

(19)



(11)

EP 3 086 901 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
07.06.2023 Patentblatt 2023/23

(51) Internationale Patentklassifikation (IPC):
B24B 5/37 ^(2006.01) **B24B 5/04** ^(2006.01)
B24B 49/04 ^(2006.01) **B24B 49/12** ^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **14823988.2**

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):
B24B 5/37; B24B 49/04; B24B 49/12

(22) Anmeldetag: **22.12.2014**

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/EP2014/078979

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2015/097146 (02.07.2015 Gazette 2015/26)

(54) **WALZENSCHLEIFVORRICHTUNG UND VERFAHREN ZUM SCHLEIFEN EINER WALZE**
ROLL GRINDING DEVICE AND METHOD FOR GRINDING A ROLL
DISPOSITIF DE RECTIFICATION DE CYLINDRE ET PROCÉDÉ DE RECTIFICATION D'UN CYLINDRE

(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

- **HOLTZ, Jan Hendrik**
47802 Krefeld (DE)
- **NITZSCHE, Gernot**
53340 Meckenheim (DE)

(30) Priorität: **23.12.2013 DE 102013021800**

(74) Vertreter: **Cohausz & Florack**
Patent- & Rechtsanwälte
Partnerschaftsgesellschaft mbB
Bleichstraße 14
40211 Düsseldorf (DE)

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
02.11.2016 Patentblatt 2016/44

(73) Patentinhaber: **Speira GmbH**
41515 Grevenbroich (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
WO-A2-99/26755 JP-A- 2006 208 347
US-A- 5 800 247 US-A- 6 062 948

(72) Erfinder:
• **DRAESE, Stephan**
41334 Nettetal (DE)

EP 3 086 901 B1

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Schleifen einer Walze, insbesondere einer Arbeits-, Zwischen- oder Stützwalze, mittels einer Walzenschleifvorrichtung. Weiterhin betrifft die Erfindung eine Walzenschleifvorrichtung zum Schleifen einer Walze.

[0002] Walzen weisen typischerweise einen Walzenballen auf, an den sich axial beidseitig Walzenzapfen anschließen. Die Oberfläche des Walzenballens wird vorliegend als Walzenoberfläche bezeichnet, da es sich hierbei um die Oberfläche der Walze handelt, die beim Walzen mit dem Walzprodukt (bei einer Arbeitswalze) oder mit den Walzflächen anderer Walzen (bei einer Zwischen- bzw. Stützwalze) in Kontakt tritt. Für den Einsatz einer solchen Walze in einem Walzwerk werden die Walzenzapfen in dafür vorgesehene Lager des Walzwerks eingesetzt, so dass die Walze drehbar gelagert ist. Einer der beiden Walzenzapfen weist typischerweise eine Anschlusskontur, beispielsweise eine Abflachung, zum Anschluss an einen Walzendrehantrieb auf.

[0003] Die Qualität gewalzter Produkte, beispielsweise von Aluminiumbändern oder -folien, hängt unmittelbar von der Beschaffenheit der beim Walzen dieser Produkte eingesetzten Walzen ab.

[0004] Walzen haben daher neben den Anforderungen an den Walzenwerkstoff auch Kriterien hinsichtlich der Walzengeometrie, d.h. hinsichtlich der Kontur des Walzenballens, und hinsichtlich ihrer Oberflächengüte, d.h. der Güte der Walzenoberfläche, zu erfüllen. Die Oberflächengüte der Walze umfasst in der Regel die gleichzeitige Erfüllung eines oder mehrerer Kriterien bezüglich der Oberflächenrauheit, dem Oberflächenglanz, der Musterfreiheit und/oder der Freiheit von singulären oder wiederkehrenden Defekten im Schliffbild der Walze.

[0005] Die Oberflächengüte von Walzen spielt insbesondere beim Walzen von Walzprodukten eine Rolle, die selbst hohen Anforderungen an ihrer Oberflächengüte unterliegen, da sich beispielsweise Oberflächenfehler auf der Walzenoberfläche, wie zum Beispiel Kratzer oder Muster, auf das Walzprodukt übertragen können, so dass dieses entweder aufwändig nachbehandelt oder ggf. sogar verschrottet werden muss.

