden Bearbeitungsposition befindet.

**[0024]** Das Werkstück kann dazu z.B. mit seinen axialen Enden zwischen zentrierend wirkenden Spitzen aufgenommen werden. Bei manchen nicht zur beanspruchten Erfindung gehörenden Finishmaschinen ist hierzu eine Reitstockeinrichtung mit mindestens einer Reitstockeinheit vorgesehen, die eine um eine Reitstockspindelachse drehbare und vorzugsweise auch parallel zur Reitstockspindelachse verfahrbare Reitstockspindel aufweist. Es können zwei, drei oder mehr Reitstockspindeln vorgesehen sein. Insbesondere kann für jede für eine Werkstückbearbeitung vorgesehene Bearbeitungsstation eine eigene Reitstockspindel vorgesehen sein.

**[0025]** Die Reitstockspindeln können fest installiert sein. Sie werden dann vor dem Weitertakten des Rundtischs zunächst zurückgezogen und danach vor Beginn der nachfolgenden Bearbeitungsoperation wieder vorgeschoben, um die Werkstücke axial einzuspannen.

**[0026]** Gemäß der beanspruchten Erfindung ist vorgesehen ein oder mehrere Reitstockspindeln an einem weiteren Rundtisch vorzusehen, der achsparallel bzw. koaxial mit dem die Werkstückspindeln tragenden Rundtisch gedreht werden kann.

**[0027]** Gemäß der beanspruchten Erfindung ist vorgesehen, dass zusätzlich zu dem die Werkstückspindeln tragenden Rundtisch (erster Rundtisch) ein weiterer Rundtisch (zweiter Rundtisch) vorgesehen ist, der koaxial mit dem die Werkstückspindeln tragenden Rundtisch drehbar ist und mindestens eine Gegenlagereinrichtung in Form einer Reitstockspindel, trägt. Vorzugsweise ist an dem weiteren Rundtisch für jede Werkstückspindel des ersten Rundtischs eine eigene Reitstockspindel vorgesehen.

**[0028]** Gemäß der beanspruchten Erfindung ist jedem der beiden Rundtische ein eigener Drehantrieb zugeordnet, wobei die Drehantriebe (erster und zweiter Drehantrieb) unabhängig voneinander über die Maschinensteu-

erung ansteuerbar sind. Eine synchrone Drehung der Rundtische ist mittels Synchronisierung der Drehantriebe über die Maschinensteuerung möglich. Dieses Konzept wird in dieser Anmeldung auch als "Zwillingsantrieb" bezeichnet, dessen Vorteile im Zusammenhang mit einem Ausführungsbeispiel noch erläutert werden.

**[0029]** Der weitere (zweite) Rundtisch ist bei manchen Ausführungsformen parallel zu seiner Drehachse in Richtung des die Werkstückspindeln tragenden (ersten) Rundtischs oder in Gegenrichtung verfahrbar. Dadurch ist eine Anpassung an Werkstücke unterschiedlicher Länge leicht möglich. Außerdem wird der Werkstückwechsel dadurch erleichtert.

**[0030]** Zusätzlich kann als Gegenlagereinrichtung eine Lünette oder ein anderes Stützelement vorgesehen sein, das mit Abstand von der Werkstückaufnahme zwischen dieser und dem freien Werkstückende an einen zur Abstützung geeigneten Werkstückabschnitt angreift.

**[0031]** Bei einer bevorzugten Ausführungsform wird eine aktive Abstützung des Werkstücks gegen Querkräfte an mindestens einem mit axialem Abstand von der Werkstückaufnahme liegenden Werkstückabschnitt dadurch erreicht, dass an einer Bearbeitungsstation zur Finishbearbeitung eine erste Finisheinheit und mindestens eine zweite Finisheinheit vorgesehen ist, die bei der Bearbeitung gleichzeitig am Werkstück angreifen, wobei die radial zur Werkstückachse angreifenden Andruckkräfte der ersten und der zweiten Finisheinheiten im wesentlichen symmetrisch zur Werkstückachse ausgerichtet sind. Dadurch kompensieren sich die durch die Finisheinheiten aufgebrachten Andruckkräfte gegenseitig, so dass eine gegen Querkräfte stabilisierte Bearbeitung möglich ist. Bei einer Ausführungsform sind an einer Bearbeitungsstation zur Finishbearbeitung zwei diametral gegenüberliegende, im Wesentlichen identische Finisheinheiten vorgesehen. Auch eine sternförmige Anordnung von drei oder mehr Finisheinheiten ist möglich.

**[0032]** Bei manchen Ausführungsformen sind mehrere dem Rundtisch zugeordnete Bearbeitungseinheiten zur Durchführung einer Bearbeitungsoperation an einem durch eine Werkstückaufnahme aufgenommenen Werkstück vorgesehen, wobei mindestens eine der Bearbeitungseinheiten eine Finisheinheit ist.

**[0033]** Zusätzlich zu einer oder mehreren Bearbeitungseinheiten, die eine oder mehrere das Werkstück verändernde Bearbeitungsoperationen durchführen können, kann an einer Arbeitsstation (Ladestation) eine Ladeeinheit vorgesehen sein, um den Rundtisch zu bestücken bzw. die fertig bearbeiteten Werkstücke zu entnehmen.

**[0034]** Die Finishmaschine kann eine einzige Finisheinheit aufweisen. Bei manchen Ausführungsformen sind mehrere Finisheinheiten vorgesehen, beispielsweise zwei, drei oder vier Finisheinheiten, die vom gleichen Rundtisch bedient werden. Hierdurch können mehrere unterschiedliche Finishoperationen (unterschiedliche Bearbeitungsparameter am gleichen Werkstückabschnitt und/oder gleiche oder verschiedene Finisopera-

tionen an unterschiedlichen Werkstückabschnitten) am gleichen Werkstück in einer Aufspannung durchgeführt werden.

**[0035]** Bei manchen Ausführungsformen gibt es mehrere Bearbeitungsstationen, die jeweils eine Finisheinheit aufweisen und die nacheinander vom Rundtisch bedient werden, z.B. zwei drei oder vier Finisheinheiten. Es ist auch möglich, dass eine Bearbeitungsstation zwei oder mehr Finisheinheiten aufweist. Diese können ggf. gleichzeitig dasselbe in seiner Bearbeitungsposition befindliche Werkstück bearbeiten, also eine Parallelbearbeitung am gleichen Werkstück durchführen.

**[0036]** Der Begriff "Finishmaschine" bezeichnet in dieser Anmeldung eine Feinbearbeitungsmaschine, die für eine Finishbearbeitung am Werkstück eingerichtet ist und dafür mindestens eine Finisheinheit aufweist. Die Finishmaschine kann als reine Finishmaschine konfiguriert sein, die zwei oder mehr Finisheinheiten, aber keine für andere Bearbeitungsverfahren eingerichtete Bearbeitungseinheiten hat. Zusätzlich kann z.B. noch eine Messeinheit vorgesehen sein. Es ist auch möglich, mehrere unterschiedliche Bearbeitungsverfahren an der Finishmaschine zu kombinieren. Daher kann eine Finishmaschine noch weitere, für andere Bearbeitungsoperationen vorgesehene Bearbeitungseinheiten aufweisen, z.B. eine Entgrateinheit und/oder eine Planfinisheinheit, um an einem Werkstück zusätzlich zu einer oder mehreren Finishoperationen noch andere Bearbeitungsoperationen durchzuführen.

**[0037]** Für die Ausgestaltung der spindelseitigen Werkstückaufnahme gibt es unterschiedliche Möglichkeiten. Beispielsweise kann für die spindelseitige Werkstückaufnahme ein zentrierendes Spannfutter oder eine Spannzange vorgesehen sein, die mittels eines Spanntriebs betätigt werden. Je nach Werkstücktyp kann z. B. eine Aufnahme am Außendurchmesser durch Backenfutter oder einer Aufnahme am Innendurchmesser des Werkstücks durch einen Spanndorn vorgesehen sein.

**[0038]** Bei bevorzugten Ausführungsformen ist die Werkstückaufnahme als passive Steckaufnahme ausgebildet, so dass die Werkstückaufnahme keine über einen Spanntrieb betätigbaren Spannmittel aufweist, weil diese nicht benötigt werden. Das Werkstück wird lediglich aufgesteckt oder eingesteckt und gegebenenfalls gegen Verdrehen und/oder Herabfallen gesichert, jedoch nicht zur Zentrierung eingespannt. Hierdurch ist ein besonders schneller Werkstückwechsel möglich.

**[0039]** An der Werkstückaufnahme können mindestens eine Haltefeder und/oder mindestens ein federbelastetes Halteelement vorgesehen sein, um das auf die Werkstückaufnahme aufgesteckte oder in die Werkstückaufnahme eingesteckte Werkstück reibschlüssig zu halten und gegen Herabfallen zu sichern.

**[0040]** Vorzugsweise ist die Steckaufnahme für eine drehfeste Aufnahme eines Werkstücks ausgelegt, so dass die Spindelrotation ohne Schlupf auf das Werkstück übertragen werden kann.

**[0041]** Bei manchen Ausführungsformen weist die Werkstückaufnahme ein federbelastetes Mitnehmerelement auf, das bei Aufnahme eines Werkstücks in eine Ausnehmung des Werkstücks in Umfangsrichtung form-schlüssig eingreift. Hierdurch ist einerseits eine passive Verdrehsicherung zur Sicherung des aufgenommenen Werkstücks gegen Verdrehen geschaffen und andererseits kann durch Andrücken des federbelasteten Mitnehmerelementes das Werkstück auch gegen Herabfallen gesichert werden. Ein axiales Ein- oder Aufstecken des Werkstücks oder eine Entnahme des hierdurch gehaltenen Werkstücks unter Überwindung des Reibschlusses für den Werkstückwechsel ist jedoch ohne Weiteres möglich.

**[0042]** Die Werkstückspindeln müssen zum Aufnehmen eines Werkstücks nicht orientiert oder in einer bestimmten Drehstellung fixiert werden.

**[0043]** Die Werkstückspindeln sind an dem Rundtisch derart angebracht, dass die Spindelachsen parallel zur Rundtischachse verlaufen. Dadurch ist eine besonders günstige, kompakte Bauform realisierbar.

**[0044]** Die Ausrichtung des Rundtischs bzw. der Rundtischachse kann der beabsichtigten Anwendung angepasst werden. Bei manchen Ausführungsformen verläuft die Rundtischachse horizontal, so dass der Rundtisch steht. Dann können die Werkstücke liegend bzw. horizontal eingespannt werden. Es gibt auch Ausführungsformen mit liegendem Rundtisch, bei denen die Rundtischachse vertikal verläuft.

**[0045]** Es ist bei manchen Finishoperationen möglich, ohne eine parallel zur Werkstückachse wirksame oszillierende Relativbewegung zwischen dem Werkstück und Bearbeitungswerkzeug zu arbeiten. Dabei können an der bearbeiteten Werkstückoberfläche drallfrei umlaufende Bearbeitungsspuren erzeugt werden. Dies kann beispielsweise dann gewünscht sein, wenn eine bearbeitete Werkstückoberfläche im bestimmungsgemäßen Gebrauch im Zusammenwirken mit einer Gegenfläche als Dichtfläche genutzt werden soll. Bei anderen Verfahrensvarianten wird eine parallel zur Werkstückachse oszillierende Relativbewegung zwischen dem Werkstück und dem Bearbeitungswerkzeug, z.B. einem Finishband, erzeugt. Dadurch können im Bedarfsfall Texturen an der bearbeiteten Werkstückoberfläche gebrochen werden, wodurch für bestimmte Anwendungsfälle die Oberflächenstruktur im Hinblick auf die gewünschte Funktion beim bestimmungsgemäßen Gebrauch verbessert werden kann. Beispielsweise kann an einer Werkstückoberfläche eine Oberflächenstruktur mit gekreuzten Bearbeitungsspuren (Kreuzschliff) erzeugt werden, was besonders bei tribologisch beanspruchten Lagerflächen vorteilhaft sein kann.

**[0046]** Bei Ausführungsformen, die dafür eingerichtet sind, gleichzeitig zur Werkstückdrehung auch eine parallel zur Werkstückachse oszillierende Relativbewegung zwischen dem Werkstück und dem an der Umfangsfläche anliegenden Bearbeitungswerkzeug zu erzeugen, ist eine entsprechende Oszillationseinrichtung vorgesehen.

Vorzugsweise ist die Oszillationseinrichtung in die Finisheinheit integriert, so dass auf Seiten der Werkstückaufnahme bzw. der Werkstückspindeln keine Einrichtungen zur Erzeugung einer axialen Werkstückoszillation realisiert werden müssen. Dies ist jedoch grundsätzlich auch möglich.

**[0047]** Diese und weitere Merkmale gehen außer aus den Ansprüchen auch aus der Beschreibung und den Zeichnungen hervor, wobei die einzelnen Merkmale jeweils für sich allein oder zu mehreren in Form von Unterkombinationen bei einer Ausführungsform der Erfindung und auf anderen Gebieten verwirklicht sein und vorteilhafte sowie für sich schutzfähige Ausführungen darstellen können. Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in den Zeichnungen dargestellt und werden im Folgenden näher erläutert.

#### KURZBESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

##### **[0048]**

Fig. 1 zeigt eine Seitenansicht einer als Bandfinishmaschine ausgelegten Finishmaschine gemäß einem nicht zur beanspruchten Erfindung gehörenden Beispiel;

Fig. 2 zeigt eine Draufsicht auf die Finishmaschine der Fig. 1 von oben;

Fig. 3 zeigt eine schrägperspektivische Ansicht einiger Komponenten der Bandfinishmaschine auf Fig. 1 und 2 ;

Fig. 4 zeigt in 4A und 4B Details von Einrichtungen zur Werkstückspannung;

Fig. 5 zeigt eine Seitenansicht einer als Bandfinishmaschine ausgelegten Finishmaschine gemäß einem nicht zur beanspruchten Erfindung gehörenden Beispiel; und

Fig. 6 zeigt eine Seitenansicht einer Ausführungsform mit zwei coaxial drehbaren Rundtischen, wobei der erste Rundtisch die Werkstückspindeln trägt und der gegenüberliegende zweite Rundtisch Einrichtungen zur Gegenlagerung der Werkstücke aufweist.

#### DETAILLIERTE BESCHREIBUNG BEVORZUGTER AUSFÜHRUNGSBEISPIELE

**[0049]** Die schematische Fig. 1 zeigt eine Seitenansicht einer als Bandfinishmaschine ausgelegten Finishmaschine 100 in einer Richtung parallel zur z-Richtung des maschinenfesten Maschinenkoordinatensystems MKS. In Fig. 2 ist eine Draufsicht auf die gleiche Finishmaschine von oben in Richtung der senkrecht zur z-Richtung verlaufenden y-Richtung gezeigt. Fig. 3 zeigt eine

schrägperspektivische Ansicht einiger wesentlicher Komponenten der gleichen Bandfinishmaschine.

**[0050]** Die Bandfinishmaschine ist zur Bearbeitung von festen und variablen Nockenstücken für einen Ventilttrieb mit Nockenumschaltung eingerichtet. Es werden nur die Umfangsflächen der Nocken gefinisht, nicht die benachbarten zylindrischen Lagerflächen. Die Finishbearbeitung ist dabei die letzte Material abtragende Feinbearbeitung, also eine Endbearbeitung. Die Finishmaschine ist im Materialfluss hinter einer vorgeschalteten Schleifmaschine und vor einer nachgeschalteten Waschanlage angeordnet.

**[0051]** Die zu bearbeitenden Werkstücke 200 werden der Finishmaschine in der gezeigten Darstellung von rechts über eine horizontale Transporteinrichtung 205 zugeführt, mit Hilfe eines Handlingsystems automatisch in die Finishmaschine geladen und nach Abschluss einer mehrstufigen Bearbeitung (Bürstentgraten und nachfolgendes Bandfinisshen) wieder entladen und über die Transporteinrichtung 205 abgefordert.

**[0052]** Die Bandfinishmaschine ist als Rundtaktmaschine ausgelegt und erlaubt kurze Nebenzeiten für den Werkstückwechsel und dadurch einen hohen Werkstückdurchsatz und kurze Taktzeiten, so dass eine wirtschaftliche Bearbeitung bei hoher Bearbeitungsqualität möglich ist.

**[0053]** Die Finishmaschine hat einen Rundtisch 110, der mit Hilfe eines nicht gezeigten Drehantriebs taktweise um eine parallel zur z-Richtung verlaufende horizontale Rundtischachse 112 drehbar ist. Der stehende Rundtisch ist mittels geeigneter Lager drehbar in einem vertikalen Trägerelement des Maschinengestells gelagert und kann mittels eines elektromechanischen Drehantriebs oder eines NC-gesteuerten Direktantriebs angetrieben werden.

**[0054]** An dem Rundtisch sind vier Werkstückspindeln radial außerhalb der Rundtischachse 112 angeordnet, nämlich eine erste Werkstückspindel 120, eine zweite Werkstückspindel 130, eine dritte Werkstückspindel 140 und eine vierte Werkstückspindel 150. Jede der Werkstückspindeln ist um eine Spindelachse 122, 132, 142 bzw. 152 drehbar, wobei die Spindelachsen parallel zueinander und parallel zur Rundtischachse 112 in horizontaler Richtung verlaufen und den gleichen radialen Abstand zur Rundtischachse haben. Für jede Werkstückspindel ist ein gesonderter Spindeltrieb vorgesehen, so dass die Drehung jeder Werkstückspindel unabhängig von den Drehungen anderer Werkstückspindeln gesteuert werden kann.

**[0055]** Jede der Werkstückspindeln hat eine Werkstückaufnahme, mit der ein einzelnes Werkstück so aufgenommen werden kann, dass ein durch die Werkstückaufnahme aufgenommenes Werkstück durch Drehung der Werkstückspindel um seine Werkstückachse gedreht werden kann. Die Werkstückspindeln und die daran angebrachten Werkstückaufnahmen sind jeweils identisch. Besonderheiten der hier vorgesehenen Werkstückaufnahmen werden später vor allem im Zusammen-

hang mit Fig. 4 am Beispiel der Werkstückaufnahme 160 der zweiten Werkstückspindel 130 im Detail erläutert.

**[0056]** Der Rundtisch "bedient" vier im Umfang des Rundtischs angeordnete Arbeitsstationen. An der ersten Arbeitsstation ist eine Ladeeinheit 210 zum Be- und Entladen der Werkstückaufnahmen vorgesehen. In der in Fig. 1 dargestellten Situation befindet sich die erste Werkstückspindel 120 in der Be- und Entladeposition im Arbeitsbereich der Ladeeinheit 210. Diese ergreift über ein Greifersystem ein fertig bearbeitetes Werkstück und transportiert es zum Ablaufband der Transporteinrichtung 205. Danach wird vom Zulaufband der Transporteinrichtung ein durch Schleifen vorbearbeitetes Werkstück gegriffen und zur Werkstückaufnahme der ersten Werkstückspindel transportiert und dort angebracht.

**[0057]** Eine Drehung des Rundtisches um 90° im Uhrzeigersinn transportiert das zu bearbeitende Werkstück dann in die zweite Arbeitsstation, die eine Bürstentgratinheit 220 aufweist. Mit Hilfe einer Entgratbürste 222, die am Ende eines Schwenkarms drehbar gelagert ist, kann die Außenseite des sich drehenden Werkstücks durch Bürstentgraten bearbeitet werden, um eventuell nach dem Schleifen noch vorhandene Grate zu beseitigen. Die zweite Arbeitsstation ist somit eine Bearbeitungsstation, an der eine Werkstückbearbeitung stattfindet.

**[0058]** Eine Weiterschaltung des Rundtischs um 90° bringt das entgratete Werkstück dann zu einer weiteren Bearbeitungsstation, nämlich zur dritten Arbeitsstation in den Arbeitsbereich einer ersten Finisheinheit 230. Diese ist als Bandfinisheinheit konstruiert und hat zwei parallele Bandtransporteinrichtungen, so dass am Werkstück zwei axial gegeneinander versetzte Werkstückabschnitte (Nocken) gleichzeitig mittels Bandfinishen bearbeitet werden können. Die erste Finisheinheit ist bei dem hier beispielhaft erläuterten Prozess zur Bearbeitung von rotationssymmetrischen Umfangsflächen an den sogenannten Nullhubnocken eingerichtet.

**[0059]** Ist diese Bearbeitung abgeschlossen, wird der Rundtisch um 90° weitergeschaltet, so dass das Werkstück schließlich zur vierten Arbeitsstation in den Arbeitsbereich einer zweiten Finisheinheit 240 transportiert wird, mit welcher die nicht-rotationssymmetrischen Umfangsflächen der Verstellnocken des Werkstücks bearbeitet werden. Auch die zweite Finisheinheit ist als Zwillingsbandgerät konstruiert, so dass gleichzeitig zwei axial zueinander versetzte Verstellnocken an ihrem Umfang durch Finishen bearbeitet werden können.

**[0060]** Eine weitere Drehung des Rundtisches um 90° bringt das in drei aufeinanderfolgenden Bearbeitungsoperationen mittels drei nacheinander angefahrter Bearbeitungsstationen fein bearbeitete Werkstück dann wieder zur ersten Arbeitsstation, wo es mit Hilfe der Ladeeinheit 210 aus der Werkstückaufnahme entnommen und zum Abtransport befördert wird.

**[0061]** Um die Werkstückspindeln bzw. die Werkstücke in einer Arbeitsstation exakt zu positionieren, wird der Rundtisch in den jeweiligen Drehstellungen bzw.

Winkelstellungen mittels einer automatischen Indexiereinrichtung indexiert und mittels einer automatischen Klemmeinrichtung geklemmt. Vor der Weiterschaltung wird er wieder freigegeben. Diese Einrichtungen werden von der Maschinensteuerung angesteuert.

**[0062]** Für das Bandfinishen wird ein endliches (nicht endloses) Finishband verwendet, dessen Bandenden jeweils an einer Bandrolle befestigt sind. Das frische, noch unbenutzte Finishband wird auf einer Vorratsrolle vorgehalten und mit Hilfe von Bandführungseinrichtungen über den Eingriffsbereich am Werkstück (Bereich der Andrückrolle) zu einer angetriebenen Bandrolle geführt, die das verbrauchte Finishband aufnimmt. Der Bandvorschub wird über einen Antrieb dieser Bandrolle erreicht, welche das Band durch den Eingangsbereich hindurch zieht. Die Bandrolle mit dem frischen Finishband wirkt als Bandbremse und erhält die Bandspannung aufrecht.

**[0063]** In der Draufsicht von Fig. 2 ist gut erkennbar, dass die erste Finisheinheit 230 zwei parallel zueinander verlaufende Finishbänder 232, 234 hat, die zeitgleich jeweils die Umfangsfläche eines Verstellnockens des Werkstücks 200 bearbeiten. Bei der Bearbeitung wird das Werkstück 200 mit Hilfe des Spindelantriebs der dritten Werkstückspindel 140 um seine Werkstückachse 202 gedreht. Die Finishbänder werden mit Hilfe einer Andrückrolle 236 mit einer radial zur Werkstückachse wirkenden Andrückkraft an die rotierende Umfangsfläche des Werkstücks gedrückt. Die Andrückrolle besteht an ihrem Außenumfang aus einem hartelastischen Werkstoff mit einer geringen Nachgiebigkeit, so dass Andrückkraftspitzen vermieden werden können. Gleichzeitig wird die Andrückrolle mit Hilfe einer integrierten Oszillationseinrichtung in eine kurzhubige Oszillationsbewegung parallel zur Werkstückachse 202 versetzt (siehe Doppelpfeil). Durch die Kombination der Rotationsbewegung des Werkstücks und der überlagerten Oszillationsbewegung des Bearbeitungswerkzeugs (Finishband) wird an der bearbeiteten Umfangsfläche ein Kreuzschliffmuster erzeugt, dass für die Funktion der Nockenflächen vorteilhaft ist.