[0006] Aus diesem Grund werden die Walzen von Walzwerken, insbesondere die Arbeits-, Zwischen- und/oder Stützwalzen, regelmäßig in dafür vorgesehenen Walzenschleifvorrichtungen geschliffen, um einerseits die Walzengeometrie und andererseits die Oberflächengüte der Walze zu erhalten bzw. wiederherzustellen.

[0007] Aus dem Stand der Technik sind manuelle oder teil-automatisierte Rundschleifverfahren bekannt, die an konventionellen bzw. an so genannten CNC-Außenrundschleifmaschinen (CNC = Computerized Numerical Control) durchgeführt werden. Bei den teil-automatisierten Rundschleifverfahren werden die Walzengeometrie und der Durchmesser der Walze CNC-gestützt, d.h. mittels elektronisch gesteuerter Maschinen, erzeugt.

[0008] Bei einigen Schleifverfahren wird zudem auch versucht, eine gewünschte Ziel-Rauheit der Walzenoberfläche anzufahren. Die erzielbare Rauheit der Walzenoberfläche hängt jedoch stark von den Parametern des Schleifwerkzeugs, insbesondere einer üblicherweise verwendeten Schleifscheibe, des Walzenwerkstoffs, des beim Schleifen eingesetzten Kühlschmierstoffs sowie von der Charakteristik der Rundschleifanlage selbst ab. Die Schleifverfahren mit CNC-Steuerung aus dem Stand der Technik können daher in Bezug auf die einzustellende Ziel-Rauheit der Walzenoberfläche theoretisch nur dann erfolgreich sein, wenn die Bedingungen an der Walze, am Schleifwerkzeug, bei der Kühlschmierung und an der Rundschleifanlage an sich während des gesamten Schleifvorgangs konstant gehalten werden. Dies ist in der Praxis jedoch kaum zu realisieren, so dass die gewünschte Ziel-Rauheit der Walzenoberfläche abhängig von der Erfahrung des Bedienpersonals der Schleifanlage nur bis zu einem gewissen Grad erreicht werden kann.

[0009] Zur Unterstützung des Bedienpersonals bei der Beurteilung der während des Schleifverfahrens erzeugten Oberfläche werden zum Teil offline- und online-Messverfahren eingesetzt, um manuelle Korrekturen während des laufenden Schleifprozesses vornehmen zu können. Hierzu wird beispielsweise der Schleifprozess in bestimmten Abständen unterbrochen, so dass Messungen an der Walze durchgeführt werden können. Abhängig vom Ergebnis der Messungen, kann der Schleifprozess vom Bedienpersonal dann mit denselben oder mit veränderten Parametern weitergeführt werden.

[0010] In jüngerer Zeit sind die Anforderungen an die Oberflächengüte von gewalzten Produkten immer weiter angestiegen, so dass entsprechend hohe Anforderungen auch für die Oberflächengüte der Walzen, insbesondere bei Arbeitswalzen, bestehen.

[0011] In den zuvor beschriebenen konventionellen bzw. CNC-gestützten Schleifverfahren wird diese Güte durch das Bedienpersonal der Schleifanlagen bei Unterbrechungen des Schleifprozesses oder nach Beendigung des Schleifprozesses (offline) visuell und/oder mit messtechnischen Hilfsmitteln oder während des Schleifprozesses (online) visuell bewertet, so dass das Bedienpersonal dann ggf. manuell Korrekturmaßnahmen ergreifen bzw. den Schleifprozess wiederholen kann.

[0012] Die Qualität der Oberflächengüte der geschliffenen Arbeitswalzen hängt damit jedoch stark vom Erfahrungsschatz des Bedienpersonals ab. Zudem können besonders hohe Oberflächengüten auf diese Weise nur unzuverlässig oder sogar zum Teil gar nicht erreicht werden.

[0013] Aus der US 6,062,948 ist ein Verfahren zur Messung eines Werkstücks bekannt. Aus der WO 99/26755 A2 ist eine Vorrichtung zur Zentrierung einer Walze bekannt. Aus der US 5,800,247 ist ein kontaktloser Messapparat bekannt. Aus der JP 2006-208347, die die Basis für den Oberbegriff des Anspruchs 12 bildet, sind ein Oberflächendefektdetektor und eine Schleifvor-

richtung bekannt.