**[0064]** Vorzugsweise wird bei diesen Werkstücken mit diskontinuierlichem Bandvorschub gearbeitet, so dass das Finishband während der Bearbeitung ruht und die Schnittgeschwindigkeit ausschließlich durch die Drehbewegung des Werkstücks in Kombination mit der überlagerten axial oszillierenden Relativbewegung zwischen Werkstück und Finishband erzeugt wird. In regelmäßigen oder unregelmäßigen Zeitintervallen wird ein gebrauchter Finishbandabschnitt durch einen frischen Finishbandabschnitt ersetzt, indem in einer Bearbeitungspause mit entlastetem Finishband das Finishband um eine vorbestimmte Bandvorschubstrecke vorgeschoben wird. Es ist auch möglich, mit einem langsamen Bandvorschub während des Bearbeitungseingriffs zu arbeiten, um zu erreichen, dass möglichst gleichmäßige Eingriffsbedingungen mit jeweils frischem Schneidkorn vorherrschen. In jedem Fall können durch die kontinuierliche oder diskontinuierliche Zufuhr von frischen, unver-

brauchten Finishbandabschnitten auch bei großen Serien von Werkstücken gut reproduzierbare Bearbeitungsergebnisse erzielt werden.

**[0065]** Die zweite Finisheinheit 240 ist im Wesentlichen identisch aufgebaut.

**[0066]** Zur Erzielung ausreichender Oberflächengüten und zur Einhaltung der vorgesehenen Formparameter ist es wichtig, dass das Werkstück während der Bearbeitung exakt um seine werkstückspezifische Rotationsachse (Werkstückachse) gedreht wird. Gleichzeitig wirken jedoch die Bearbeitungskräfte bei der Finishbearbeitung in Bezug auf die Werkstückachse in radialer Richtung. Durch diese Querkräfte könnte es zur Schrägstellung des zu bearbeitenden Werkstücks und zu entsprechenden Qualitätseinbußen kommen. Eine zur Spindelachse koaxiale und gegen Querkräfte stabile Werkstückspannung ist also anzustreben.

**[0067]** Für eine wirtschaftliche Fertigung sollten weiterhin die Taktzeiten bei der Bearbeitung möglichst gering gehalten werden, so dass auch ein Werkstückwechsel möglichst zügig erfolgen sollte. Bei dem Beispiel ist für die Werkstückspannung eine Lösung realisiert, die einerseits einen schnellen Werkstückwechsel und andererseits eine gegen Querkräfte stabile koaxiale Spannung der Werkstücke erlaubt.

**[0068]** Auf Seiten der Werkstückspindel ist hierzu vorgesehen, dass die Werkstückaufnahme als passive Steckaufnahme zur drehfesten Aufnahme eines Werkstücks ausgebildet ist. Solche passiven Werkstückaufnahmen benötigen keine über einen Spannantrieb betätigbare Spannmittel zum Einspannen des Werkstücks. Das Werkstück wird nicht radial eingespannt, sondern lediglich mehr oder weniger in Axialrichtung aufgesteckt, kraftschlüssig gegen Herabfallen gehalten und gegen Verdrehen gesichert. Hierdurch wird ein schnelles Aufnehmen und Entnehmen der Werkstücke realisiert.

**[0069]** Weiterhin ist eine Gegenlagereinrichtung zur Fixierung eines in einer Werkstückaufnahme aufgenommenen Werkstücks in einer koaxial zur Spindelachse der Werkstückspindel ausgerichteten Bearbeitungsstellung vorgesehen, wobei die Gegenlagereinrichtung in einem axialen Abstand von der Werkstückaufnahme an dem Werkstück angreift, wenn sich die Werkstückspindel in einer zur Bearbeitungsstation gehörenden Bearbeitungsposition befindet.

**[0070]** Diese Einrichtungen erlauben eine Werkstückaufnahme zwischen Spitzen.

**[0071]** Anhand der Fig. 2 bis 4 werden diese Elemente nun am Beispiel der an der zweiten Werkstückspindel 130 angebrachten Werkstückaufnahme 160 und einer zugeordneten Reitstockeinheit 300 näher erläutert. Die Reitstockeinheit 300 ist Bestandteil einer Reitstockeinrichtung 350, die mit axialem Abstand in z-Richtung vor dem Rundtisch und den an dessen Vorderseite angebrachten Werkstückaufnahmen auf dem Maschinenbett

jede der Bearbeitungsstationen 220, 230 und 240. Wie vor allem aus Fig. 3 ersichtlich, ist die Reitstockeinheit 300 der Bürsteinheit zugeordnet, während die Reitstockeinheit 360 der ersten Finisheinheit und die Reitstockeinheit 370 der zweiten Finisheinheit zugeordnet ist.

**[0072]** Die Reitstockeinheit 300 hat eine Reitstockspindel 310, die passiv, d.h. ohne eigenen Antrieb, um eine Reitstockspindelachse 312 drehbar und mittels eines Vorschubantriebs parallel zur Reitstockachse in Richtung auf die gegenüberliegende Werkstückaufnahme bzw. von dieser weg verfahrbar ist. Die Reitstockspindelachse ist so angeordnet, dass sie mit der Werkstückspindelachse derjenigen Werkstückspindel zusammenfällt, die sich in der Bearbeitungsposition an der Bürsteinrichtung befindet, im Beispielsfall also mit der Spindelachse 132 der zweiten Werkstückspindel 130.

**[0073]** Die spindelseitige Werkstückaufnahme 160 ist als passive Steckaufnahme zur drehfesten Aufnahme des Werkstücks ausgebildet. Ein vorderer Endabschnitt der Werkstückaufnahme bildet hierzu einen Dornabschnitt 162 mit einer zylindrischen Außenfläche, die einen Außendurchmesser hat, der dem Innendurchmesser des zu spannenden Werkstücks (gestrichelt angedeutet) so angepasst ist, dass der Dornabschnitt unter Bildung einer Spielpassung axial in das Werkstück eingeführt werden kann. Das Werkstück ist dadurch bereits weitgehend koaxial zur Spindelachse ausgerichtet. An den Dornabschnitt 162 schließt sich spindelseitig ein konischer Zentrierabschnitt 164 mit einem zum Rundtisch größer werdenden Durchmesser an. Ein auf den Dornabschnitt aufgestecktes Werkstück wird dadurch in Bezug auf die Spindelachse 132 zentriert.

**[0074]** Fig. 4B zeigt einen senkrecht zur Spindelachse 132 verlaufenden Schnitt durch den Dornabschnitt 162 und die darin enthaltenen Elemente einer passiven Verdrehsicherungseinrichtung zur Sicherung eines aufgenommenen Werkstücks gegen Verdrehung. Ein Mitnehmerelement 166 ist um eine parallel zur Spindelachse verlaufende Drehachse schwenkbar gelagert und hat eine nach radial außen vorspringende Rastnase 165, die im ausgeschwenkten Zustand des Mitnehmerelementes durch ein Langloch 167 am Umfang des Dornabschnitts nach außen vorsteht. Im Inneren des Dornabschnitts ist eine Druckfeder 168 angeordnet, die das Mitnehmerelement in diese ausgerückte Stellung vorspannt. Gegen die Kraft der Druckfeder kann das Mitnehmerelement nach innen gedrückt werden.

**[0075]** Wird nun ein Werkstück auf den Dornabschnitt im Wesentlichen axial von vorne aufgeschoben, so wird es beim Anschlagen an den konischen Zentrierabschnitt 164 in Bezug auf die Spindelachse 182 zentriert. Die hier als Werkstück vorgesehenen Nockenstücke haben an ihrer Innenseite eine Innenverzahnung zur drehfesten Kopplung an axial benachbarte Bauelemente der Nockenwelle. Die Rastnase 166 des Mitnehmerelementes rastet in eine der Zahnücken ein, so dass in Umfangsrichtung ein Formschluss zwischen dem Mitnehmerelement und dem Werkstück gebildet wird, wodurch dieses

gegen Verdrehung relativ zum Dornabschnitt gesichert ist. Außerdem drückt die Druckfeder das Mitnehmerelement gegen die Innenseite des Werkstücks, wobei die Federkraft so bemessen ist, dass durch diesen Kraftschluss das Werkstück auch gegen Herabfallen vom Dornabschnitt gesichert ist. Die axiale Steckverbindung zwischen Werkstückaufnahme und Werkstück kann durch axiales Abziehen des Werkstückes beim Werkstückwechsel auf einfache Weise gelöst werden.

**[0076]** Zur Zentrierung des Werkstücks an der Werkstückaufnahme hat die gegenüberliegende Reitstockspindel an ihrem der Werkstückaufnahme zugewandten Ende einen konischen Zentrierabschnitt 364, der bei axialem Vorschub der Reitstockspindel in das Werkstück eingreift, wodurch das Werkstück in Bezug auf die Spindelachse 132 zentriert wird. Das Werkstück wird also bei dieser Ausführungsform im Prinzip axial zwischen Spitzen bzw. zwischen den konischen Zentrierabschnitten 164 und 364 gespannt und ist dadurch gegen die beim Bearbeiten wirkenden radialen Bearbeitungskräfte an beiden Enden stabilisiert.

**[0077]** Diese Art der Werkstückspannung zwischen Spitzen in Verbindung mit einem Rundtisch kann selbstverständlich nicht nur bei den hier beispielhaft beschriebenen Werkstücken vorgesehen sein, sondern ist auch für andere Werkstückgeometrien nützlich, insbesondere für solche Werkstücke, die eine im Vergleich zu ihrem Durchmesser relativ große Länge haben, also relativ weit über eine spindelseitige Werkstückaufnahme hinausragen. Diese Werkstückspannung zwischen Spitzen ist auch für massive Werkstücke möglich, indem beispielsweise der Reitstock eine Spitze hat, die in eine stirnseitige zentrische Ausnehmung des Werkstücks greift. Anstelle eines Außenkonus auf der Werkstückspindelseite könnte zur Spannung von massiven Werkstücken mit zylindrischen Endabschnitten auch ein Innenkonus vorgesehen sein.

**[0078]** Die schematische Fig. 5 zeigt eine Seitenansicht einer als Bandfinishmaschine ausgelegten Finishmaschine 500 gemäß einem zweiten Beispiel in einer Richtung parallel zur z-Richtung des maschinenfesten Maschinenkoordinatensystems MKS. Die Finishmaschine ist im Beispielsfall für die gleichen Werkstücke (Nockenstücke) konzipiert und im Materialfluss in Linie hinter einer vorgeschalteten Schleifmaschine und vor einer nachgeschalteten Waschanlage angeordnet.

**[0079]** Die zu bearbeitenden Werkstücke 200 werden der Finishmaschine in der gezeigten Darstellung von rechts über eine horizontale Transporteinrichtung 605 liegend zugeführt, mit Hilfe eines Handlingsystems (Ladeeinrichtung 610) automatisch in die Finishmaschine geladen und nach Abschluss einer Bandfinishbearbeitung wieder entladen und nach links abgefördert. Es gibt zusätzlich zur Ladestation nur eine Bearbeitungsstation zum Bandfinishen. Zur Bandfinishbearbeitung sind zwei gleichzeitig am Werkstück angreifende Finisheinheiten 620, 630 vorgesehen.

**[0080]** Die Finishmaschine hat einen Rundtisch 510,

der mit Hilfe eines nicht gezeigten Drehantriebs taktweise um eine parallel zur z-Richtung verlaufende horizontale Rundtischachse 112 drehbar ist.

**[0081]** An dem Rundtisch sind zwei diametral gegenüberliegende Werkstückspindeln radial außerhalb der Rundtischachse 512 angeordnet, nämlich eine um eine erste Spindelachse 522 drehbare erste Werkstückspindel 520 und eine um eine zweite Spindelachse 532 drehbare zweite Werkstückspindel 530. Die Spindelachsen liegen parallel zueinander und parallel zur Rundtischachse 512 in horizontaler Richtung. Für jede Werkstückspindel ist ein gesonderter Spindelantrieb vorgesehen, so dass die Drehung jeder Werkstückspindel unabhängig von den Drehungen der anderen Werkstückspindel gesteuert werden kann.

**[0082]** Die Werkstückspindeln und die daran angebrachten Werkstückaufnahmen sind jeweils identisch. Die Werkstückaufnahmen sind als Spannzangen ausgelegt, die über eigene Spanntriebe betätigt werden und das eingespannte Werkstück durch Einklemmen drehfest halten und zentrieren.

**[0083]** Der Rundtisch "bedient" zwei am Umfang des Rundtisches angeordnete Arbeitsstationen. An der oben liegenden ersten Arbeitsstation ist die Ladeeinheit 610 zum Be- und Entladen der Werkstückaufnahmen vorgesehen. In der in Fig. 5 dargestellten Situation befindet sich die erste Werkstückspindel 520 in der Be- und Entladeposition im Arbeitsbereich der Ladeeinheit 610. Die Beladung erfolgt von rechts, der Abtransport nach links.

**[0084]** Eine Drehung des Rundtisches um 180° im Uhrzeigersinn wird das zu bearbeitende Werkstück dann in die zweite Arbeitsstation fördern, die die einzige Bearbeitungsstation der Finishmaschine ist. Die Bearbeitungsstation hat zwei im Wesentlichen identische Finisheinheiten 620, 630, die von diametral gegenüberliegenden Seiten am Werkstück angreifen. Die Finisheinheiten sind jeweils horizontal parallel zur x-Achse verfahrbar. Weiterhin ist eine Linearachse in z-Richtung zur axialen Positionierung der Finisheinheiten am Werkstück vorgesehen.

**[0085]** Sowohl die erste Finisheinheit 620 als auch die zweite Finisheinheit 630 ist als Bandfinishseinheit konstruiert und hat zwei parallele Bandtransporteinrichtungen, so dass am Werkstück zwei axial gegeneinander versetzte Werkstückabschnitte (Nocken) gleichzeitig mittels Bandfinishen bearbeitet werden können. Die erste Finisheinheit ist zur Bearbeitung von axial zueinander versetzten ersten Nocken eingerichtet, während die zweite Finisheinheit axial zu den ersten Nocken versetzte zweite Nocken bearbeitet. Für das Bandfinishen wird jeweils ein endliches (nicht endloses) Finishband verwendet, dessen Bandenden jeweils an einer Bandrolle befestigt sind. Es wird mit langsamem kontinuierlichen oder diskontinuierlichem Bandvorschub gearbeitet. Insoweit wird auf die obige Beschreibung verwiesen.

**[0086]** Ist die Finishbearbeitung abgeschlossen, wird der Rundtisch um 180° weitergeschaltet. Diese Drehung bringt das feinbearbeitete Werkstück wieder zur ersten

Arbeitsstation, wo es mit Hilfe der Ladeeinheit 610 aus der Werkstückaufnahme entnommen und zum Abtransport befördert wird.

**[0087]** Im Gegensatz zum Beispiel von Fig. 1 bis 4 sind die Werkstücke hier nur einseitig (in der Werkstückaufnahme) und nicht zwischen Spitzen gespannt und es gibt keine entsprechenden Reitstockeinrichtungen. Dennoch ist auch bei großen radialen Andruckkräften beim Finishen eine gegen Querkräfte stabilisierte, zur Werkstückspindel koaxiale Werkstückdrehung sichergestellt. Die Anordnung der Finisheinheiten ist nämlich so gewählt, dass die radial zur Werkstückachse angreifenden Andruckkräfte der ersten und der zweiten Finisheinheit im Wesentlichen symmetrisch zur Werkstückachse ausgerichtet sind. Dadurch kompensieren sich die durch die Finisheinheiten beim Bearbeiten aufgebrachten Andruckkräfte gegenseitig, so dass eine gegen Querkräfte stabilisierte Bearbeitung möglich ist. Jede Finisheinheit wirkt dabei als Abstützung bzw. Gegenlagerung zur Aufnahme der jeweils von der anderen Finisheinheit eingebrachten Querkräfte.

**[0088]** Anhand von Fig. 6 werden besondere Einrichtungen zur Werkstückspannung bei einer Finishmaschine 800 dargestellt, welche in Beispiel zur Bearbeitung von relativ langen Werkstücken 805 in Form von Kurbelwellen eingerichtet ist. Zu den Bearbeitungseinrichtungen gehören mehrere Finisheinheiten, die an einer in einer Bearbeitungsposition gehaltenen Kurbelwelle gleichzeitig sowohl Hauptlager als auch Hublager der Kurbelwelle mittels Bandfinishen bearbeiten können. Die Einrichtungen zur Werkstückspannung können gleichzeitig vier Kurbelwellen jeweils zwischen Spitzen einspannen und taktweise zu unterschiedlichen Arbeitsstationen bewegen.

**[0089]** Zur Werkstückspannung sind zwei koaxial drehbare Rundtische vorgesehen, wovon einer zu einer Spindelstockeinheit gehört und vier separat angetriebene Werkstückspindeln aufweist und der andere zu einer Reitstockeinheit gehört, die als Gegenlagereinrichtung zur Fixierung der Werkstücke in einer koaxial zur Spindelachse der Werkstückspindeln ausgerichteten Bearbeitungsstellung dient.

**[0090]** Zur Spindelstockeinheit gehört ein erster Rundtisch 810, der mit Hilfe eines elektrischen ersten Drehantriebs 814 taktweise um seine horizontale Rundtischachse 812 gedreht werden kann. Der erste Rundtisch ist in einem vertikalen Trägerelement gelagert, welches in Axialrichtung fixiert auf dem Maschinenbett 802 der Finishmaschine montiert ist. Am ersten Rundtisch 810 sind vier Werkstückspindeln radial außerhalb der Rundtischachse angeordnet, von denen nur zwei Werkstückspindeln 820, 830 in der Seitenansicht erkennbar sind. Zu jeder der Werkstückspindeln gehört ein unabhängig von den anderen Drehantrieben ansteuerbarer Drehantrieb, der die Werkstückspindel um die zugehörige Spindelachse 822, 832 drehen kann. Die vier in die Spindelstock-Rundachse integrierten Werkstückspindeln sind jeweils mit einer axial gefederten Spitze 824, 834 und

Mitnehmern ausgestattet, die dafür sorgen, dass die eingespannten Werkstücke bei Drehung der jeweiligen Werkstückspindel in Umfangsrichtung formschlüssig ergriffen und mitgenommen werden. Der erste Rundtisch 810 wird um seine horizontale Rundtischachse 812 gedreht und in vier diskreten Positionen indexiert, die zu vier Arbeitsstationen der Finishmaschine gehören. In der gezeigten Situation befindet sich die obere Werkstückspindel 820 in der Be- und Entladeposition im Arbeitsbereich einer nicht gezeigten Ladeeinheit. In dieser Arbeitsposition wirkt ein ortsfest montierter pneumatischer Antrieb 860 als Betätigung zum Zurückziehen der Spitze der in der Be- und Entladeposition befindlichen Werkstückspitze.

**[0091]** In Axialrichtung gesehen gegenüber dem ersten Rundtisch 810 ist ein zweiter Rundtisch 910 angeordnet, der Teil der Reitstockeinheit ist. Der zweite Rundtisch kann mit Hilfe eines elektrischen zweiten Drehantriebs 914 um seine horizontale Rundtischachse 912 gedreht, die koaxial zur Drehachse bzw. Rundtischachse 812 des ersten Rundtisches verläuft. Der erste und der zweite Drehantrieb sind unabhängig voneinander über die Maschinensteuerung ansteuerbar. Diese kann eine synchrone Drehung der Rundtische mit steuerungstechnischen Mitteln sicherstellen. Dieses Konzept wird hier auch als "Zwillingsantrieb" bezeichnet.

**[0092]** Die gemeinsame Drehachse bildet die Symmetrieachse der Anordnung. Der zweite Rundtisch 910 ist für den Umrüstdetrieb axial, d.h. parallel zur Symmetrieachse der Anordnung, verfahrbar. Der Rundtisch ist hierzu in einem vertikalen Trägerelement gelagert, welches auf einen Schlitten 970 montiert ist, der auf axialen Führungsschienen axial verschiebbar geführt ist und mittels einer NC-Achse 975 mit Kugelgewindetrieb horizontal hin- und herbewegt werden kann.

**[0093]** Der zweite Rundtisch 910 trägt vier identisch aufgebaute Reitstockspindeln in 90°-Winkelteilung, wovon nur zwei Reitstockspindeln 920 und 930 dargestellt sind. Jede der Reitstockspindeln hat eine passiv drehbare, wälzgelagerte, gefederte Spitze 924, 934, so dass jeweils ein langes Werkstück zwischen den Spitzen der gegenüberliegenden Werkstückspindel und der zugehörigen Reitstockspindel federbelastet eingespannt werden kann. Der Rundtisch wird an vier diskreten Positionen entsprechend den Arbeitsstationen der Finishmaschine indexiert. An der zur Beund Entladestation gehörenden Position ist ein ortsfester pneumatischer Antrieb 960 zum Zurückziehen der reitstockseitigen Spitze vorgesehen.

**[0094]** Während des Betriebs der Finishmaschine 800 wird ein zu bearbeitendes Werkstück im Bereich der Be- und Entladeposition eingespannt, indem eine freie Werkstückspindel und eine zugehörige freie Reitstockspindel zunächst in die zur Be- und Entladestation gehörende Arbeitsposition gefahren werden. Das Werkstück wird dann mittels einer Greifereinheit gegriffen und zwischen den Spitzen gehalten, die durch die pneumatischen Antriebe entgegen der Kraft der jeweils zugehörigen Rück-

stellfedern zurückgezogen werden. Zum Einspannen des Werkstücks werden die Antriebe deaktiviert, so dass das Werkstück unter der Kraft der zu den Spitzen gehörenden Federn axial zwischen Spitzen eingespannt wird. Das Werkstück kann dann durch synchrones Drehen der beiden Rundtische 810, 910 mittels synchronisierter Ansteuerung des ersten und zweiten Drehantriebs in eine erste Bearbeitungsstation und danach ggf. zu bis zu zwei weiteren Bearbeitungsstationen gefahren werden, bevor es zurück zur Be- und Entladestation gefördert wird. Unterschiedliche Drehrichtungen sind möglich. In den Bearbeitungsstationen können unterschiedliche Bearbeitungsoperationen am Werkstück durchgeführt werden. Die Werkstücke bleiben jeweils vom Einspannen bis zum nachfolgenden Ausspannen kontinuierlich zwischen Spitzen eingespannt und können an den jeweiligen Arbeitsstationen mittels der Werkstückspindel um ihre Längsachse gedreht werden.

**[0095]** Grundsätzlich wäre es möglich, nur einen einzigen, gemeinsamen Drehantrieb für beide Rundtische vorzusehen und die Rundtische z.B. mechanisch so miteinander zu koppeln, dass der angetriebene Rundtisch den anderen, passiven Rundtisch mitnimmt. Es könnten auch ausgehend von einem gemeinsamen Drehantrieb zwei separate Antriebsstränge zu den Rundtischen führen. Das erfindungsgemäße Konzept mit "Zwillingsantrieb" der beiden Rundtische wird demgegenüber als vorteilhaft angesehen, insbesondere wenn mehr als zwei Werkstücke einzuspannen sind und/oder wenn die Werkstücke relativ groß und schwer sind.