[0014] Vor diesem Stand der Technik liegt der vorliegenden Erfindung die Aufgabe zugrunde, eine Walzschleifvorrichtung bzw. ein Verfahren zum Schleifen einer Walze zur Verfügung zu stellen, mit denen zuverlässig eine hohe Oberflächengüte der Arbeitswalzen erreicht werden kann.

[0015] Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß gelöst durch ein Verfahren zum Schleifen einer Walze, insbesondere eine Arbeits-, Zwischen- oder Stützwalze, mittels einer Walzenschleifvorrichtung, bei dem eine Walze mit einem Schleifwerkzeug der Walzenschleifvorrichtung geschliffen wird, bei dem während des Schleifens mindestens ein Messwert mindestens einer auf die Oberflächengüte der Walze bezogenen Messgröße gemessen wird, bei dem während des Schleifens zumindest ein Betriebsparameter der Walzenschleifvorrichtung als Funktion der Messgröße eingestellt wird und bei dem der bei der Messung erfasste Walzenoberflächenbereich vor der Messung gereinigt wird.

[0016] Es wurde festgestellt, dass durch das Erfassen mindestens einer auf die Oberflächengüte der Walze bezogenen Messgröße während des Schleifens eine aktive Regelung der Walzenschleifvorrichtung möglich ist, durch die die Vorgaben an die Oberflächengüte der Walze besser erreicht werden können. Auf diese Weise können auch hohe Anforderungen an die Oberflächengüte der Walze unabhängig vom Erfahrungsschatz des Bedienpersonals der Walzenschleifvorrichtung erfüllt werden.

[0017] Die Messgröße oder eine aus der Messgröße abgeleitete Größe kann insbesondere als Regelgröße einer Regelung verwendet werden, die auf einen vorgegebenen oder vorgebbaren Sollwert eingeregelt werden soll. Über die Messung kann ein Istwert der Regelgröße ermittelt werden, der bei der Regelung mit dem Sollwert verglichen wird. Der mindestens eine Betriebsparameter kann bei der Regelung vorzugsweise als Stellgröße verwendet werden, über die die Regelung der Regelgröße erfolgt. Der Wert der Stellgröße bzw. des Betriebsparameters, wird bei einer solchen Regelung abhängig von der Abweichung der Regelgröße vom Soll-Wert und damit abhängig von dem gemessenen Wert der Messgröße bestimmt.

[0018] Das Erfassen der mindestens einen auf die Oberflächengüte der Walze bezogenen Messgröße kann vorzugsweise zusätzlich zum Erfassen von einer oder mehreren auf die Geometrie der Walze bezogenen Messgrößen erfolgen. Vorzugsweise kann in diesem Fall mindestens ein Betriebsparameter der Walzenschleifvorrichtung als Funktion der auf die Oberflächengüte der Walze bezogenen Messgröße und einer auf die Geometrie der Walze bezogenen Messgröße eingestellt werden. Auf diese Weise können gleichzeitig die Anforderungen an die Geometrie, als auch an die Oberflächengüte der Walze erfüllt werden.

[0019] Mit dem zuvor beschriebenen Verfahren kann insbesondere erreicht werden, dass der Schleifprozess

in geringerem Maße Einflüssen einer subjektiven visuellen Oberflächenbeurteilung durch das Bedienpersonal unterliegt und dass die erzielte Schleifcharakteristik, insbesondere die erzielte Oberflächengüte, in geringerem Maße vom Bedienpersonal, vom Schleifwerkzeug, von der bearbeiteten Walze, von beim Schleifen verwendeten Hilfs- bzw. Betriebsstoffen und/oder von der Maschinencharakteristik der Walzenschleifvorrichtung abhängt. Hierdurch können insbesondere Schleifzeiten eingespart und/oder Fehlschliffe vermieden werden, so dass sich insgesamt eine Kostenersparnis ergibt.

[0020] Weiterhin können mit dem beschriebenen Verfahren eine bessere Reproduzierbarkeit des Walzenschliffs der geschliffenen Walze sowie eine Reduktion von Toleranzen hinsichtlich der Parameter der gewünschten Walzenoberfläche erreicht werden.