**[0096]** Der als Gegenlager dienende zweite Rundtisch 910 beinhaltet die passive Werkstück-Gegenlagerungen (z.B. Spitze, Lünette), welche durch die auf der gegenüberliegenden Hauptantriebsseite induzierte Werkstückrotation angetrieben werden und die Werkstücke (im Falle einer Zwischen-Spitzen-Lösung) durch eine konstante Spannkraft (z.B. Federkraft) in den weiteren fünf Freiheitsgraden zwischen den Spitzen fixiert. Diese Spannkraft kann durch eine externe Betätigung zur Werkstückentnahme gelöst werden (z.B. ortsfest angeordnet an Be-/Entladestation).

**[0097]** Da der Rundtisch alleine durch den exzentrischen Abstand der Werkstücke und deren Aufnahmen zur Rundtisch-Rotationsachse ein hohes rotatives Trägheitsmoment (Steiner-Anteil des Massenträgheitsmoments) aufweist, ist beim Zwillingsantrieb vorgesehen, dass der zweite Rundtisch nicht über den ersten Rundtisch 810 passiv mitgenommen wird, sondern über einen eigenen Drehantrieb (zweiter Drehantrieb 914) verfügt, der vorteilhaft ein servogeregelter Rotationsantrieb (NC-Achse) ist. Durch diese Ausführung werden Vorteile hinsichtlich der geometrischen Genauigkeit sowie der Antriebsdynamik erzielt: Zum einen können Winkelversätze zwischen beiden Rundtischen durch Abfrage und Vergleich der beidseitigen Winkelgebersysteme der Drehantriebe praktisch eliminiert werden, so dass immer (unabhängig von den Dimensionen der Anordnung) eine synchrone Drehung der Rundtische sichergestellt ist.

Die Rundtische sind maschinenseitig nur über die Maschinensteuerung, nicht aber mechanisch gekoppelt. Unvermeidliche Nachgiebigkeiten, die bei mechanischer Kopplung der Rundtische auftreten könnten, werden eliminiert. Zum anderen kann die Ausführung des Zwillingsantriebs aufgrund der beschriebenen Massenträgheitsthematik die Dynamik sowie den Energieverbrauch im Vergleich zu einer passiven Mitnahme des zweiten Rundtischs wesentlich verbessern.

**[0098]** Die Anordnung erlaubt höchste Produktivität auch bei der Bearbeitung von axial langen Werkstücken. Die bei der Bearbeitung radial auf die Werkstücke wirkenden Querkkräfte werden durch die Werkstückspannung zwischen coaxialen Spitzen zuverlässig aufgenommen.

**[0099]** Einige Aspekte der Erfindung wurden am Beispiel von Bandfinishmaschinen erläutert, die zwei als Bandfinisheinheiten eingerichtete Finisheinheiten aufweisen, in einem Fall zusätzlich zu einer Entgrateinheit. Es ist auch möglich, dass eine oder mehrere Finisheinheiten mit einem Finishstein als Bearbeitungswerkzeug ausgestattet sind. Wie das Beispiel von Fig. 5 zeigt kann die Finishmaschine auch als reine Finishmaschine ausgelegt sein, bei der alle Bearbeitungseinheiten Finisheinheiten sind.

**[0100]** Bei manchen, nicht bildlich dargestellten Ausführungsformen ist zusätzlich zu einer Be- und Entladeeinheit nur eine einzige Finisheinheit vorgesehen. Es können auch mehr als zwei Finisheinheiten vorgesehen sein, beispielsweise drei oder vier Finisheinheiten. Diese können für gleichartige oder unterschiedliche Finishoperationen eingerichtet sein. Bei den gezeigten Ausführungsbeispielen werden alle Bearbeitungsoperationen am drehenden Werkstück ausgeführt, wobei es für die Bearbeitung nicht darauf ankommt, das Werkstück in einer bestimmten Drehposition zu fixieren. Die Werkstückspindeln können daher einen relativ einfachen Aufbau ohne Einrichtungen zur Einstellung und Fixierung einer bestimmten Drehstellung haben.

**[0101]** Der mit Werkstückspindeln ausgestattete Rundtisch ist bei den Ausführungsbeispielen um eine horizontale Rundtischachse drehbar. Es gibt auch Ausführungsformen mit einem horizontalen, liegenden Rundtisch, der um eine vertikale Rundtischachse drehbar ist. Entsprechend sind auch die Achsen von Finisheinheiten und gegebenenfalls anderen Bearbeitungseinheiten unterschiedlich orientierbar. Die am Rundtisch angebrachten Werkstückspindeln drehen im Beispielsfall achsparallel zum Rundtisch.

**[0102]** Diese Anmeldung offenbart unter anderem eine Werkstückhaltevorrichtung mit zwei coaxial drehbaren Rundtischen, wobei der erste Rundtisch die (mittels eines Spindeltriebs um eine Spindelachse drehbaren) Werkstückspindeln trägt und der gegenüberliegende zweite Rundtisch Einrichtungen zur Gegenlagerung der Werkstücke aufweist. Diese Einrichtungen zur Gegenlagerung können, wie bei der beanspruchten Erfindung, als Reitstockspindeln ausgelegt sein, ggf. aber auch an-

dere Ausgestaltung aufweisen. Eine solche Werkstück-haltevorrichtung kann unabhängig von den sonstigen Merkmalen der beanspruchten Erfindung auch bei Bearbeitungsmaschinen ohne Finisheinheiten genutzt werden, um Werkstücke, insbesondere relativ lange Werkstücke, bei der Bearbeitung gegen Querkkräfte abzustützen, die durch ein Bearbeitungswerkzeug auf das sich ggf. drehende Werkstück ausgeübt werden.

### Patentansprüche

1. Finishmaschine (100) zur Finishbearbeitung gekrümmter Werkstückoberflächen an Werkstücken (200) mit:

mindestens einer Werkstückspindel, die mittels eines Spindelantriebs um eine Spindelachse drehbar ist und eine Werkstückaufnahme zur Aufnahme eines Werkstücks aufweist derart, dass das durch die Werkstückaufnahme aufgenommene Werkstück durch Drehung der Werkstückspindel um eine Werkstückachse drehbar ist;

mindestens einer Finisheinheit, die eine Andrückeinrichtung zum Andrücken eines mit Schneidmittel besetzten Bearbeitungswerkzeugs an eine gekrümmte Umfangsfläche des Werkstücks mit einer radial zur Werkstückachse gerichteten Andrückkraft aufweist; und

einem Rundtisch (110), der taktweise um eine Rundtischachse (112) drehbar ist, wobei mehrere Werkstückspindeln (120, 130, 140, 150) an dem Rundtisch in einer vorgegebenen Winkelteilung angeordnet sind und ein durch eine Werkstückaufnahme aufgenommenes Werkstück durch Drehung des Rundtischs in eine Bearbeitungsposition an der Finisheinheit bewegbar und nach Abschluss der Finishbearbeitung aus dieser Bearbeitungsposition heraus zu einer nachfolgenden Arbeitsstation transportierbar ist, **gekennzeichnet durch**

eine Einrichtung zur aktiven Abstützung des Werkstücks gegen Querkräfte an mindestens einem mit axialem Abstand von der Werkstückaufnahme liegenden Werkstückabschnitt, wobei zusätzlich zu dem die Werkstückspindeln (820, 830) tragenden Rundtisch (810) ein weiterer Rundtisch (910) vorgesehen ist, der koaxial mit dem die Werkstückspindeln tragenden Rundtisch drehbar ist und mindestens eine Reitstockspindel (920, 930) trägt, wobei jedem der beiden Rundtische (810, 910) ein eigener Drehantrieb (814, 914) zugeordnet ist, wobei eine synchrone Drehung der Rundtische (810, 910) mittels Synchronisierung der Drehantriebe über eine Maschinensteuerung der Finishmaschine erzielbar ist.

2. Finishmaschine nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Rundtisch in jeder zu einer Bearbeitungsposition gehörenden Winkelstellung mittels einer Indexiereinrichtung indexierbar und/oder mittels einer Klemmeinrichtung festklemmbar ist.
3. Finishmaschine nach Anspruch 1 oder 2, **gekennzeichnet durch** eine mit axialem Abstand von der Werkstückaufnahme an dem Werkstück angreifende Gegenlagereinrichtung zur Fixierung des Werkstücks in einer koaxial zur Spindelachse der Werkstückspindel ausgerichteten Bearbeitungsstellung, wenn sich die Werkstückspindel in einer zu einer Bearbeitungsstation gehörenden Bearbeitungsposition befindet.
4. Finishmaschine nach einem der vorhergehenden Ansprüche, worin die Finishmaschine so eingerichtet ist, dass ein Werkstück an mindestens einer Bearbeitungsstation mit seinen axialen Enden zwischen zentrierend wirkenden Spitzen aufnehmbar ist.
5. Finishmaschine nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** bei der Variante mit dem weiteren Rundtisch (910) für jede Werkstückspindel eine eigene Reitstockspindel vorgesehen ist.
6. Finishmaschine nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** bei der Variante mit dem weiteren Rundtisch (910) der weitere Rundtisch (910) parallel zu seiner Drehachse (912) in Richtung des die Werkstückspindeln tragenden Rundtischs (810) oder in Gegenrichtung verfahrbar ist.
7. Finishmaschine nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **gekennzeichnet durch** mehrere dem Rundtisch zugeordneten Bearbeitungseinheiten (220, 230, 240) zur Durchführung von Bearbeitungsoperationen an einem durch eine Werkstückaufnahme aufgenommenen Werkstück, wobei mindestens eine der Bearbeitungseinheiten eine Finisheinheit (230, 240) ist, wobei vorzugsweise mindestens eine Bearbeitungseinheit für eine andere Bearbeitungsoperation, insbesondere zum Entgraten, konfiguriert ist.
8. Finishmaschine nach einem der vorhergehenden Ansprüche, worin die Finishmaschine mehrere Finisheinheiten (230, 240, 620, 630) aufweist, die vom gleichen Rundtisch (110) bedient werden, insbesondere genau zwei Finisheinheiten (230, 240, 620, 630), die vorzugsweise so angeordnet sind, dass sie nacheinander vom Rundtisch bedient werden.