[0021] Bei dem Verfahren wird eine Walze mit einem Schleifwerkzeug der Walzenschleifvorrichtung geschliffen. Ein solches Schleifwerkzeug weist bevorzugt einen Schleifkörper, insbesondere in Form einer Schleifscheibe auf, der beim Schleifen mit einer einstellbaren Schleifkörperdrehzahl rotiert. Eine solche Schleifscheibe kann beispielsweise aus einer Matrix, vorzugsweise einer Kunstharzmatrix wie zum Beispiel einer Bakelitmatrix oder einer Keramikmatrix, mit eingelagerten Schleifpartikeln, vorzugsweise Korundpartikeln, Bornitridpartikeln (CBN) und/oder Siliziumcarbidpartikeln (SiC), bestehen.

[0022] Die Walze wird während des Schleifens vorzugsweise um ihre axiale Achse drehangetrieben, insbesondere mit einer einstellbaren Walzendrehzahl, so dass die Walzenoberfläche mit dem Schleifwerkzeug über ihren gesamten Umfang bearbeitet werden kann. Der von dem Schleifwerkzeug bzw. dem Schleifkörper jeweils momentan bearbeitete Bereich der Walze wird als Schleifbereich bezeichnet.

[0023] Weiterhin wird das Schleifwerkzeug während des Schleifens vorzugsweise parallel zur axialen Achse der Walze über im Wesentlichen die gesamte Breite des Walzenballens verfahren, so dass die Walzenoberfläche mit dem Schleifwerkzeug über die gesamte axiale Erstreckung des Walzenballens bearbeitet werden kann. Alternativ kann während des Schleifens auch die Walze relativ zum Schleifwerkzeug in axialer Richtung verfahren werden. Die Relativgeschwindigkeit zwischen dem Schleifwerkzeug und der Walze bei dieser Bewegung wird als axiale Vorschubgeschwindigkeit bezeichnet.

[0024] Bei dem Verfahren wird während des Schleifens mindestens ein Messwert mindestens einer auf die Oberflächengüte der Walze bezogenen Messgröße gemessen. Unter einer auf die Oberflächengüte der Walze bezogenen Messgröße wird eine Messgröße verstanden, die - im Gegensatz zu auf die Walzengeometrie bezogenen Messgrößen wie die Ballenkontur bzw. der Walzendurchmesser - auf die Beschaffenheit der Walzenoberfläche gerichtet ist, und zwar vorzugsweise auf die Oberflächenrauheit, den Oberflächenglanz, die Musterfreiheit und/oder die Freiheit von singulären oder wiederkehrenden Defekten der Walzenoberfläche. Vorzugs-

weise können auch Messwerte zu mehreren dieser Messgrößen während des Schleifens, vorzugsweise kontinuierlich, gemessen werden.

[0025] Die Messung des mindestens einen Messwerts erfolgt während des Schleifens, d.h. während die Walzenoberfläche mit dem Schleifwerkzeug geschliffen wird. Auf diese Weise kann die Oberflächengüte der Walze im laufenden Schleifbetrieb gemessen werden.

[0026] Erfindungsgemäß wird der mindestens eine Messwert an mindestens einem Messbereich auf der Walzenoberfläche gemessen. Zu diesem Zweck weist die Walzenschleifvorrichtung vorzugsweise eine Messvorrichtung auf, die dazu eingerichtet ist, einen Messwert an einem solchen Messbereich auf der Walzenoberfläche zu messen. Beispielsweise kann es sich bei der Messvorrichtung um eine optische Messvorrichtung handeln, wie zum Beispiel um eine Kamera oder um einen anderen Lichtdetektor, der von der Walzenoberfläche im Messbereich reflektiertes bzw. gestreutes Licht erfasst und daraus einen Messwert berechnet. Die Lage und Größe des Messbereichs sind insbesondere von der von der Messvorrichtung erfassten Fläche auf der Walzenoberfläche sowie von der Relativbewegung der Walze zur Messvorrichtung wie zum Beispiel aufgrund einer Rotation der Walze während des Messvorgangs abhängig. Der Messbereich ist vorzugsweise in unmittelbarer Nähe hinter dem Schleifbereich angeordnet, vorzugsweise mit einem Abstand von maximal 30 cm, vorzugsweise maximal 20 cm, insbesondere maximal 10 cm. Unter einer Anordnung hinter dem Schleifbereich wird verstanden, dass sich der Messbereich in einer Lage befindet, in der ein Bereich der Walzenoberfläche nach dessen Bearbeitung im Schleifbereich gelangt. Bewegt sich das Schleifwerkzeug beispielsweise von links nach rechts (rechts nach links) entlang der axialen Achse der Walze, so ist der Messbereich vorzugsweise links (rechts) vom Schleifwerkzeug angeordnet.

[0027] Während des Schleifens wird vorzugsweise eine Mehrzahl an Messwerten gemessen, beispielsweise in bestimmten Abständen oder in kontinuierlicher Weise. Auf diese Weise kann die Oberflächengüte während des Schleifens an verschiedenen Messbereichen auf der Walzenoberfläche und/oder in Abhängigkeit von der Zeit ermittelt werden.

[0028] Den ermittelten Messwerten wird vorzugsweise eine Information zur Position des zugehörigen Messbereichs zugeordnet. Zu diesem Zweck weist die Walzenschleifvorrichtung vorzugsweise Mittel auf, um die Position des Messbereichs auf der Walzenoberfläche zu bestimmen. Beispielsweise kann mit einem ersten Sensor die Position der Messvorrichtung bzw. des Messbereichs in axialer Richtung bestimmt werden (z-Koordinate). Weiterhin kann mit einem zweiten Sensor, insbesondere einem Winkelgeber, der Drehwinkel der Walze bzw. die Position des Messbereichs in Umfangsposition bestimmt werden (c-Koordinate). Einem in einem Messbereich gemessenen Messwert können dann die jeweilige z- und c-Koordinate zugeordnet und der Messwert und die zu-

gehörigen Koordinaten können beispielsweise in einer Datenmatrix abgelegt werden. Auf diese Weise kann die weitere Verarbeitung des Messwerts abhängig von der Position des Messbereichs auf der Walzenoberfläche erfolgen.

[0029] Bei dem Verfahren wird während des Schleifens zumindest ein Betriebsparameter der Walzenschleifvorrichtung als Funktion der Messgröße eingestellt. Hierunter wird verstanden, dass mindestens ein Betriebsparameter in Abhängigkeit des mindestens einen während des Schleifens gemessenen Messwerts der Messgröße eingestellt wird.

[0030] Diese Einstellung erfolgt erfindungsgemäß automatisch, d.h. ohne menschlichen Eingriff wie zum Beispiel durch das Bedienpersonal. Auf diese Weise können Betriebsparameter der Walzenschleifvorrichtung als Funktion der während des Schleifens ermittelten Messwerte geregelt werden, so dass eine Regelung der Betriebsparameter abhängig von der während des Schleifens erreichten Oberflächengüte der Walze ermöglicht wird. Hierdurch lassen sich die Anforderungsprofile an die Oberflächengüte der Walze besser und unabhängiger von den Umgebungsbedingungen bzw. von der Erfahrung des Bedienpersonals erfüllen. Während des Schleifens können zusätzlich auch ein oder mehrere Messwerte mindestens einer auf die Walzengeometrie bezogenen Messgröße gemessen und mindestens ein Betriebsparameter als Funktion dieser Messgröße eingestellt werden. Eine solche Messgröße kann sich beispielsweise auf die Ballenkontur und/oder auf den Walzendurchmesser beziehen.