9. Finishmaschine nach einem der vorhergehenden Ansprüche, worin eine Bearbeitungsstation der Finishmaschine zwei Finisheinheiten (620, 630) aufweist, die dafür eingerichtet sind, gleichzeitig dasselbe in einer zu der Bearbeitungsstation gehörenden Bearbeitungsposition positionierte Werkstück zu bearbeiten, und/oder worin an einer Bearbeitungsstation zur Finishbearbeitung eine erste Finisheinheit (620) und mindestens eine zweite Finisheinheit (630) vorgesehen ist, die bei der Bearbeitung gleichzeitig am Werkstück derart angreifen, dass radial zur Werkstückachse angreifende Andruckkräfte der ersten und der zweiten Finisheinheit im Wesentlichen symmetrisch zur Werkstückachse ausgerichtet sind, wobei vorzugsweise an einer Bearbeitungsstation zur Finishbearbeitung zwei diametral gegenüberliegende, im Wesentlichen identische Finisheinheiten (620, 630) vorgesehen sind.
10. Finishmaschine nach einem der vorhergehenden Ansprüche, worin die Werkstückaufnahme (160) als passive Steckaufnahme ausgebildet ist, wobei vorzugsweise die Werkstückaufnahme (160) mindestens eine Haltefeder und/oder mindestens ein federbelastetes Halteelement (166) aufweist, um das auf die Werkstückaufnahme aufgesteckte oder in die Werkstückaufnahme eingesteckte Werkstück reibschlüssig zu halten und gegen Herabfallen zu sichern.
11. Finishmaschine nach einem der vorhergehenden Ansprüche, worin die Werkstückaufnahme für eine drehfeste Aufnahme eines Werkstücks ausgebildet ist, wobei die Werkstückaufnahme vorzugsweise eine passive Verdrehsicherungseinrichtung zur Sicherung eines aufgenommenen Werkstücks gegen Verdrehung aufweist, wobei vorzugsweise die Werkstückaufnahme ein federbelastetes Mitnehmerelement (166) aufweist, das bei Aufnahme eines Werkstücks in eine Ausnehmung am Werkstück in Umfangsrichtung formschlüssig eingreift, und/oder worin die Werkstückaufnahme (160) einen konischen Zentrierabschnitt (164) zur Zentrierung des Werkstücks in Bezug auf die Spindelachse (132) aufweist.
12. Finishmaschine nach einem der vorhergehenden Ansprüche, worin die Werkstückspindeln (120, 130, 140, 150) an dem Rundtisch (110) derart angebracht sind, dass die Spindelachsen (122, 132, 142, 152) parallel zur Rundtischachse (112) verlaufen.
13. Finishmaschine nach einem der vorhergehenden Ansprüche, worin die Finisheinheit (230, 240) eine Oszillationseinrichtung zur Erzeugung einer Oszillationsbewegung des Bearbeitungswerkzeugs parallel zur Werkstückachse aufweist.
14. Finishmaschine nach einem der vorhergehenden

Ansprüche, worin mindestens eine Finisheinheit (230, 240) eine Bandfinisheinheit ist.

## 5 Claims

1. A finishing machine (100) for the finish machining of curved workpiece surfaces on workpieces (200), having:

at least one workpiece spindle, which is rotatable about a spindle axis by means of a spindle drive and has a workpiece mounting for mounting a workpiece, such that the workpiece mounted by the workpiece mounting is rotatable about a workpiece axis by rotation of the workpiece spindle;

at least one finishing unit, which has a pressing device for pressing a machining tool provided with cutting means against a curved circumferential surface of the workpiece with a pressing force directed radially with respect to the workpiece axis; and

a rotary table (110), which is rotatable cyclically about a rotary table axis (112), wherein a plurality of workpiece spindles (120, 130, 140, 150) are arranged on the rotary table at a predetermined angular pitch and a workpiece mounted by a workpiece mounting is movable into a machining position on the finishing unit by rotation of the rotary table and, after completion of the finish machining operation, is transportable out of this machining position to a subsequent workstation,

### characterized by

a device for actively supporting the workpiece against transverse forces on at least one workpiece section located at an axial distance from the workpiece mounting,

wherein in addition to the rotary table (810) carrying the workpiece spindles (820, 830), a further rotary table (910) is provided, which is rotatable coaxially with the rotary table carrying the workpiece spindles and carries at least one tailstock spindle (920, 930), wherein each of the two rotary tables (810, 910) is assigned a separate rotary drive (814, 914), wherein synchronous rotation of the rotary tables (810, 910) is achievable by means of synchronization of the rotary drives via a machine control system of the finishing machine.

2. The finishing machine according to claim 1, **characterized in that** the rotary table is indexable in any angular position pertaining to a machining position by means of an indexing device and/or is clampable by means of a clamping device.

3. The finishing machine according to claim 1 or 2, **characterized by** a counter-bearing device, acting on the workpiece at an axial distance from the workpiece mounting, for fixing the workpiece in a machining position oriented coaxially with the spindle axis of the workpiece spindle, when the workpiece spindle is located in a machining position pertaining to a machining station.
4. The finishing machine according to any of the preceding claims, wherein the finishing machine is set up such that a workpiece is mountable at at least one machining station with its axial ends between tips which have a centering effect.
5. The finishing machine according to any of the preceding claims, **characterized in that** in the variant with the further rotary table (910), a separate tail-stock spindle is provided for each workpiece spindle.
6. The finishing machine according to any of the preceding claims, **characterized in that** in the variant with the further rotary table (910), the further rotary table (910) is movable parallel to its rotation axis (912) in the direction of the rotary table (810) carrying the workpiece spindles or in the opposite direction.
7. The finishing machine according to any of the preceding claims, **characterized by** a plurality of machining units (220, 230, 240), assigned to the rotary table, for carrying out machining operations on a workpiece mounted by a workpiece mounting, wherein at least one of the machining units is a finishing unit (230, 240), wherein preferably at least one machining unit is configured for a different machining operation, in particular for deburring.
8. The finishing machine according to any of the preceding claims, wherein the finishing machine has a plurality of finishing units (230, 240, 620, 630) which are served by the same rotary table (110), in particular precisely two finishing units (230, 240, 620, 630), which are preferably arranged such that they are served successively by the rotary table.
9. The finishing machine according to any of the preceding claims, wherein a machining station of the finishing machine has two finishing units (620, 630), which are set up to simultaneously machine the same workpiece positioned in a machining position pertaining to the machining station, and/or wherein a first finishing unit (620) and at least one second finishing unit (630) are provided on a machining station for finish machining, said finishing units acting simultaneously on the workpiece during the machining operation such that pressing forces, acting radially to the workpiece axis, of the first and of the second finishing unit are oriented substantially symmetrically with respect to the workpiece axis, wherein preferably two diametrically opposite, substantially identical finishing units (620, 630) are provided on a machining station for finish machining.
10. The finishing machine according to any of the preceding claims, wherein the workpiece mounting (160) is configured as a passive plug-type mounting, wherein preferably the workpiece mounting (160) has at least one retaining spring and/or at least one spring-loaded retaining element (166) in order to hold the workpiece plugged onto the workpiece mounting or plugged into the workpiece mounting in a frictional manner and to secure it against falling out.
11. The finishing machine according to any of the preceding claims, wherein the workpiece mounting is configured to mount a workpiece for conjoint rotation, wherein the workpiece mounting preferably has a passive twist prevention device for securing a mounted workpiece against twisting, wherein preferably the workpiece mounting has a spring-loaded driver element (166) which, when a workpiece is mounted, engages in a recess in the workpiece in a form-fitting manner in the circumferential direction, and/or wherein the workpiece mounting (160) has a conical centering section (164) for centering the workpiece with respect to the spindle axis (132).
12. The finishing machine according to any of the preceding claims, wherein the workpiece spindles (120, 130, 140, 150) are fitted on the rotary table (110) such that the spindle axes (122, 132, 142, 152) extend parallel to the rotary table axis (112).
13. The finishing machine according to any of the preceding claims, wherein the finishing unit (230, 240) has an oscillation device for producing an oscillating movement of the machining tool parallel to the workpiece axis.
14. The finishing machine according to any of the preceding claims, wherein at least one finishing unit (230, 240) is a belt finishing unit.

## Revendications

1. Machine de finition (100) pour le traitement de finition de surfaces courbes de pièces à usiner sur des pièces à usiner (200) avec :

au moins une broche de pièce à usiner pouvant tourner autour d'un axe de broche à l'aide d'un entraînement de broche et comportant un logement de pièce à usiner pour loger une pièce à usiner de telle sorte que la pièce à usiner reçue par le logement de pièce à usiner peut tourner,

- par rotation de la broche de pièce à usiner, autour d'un axe de pièce à usiner ;  
 au moins une unité de finition comportant un dispositif de pression pour presser un outil de traitement équipé d'un moyen de découpe au niveau d'une surface périphérique incurvée de la pièce à usiner avec une force de pression orientée dans le plan radial par rapport à l'axe de pièce à usiner ; et  
 une table ronde (110) pouvant être tournée selon un certain tempo autour d'un axe de table ronde (112), plusieurs broches de pièce à usiner (120, 130, 140, 150) étant disposées au niveau de la table ronde avec un écart angulaire prédéfini et une pièce à usiner reçue par un logement de pièce à usiner pouvant être déplacée dans une position de traitement au niveau de l'unité de finition par rotation de la table ronde et pouvant être transportée à la fin du traitement de finition hors de cette position de traitement jusqu'à une station de travail suivante ;  
**caractérisée par** un dispositif de maintien actif de la pièce à usiner à l'encontre des forces transversales au niveau d'au moins une section de pièce à usiner reposant à une certaine distance axiale du logement de pièce à usiner, dans laquelle une table ronde (910) supplémentaire est prévue en sus de la table ronde (810) supportant les broches de pièce à usiner (820, 830), ladite table supplémentaire pouvant tourner dans le plan coaxial avec la table ronde supportant les broches de pièce à usiner et supportant au moins une broche de contrepoupée (920, 930), dans laquelle un entraînement en rotation (814, 914) propre est associé à chacune des deux tables rondes (810, 910), une rotation synchrone des tables rondes (810, 910) pouvant être atteinte par synchronisation d'entraînements en rotation via une commande de machine de la machine de finition.
2. Machine de finition selon la revendication 1, **caractérisée en ce que** la table ronde peut être indexée dans chaque position angulaire appartenant à une position de traitement au moyen d'un dispositif d'indexation et/ou peut être serrée fixement au moyen d'un dispositif de serrage.
  3. Machine de finition selon la revendication 1 ou 2, **caractérisée par** un dispositif de contre-palier s'engrenant avec la pièce à usiner à une certaine distance axiale du logement de pièce à usiner pour fixer la pièce à usiner dans une position de traitement orientée dans le plan coaxial par rapport à l'axe de broche de la broche de pièce à usiner lorsque la broche de pièce à usiner se trouve dans une position de traitement appartenant à une station de traitement.
  4. Machine de finition selon l'une quelconque des revendications précédentes, la machine de finition étant conçue de telle sorte qu'une pièce à usiner peut être reçue, au niveau d'au moins une station de traitement, avec ses extrémités axiales entre les pointes agissant de façon à exercer un centrage.
  5. Machine de finition selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisée en ce que** dans la variante présentant la table ronde (910) supplémentaire, une broche de contrepoupée propre est prévue pour chaque broche de pièce à usiner.
  6. Machine de finition selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisée en ce que** dans la variante présentant la table ronde (910) supplémentaire, la table ronde (910) supplémentaire peut être avancée parallèlement à son axe de rotation (912), en direction de la table ronde (810) supportant les broches de pièce à usiner ou dans la direction contraire.
  7. Machine de finition selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisée par** plusieurs unités de traitement (220, 230, 240) associées à la table ronde pour mettre en œuvre des opérations de traitement au niveau d'une pièce à usiner reçue à travers un logement de pièce à usiner, au moins une des unités de traitement étant une unité de finition (230, 240), de préférence au moins une unité de traitement étant configurée pour une autre opération de traitement, notamment d'ébavurage.
  8. Machine de finition selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans laquelle la machine de finition comporte plusieurs unités de finition (230, 240, 620, 630) commandées par la même table ronde (110), notamment précisément deux unités de finition (230, 240, 620, 630) disposées de préférence de telle sorte qu'elles étaient commandées les unes après les autres à partir de la table ronde.
  9. Machine de finition selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans laquelle la station de traitement de la machine de finition comporte deux unités de finition (620, 630) conçues pour traiter simultanément la même pièce à usiner positionnée dans une position de traitement appartenant à la station de traitement et/ou dans laquelle une première unité de finition (620) et au moins une deuxième unité de finition (630) étant prévue au niveau d'une station de traitement pour le traitement de finition s'engrenant, en cas de traitement, simultanément avec la pièce à usiner de telle sorte que les forces de pression s'engrenant dans le plan radial par rapport à l'axe de pièce à usiner de la première et de la deuxième

me unité de finition sont orientées pour l'essentiel symétriquement à l'axe de pièce à usiner, deux unités de finition (620, 630) pour l'essentiel identiques de façon diamétralement opposée étant prévues de préférence au niveau d'une station de traitement, pour le traitement de finition. 5