[0031] Die zuvor benannte Aufgabe wird weiterhin gelöst durch eine Walzenschleifvorrichtung zum Schleifen einer Walze, insbesondere einer Arbeits-, Zwischen- oder Stützwalze, beispielsweise für Aluminium-Kaltwalzwerke, mit einer Walzenhalterung umfassend zwei Lager, die zur drehbaren Lagerung der Walze eingerichtet sind, mit einem Antrieb, der zum Drehantrieb der Walze mit einstellbarer Walzendrehzahl eingerichtet ist, und mit einem Schleifwerkzeug, das zur Aufnahme und zum Drehantrieb eines Schleifkörpers mit einstellbarer Schleifkörperdrehzahl sowie zur Anstellung des Schleifkörpers zur Walze eingerichtet ist, wobei die Walzenschleifvorrichtung eine Messvorrichtung umfasst, die zum Messen von Messwerten einer auf die Oberflächengüte der Walze bezogenen Messgröße eingerichtet ist und die Walzenschleifvorrichtung eine zur Steuerung der Vorrichtung eingerichtete Steuerungseinrichtung umfasst, wobei die Steuerungseinrichtung eingerichtet ist, während des Schleifens die Messung mindestens eines Messwerts mit der Messvorrichtung zu veranlassen und mindestens einen Betriebsparameter der Walzenschleifvorrichtung, insbesondere die axiale Vorschubgeschwindigkeit, die Walzendrehzahl, die Schleifkörperdrehzahl und/oder die Anstellung des Schleifwerkzeugs zur Walze, als Funktion der Messgröße einzustellen, und wobei die Walzenschleifvorrichtung eine Reinigungsvorrichtung aufweist, die dazu eingerichtet ist, den von der

Messvorrichtung erfassten Messbereich vor Durchführung der Messung zu reinigen. Die Anstellung des Schleifwerkzeugs zur Walze kann beispielsweise über den Antriebsstrom (z.B. Ankerstrom des Motorankers) bzw. die Antriebsleistung des Drehantriebs des Schleifkörpers ermittelt bzw. eingestellt werden.

[0032] Die Lager der Walzenhalterung sind vorzugsweise zur Aufnahme der Walzenzapfen einer Walze ausgelegt. Zum Antrieb der Walze mit einstellbarer Walzendrehzahl bzw. zum Antrieb des Schleifkörpers mit einstellbarer Schleifkörperdrehzahl kann die Walzenschleifvorrichtung beispielsweise jeweils einen Elektromotor umfassen. Als Schleifkörper kommen insbesondere Schleifscheiben in Frage.

[0033] Unter der Anstellung des Schleifwerkzeugs bzw. des Schleifkörpers zur Walze wird die Position und/oder Ausrichtung des Schleifkörpers relativ zur Walze, insbesondere der Abstand zur axialen Achse der Walze, verstanden. Bei einer typischen Ballenform der Walze variiert der Durchmesser der Walze in axialer Richtung. Um mit dem Schleifkörper eine gleichmäßige Bearbeitung der gesamten Walzenoberfläche zu erreichen, wird daher der Abstand des Schleifkörpers zur axialen Achse der Walze vorzugsweise an die Lage des Schleifwerkzeugs in axialer Richtung angepasst. Über die Anstellung des Schleifkörpers zur Walze kann insbesondere auch der Druck eingestellt werden, mit dem der Schleifkörper auf die Walzenoberfläche drückt.

[0034] Die Walzenschleifvorrichtung umfasst eine Messvorrichtung, die zum Messen von Messwerten einer auf die Oberflächengüte der Walze bezogenen Messgröße eingerichtet ist. Vorzugsweise ist die Messvorrichtung dazu eingerichtet, die Messwerte an mindestens einem Messbereich auf der Walzenoberfläche zu messen. Hinsichtlich der auf die Oberflächengüte der Walze bezogenen Messwerte, deren Messung und den sich daraus ergebenden Eigenschaften der Messvorrichtung wird auf die obige Beschreibung zum Verfahren verwiesen. Die Messvorrichtung ist vorzugsweise so ausgestaltet, dass der Abstand der Messvorrichtung zur Walzenoberfläche während des Schleifens konstant gehalten wird und/oder dass mindestens eine Symmetrieachse der Messvorrichtung in einem festen Winkel zur Walzenoberfläche steht. Auf diese Weise kann die Messgenauigkeit bzw. die Vergleichbarkeit verschiedener Messungen verbessert werden.