10. Machine de finition selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans laquelle le logement de pièce à usiner (160) est réalisé sous la forme d'un logement d'enchâssement passif, au moins un ressort de maintien et/ou au moins un élément de maintien (166) sollicité par ressort comportant de préférence le logement de pièce à usiner (160), pour maintenir par complémentarité de frottements la pièce à usiner enfoncée sur le logement de pièce à usiner ou s'enfonçant dans le logement de pièce à usiner et pour la protéger contre la chute. 10 15
11. Machine de finition selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans laquelle le logement de pièce à usiner est conçu pour un logement solidaire en rotation d'une pièce à usiner, le logement de pièce à usiner comportant de préférence un dispositif de sécurité antitorsion passif pour sécuriser contre la torsion une pièce à usiner reçue, le logement de pièce à usiner comportant de préférence un élément de doigt d'entraînement (166) sollicité s'engrenant par complémentarité de formes en cas de logement d'une pièce à usiner dans un évidement au niveau de la pièce à usiner dans la direction circonférentielle et/ou dans laquelle le logement de pièce à usiner (160) comporte une section de centrage (164) conique pour le centrage de la pièce à usiner par rapport à l'axe de broche (132). 20 25 30 35
12. Machine de finition selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans laquelle les broches de pièce à usiner (120, 130, 140, 150) sont placées au niveau de la table ronde (110) de telle sorte que les axes de broche (122, 132, 142, 152) s'étendent parallèlement à l'axe de table ronde (112). 40
13. Machine de finition selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans laquelle l'unité de finition (230, 240) comporte un dispositif d'oscillation pour produire un mouvement d'oscillation de l'outil de traitement parallèlement à l'axe de pièce à usiner. 45
14. Machine de finition selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans laquelle au moins une unité de finition (230, 240) est une unité de finition de bande. 50

55

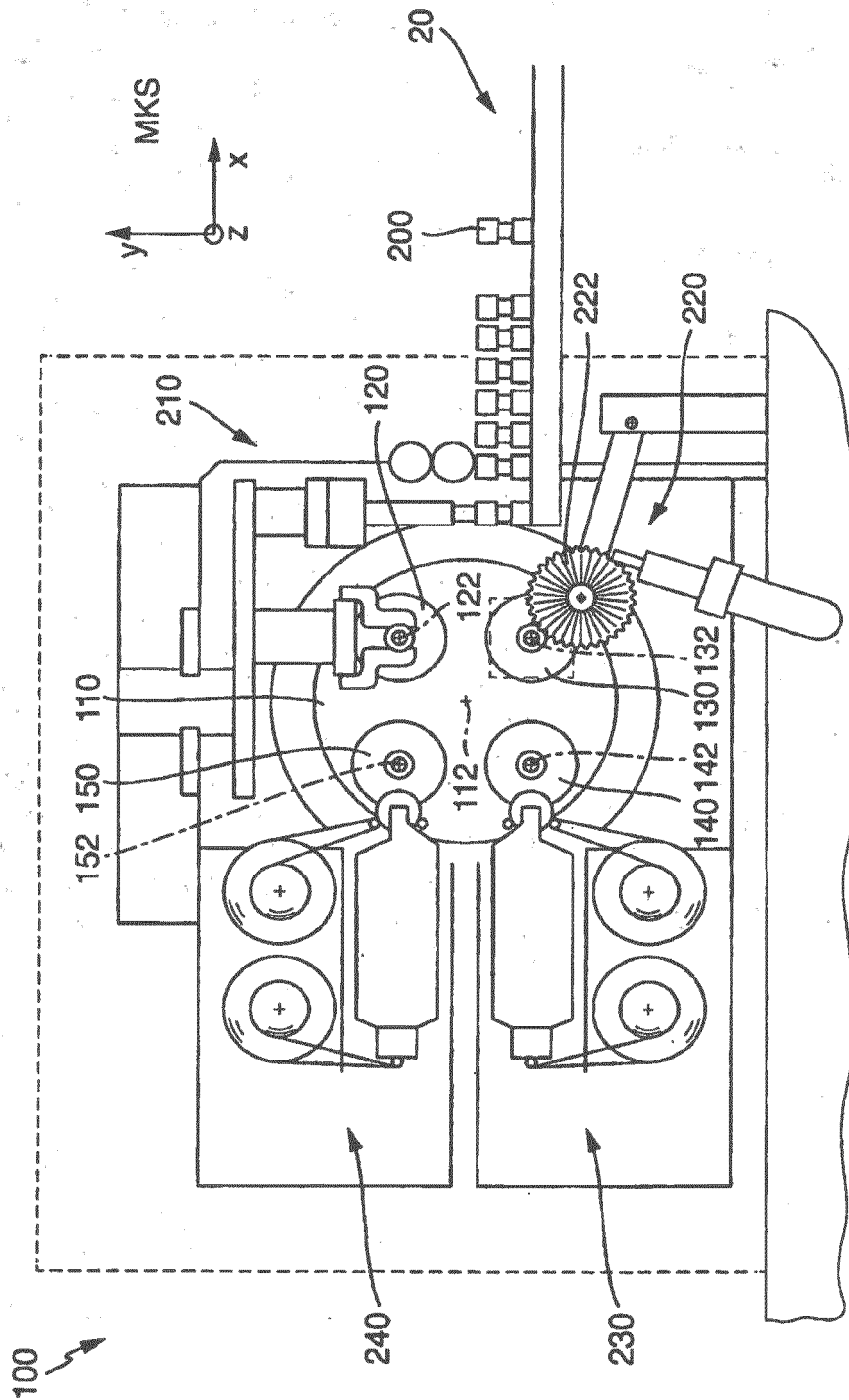


Fig. 1

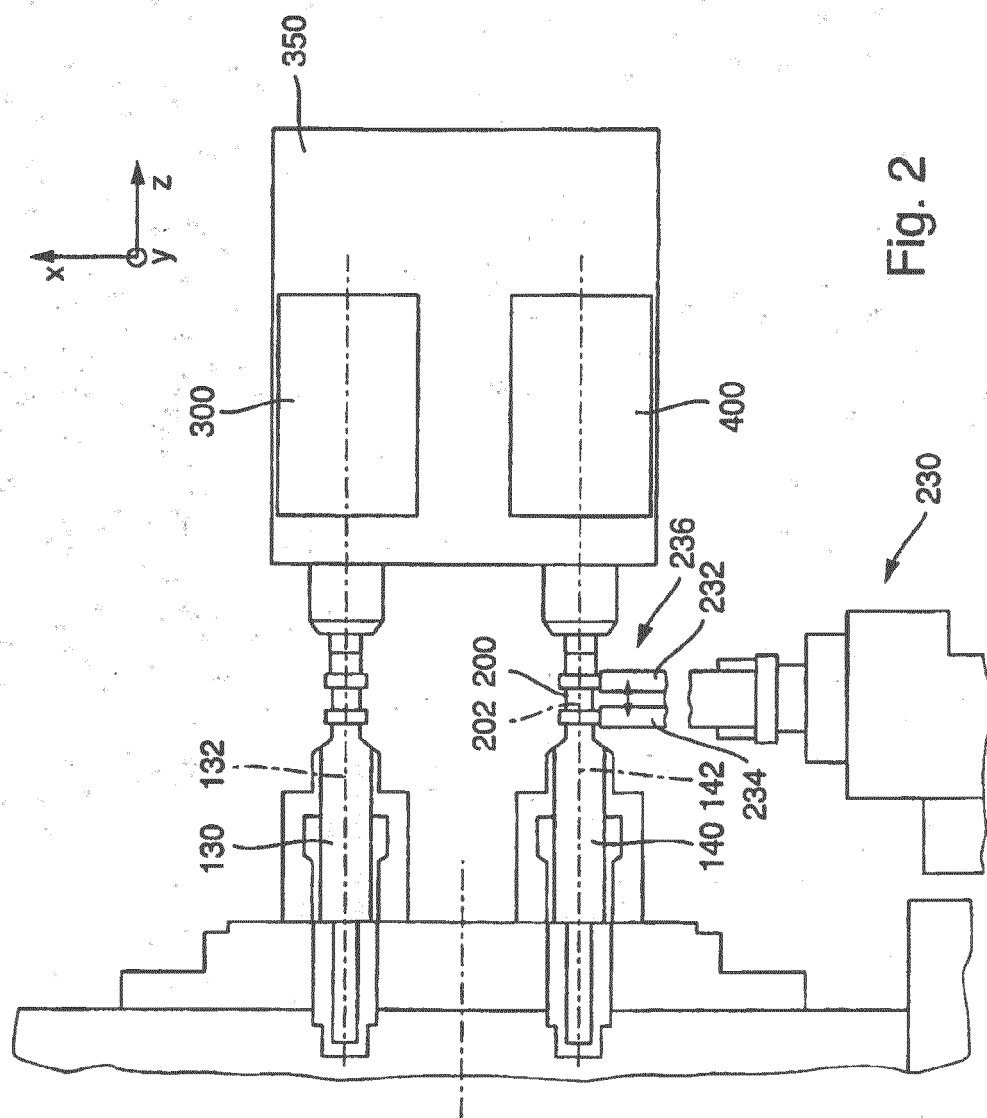


Fig. 2

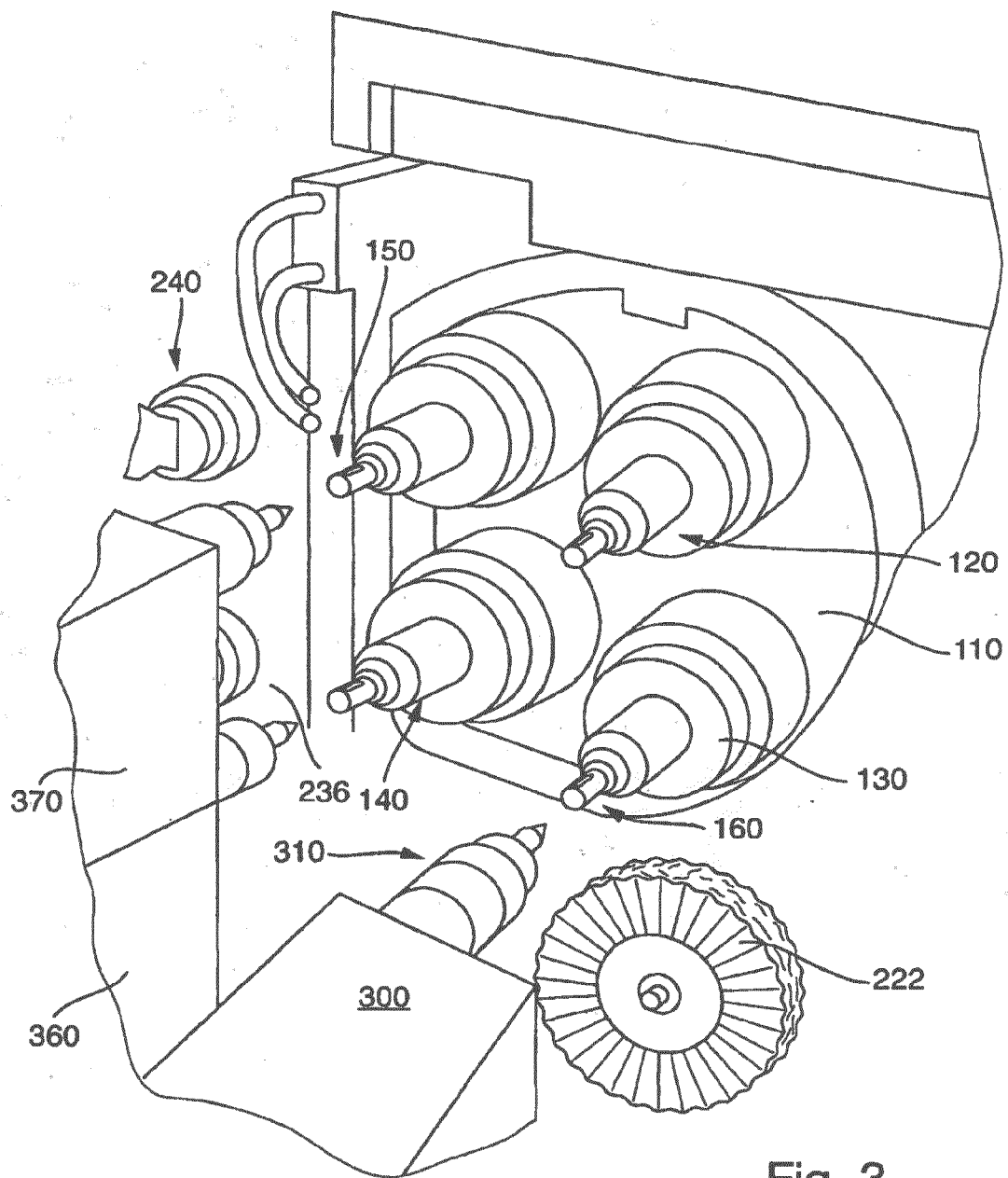
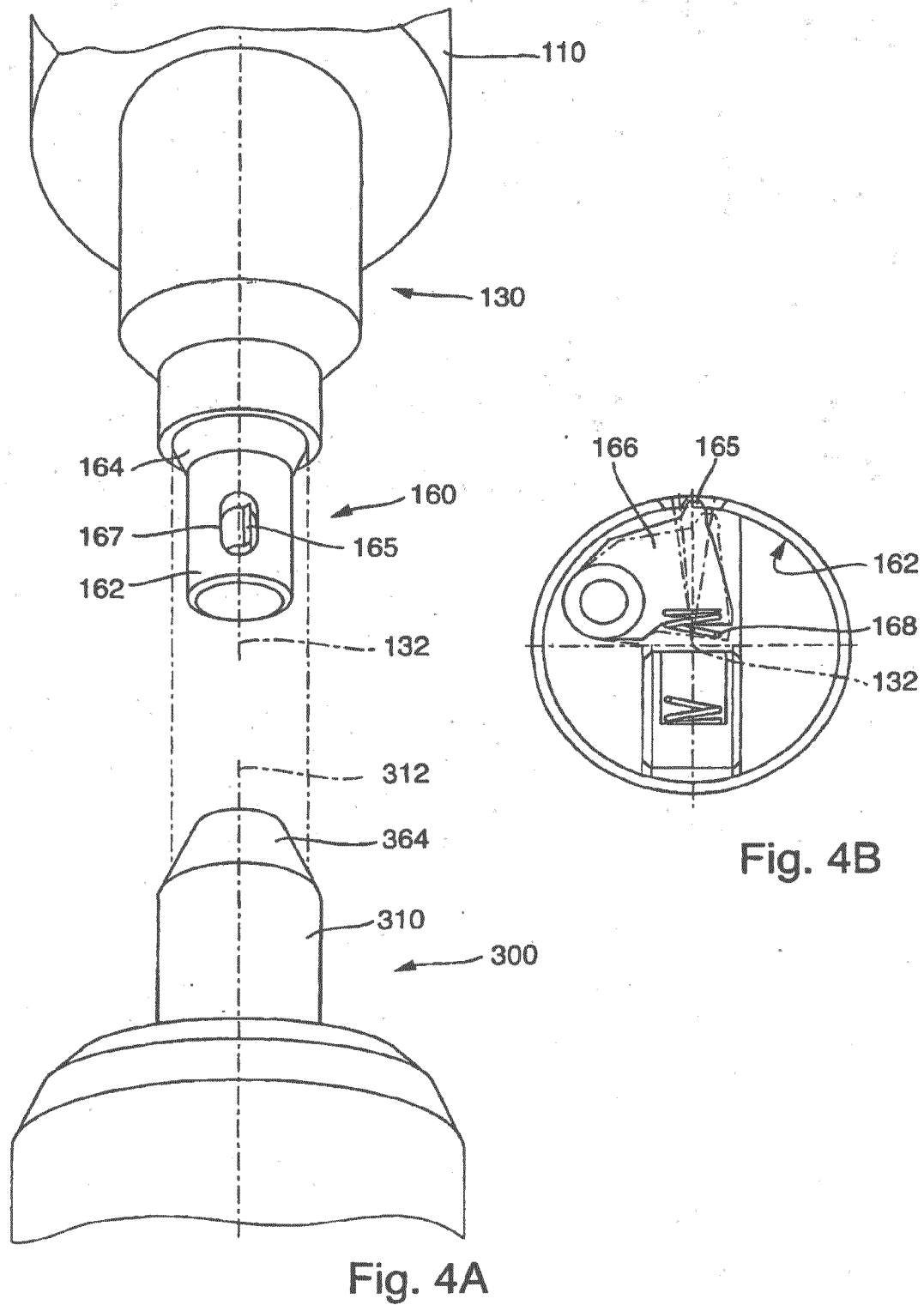


Fig. 3



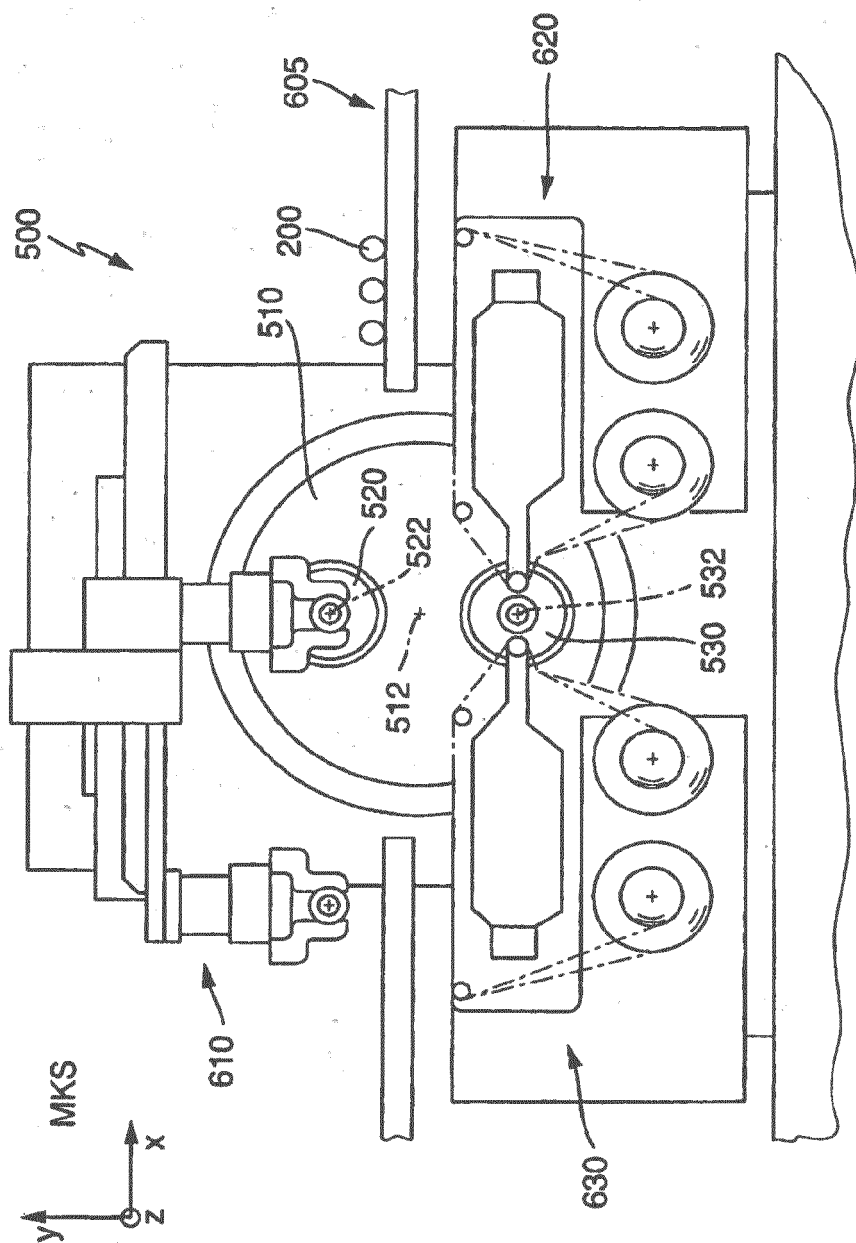


Fig. 5

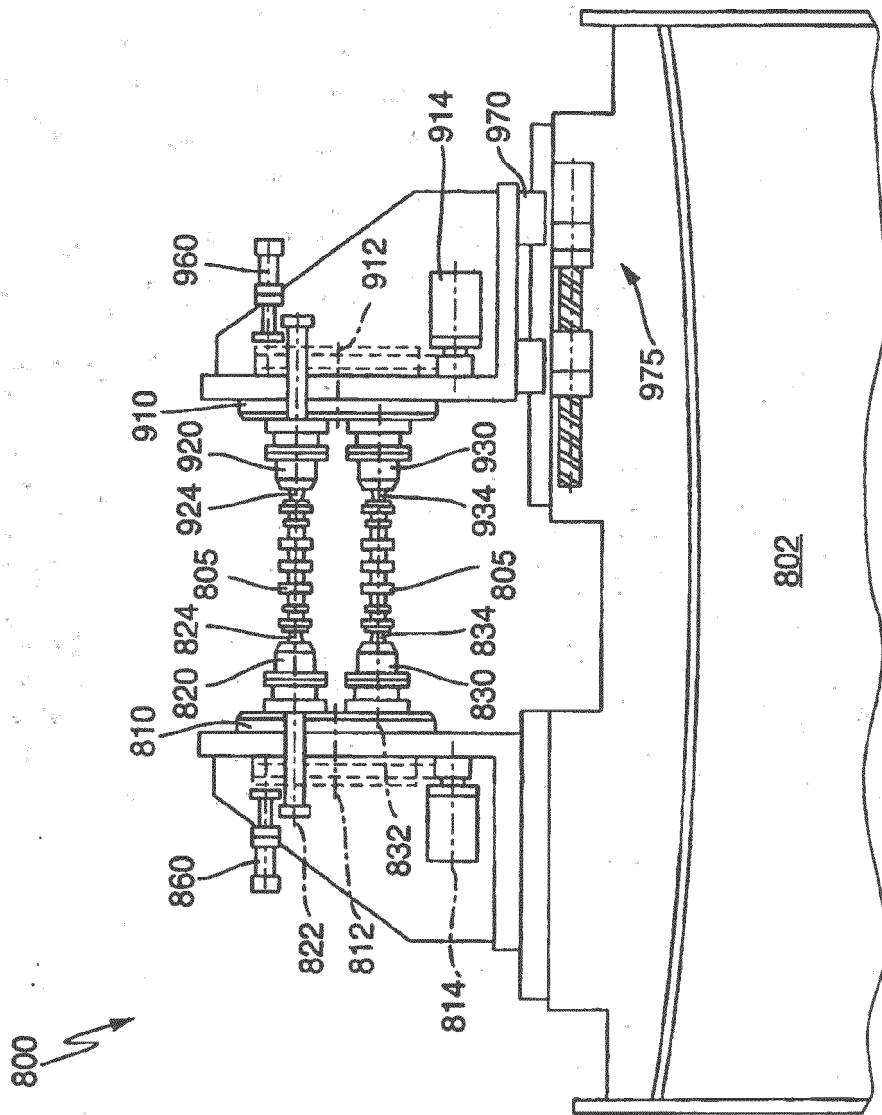


Fig. 6

**IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE**

*Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.*

**In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente**

- WO 2009049868 A1 **[0006]**
- DE 19925077 A1 **[0006]**
- EP 1514640 B1 **[0007]**
- EP 1514643 B1 **[0007]**
- DE 10016897 A1 **[0008]**
- EP 1518643 A1 **[0009]**