[0035] Die Walzenschleifvorrichtung umfasst weiterhin eine zur Steuerung der Walzenschleifvorrichtung eingerichtete Steuerungseinrichtung. Hierbei kann es sich beispielsweise um eine Steuerungseinrichtung mit mindestens einem Mikroprozessor und vorzugsweise mindestens einem mit dem Mikroprozessor verbundenen Speicher handeln. Die Steuerungseinrichtung ist dazu eingerichtet, während des Schleifens die Messung mindestens eines Messwerts mit der Messvorrichtung zu veranlassen und mindestens einen Betriebsparameter der Walzenschleifvorrichtung, insbesondere die Walzendrehzahl, die Schleifkörperdrehzahl, die Drehrichtung

der Walze und/oder des Schleifkörpers, die axiale Vorschubgeschwindigkeit und/oder die Anstellung des Schleifwerkzeugs als Funktion der Messgröße einzustellen. Hierunter wird verstanden, dass der mindestens eine Betriebsparameter abhängig von dem mindestens einen während des Schleifens gemessenen Messwerts der Messgröße eingestellt wird.

[0036] Auf diese Weise erlaubt die beschriebene Walzenschleifvorrichtung, eine oder mehrere auf die Oberflächengüte bezogene Messgrößen während des laufenden Schleifprozesses zu erfassen und die Betriebsparameter der Walzenschleifvorrichtung mit den Messwerten dieser Messgrößen zu regeln, so dass eine aktive Regelung von für die Walzenoberflächengüte relevanten Betriebsparametern ermöglicht und damit die mit der Walzenschleifvorrichtung erreichbare Oberflächengüte der geschliffenen Walzen verbessert werden kann.

[0037] Die zuvor beschriebene Walzenschleifvorrichtung wird vorzugsweise zur Durchführung des zuvor beschriebenen Verfahrens eingesetzt.

[0038] Im Folgenden werden verschiedene Ausführungsformen der zuvor beschriebenen Walzenschleifvorrichtung und des zuvor beschriebenen Verfahrens erläutert. Die einzelnen Ausführungsformen gelten vollumfänglich jeweils sowohl für die Walzenschleifvorrichtung als auch für das Verfahren, auch wenn einzelne Ausführungsformen vorrangig für die Walzenschleifvorrichtung oder das Verfahren beschrieben werden.

[0039] Bei einer Ausführungsform der Walzenschleifvorrichtung ist die Steuerungseinrichtung dazu eingerichtet, das zuvor beschriebene Verfahren und/oder eine zuvor oder im Folgenden beschriebene Ausführungsform des Verfahrens durchzuführen. Zu diesem Zweck kann die Steuerungseinrichtung einen Mikroprozessor und einen damit verbundenen Speicher mit Befehlen umfassen, deren Ausführung durch den Mikroprozessor die Durchführung eines des Verfahrens bzw. der jeweiligen Ausführungsform des Verfahrens veranlasst.

[0040] Bei einem Ausführungsbeispiel des Verfahrens wird während des Schleifens mindestens ein Messwert mindestens einer auf die Oberflächenrauheit der Walze und/oder mindestens auf eine Musterbildung auf der Walzenoberfläche bezogenen Messgröße gemessen, insbesondere mit einem optischen Messverfahren.

[0041] Als auf die Oberflächenrauheit der Walze bezogene Messgrößen kommen insbesondere folgende Messgrößen in Betracht: R_a , R_q , R_z , R_{sk} , R_{dq} , R_{Pc} (jeweils nach DIN EN ISO 4287), S_a , S_q , S_z , S_{sk} , S_{dq} , S_{ds} (jeweils nach ISO 25178), A_q , A_{sk} , A_{qm} (jeweils entsprechend der Richtlinie VDA 2009 "Winkel aufgelöste Streulichtmesstechnik"). Beispielsweise kann während des Schleifens mindestens jeweils ein Messwert einer oder mehrerer der zuvor genannten Messgrößen gemessen werden. Bevorzugt sind hierbei insbesondere eine oder mehrere der Messgrößen A_q , A_{sk} , A_{qm} , die durch ein optisches Messverfahren, insbesondere durch ein Streulicht- bzw. Reflektivitätsmessverfahren, ermittelt werden können. Insbesondere ist auch eine kontinuierliche Mes-

sung dieser Messgrößen möglich. Typische Zielwerte für die Oberflächenrauheit von Walzen können beispielsweise für die Messgröße R_a im Bereich von $0,01 \mu\text{m}$ bis $1 \mu\text{m}$ liegen.

[0042] Die auf die Oberflächenrauheit der Walze bezogenen Messgrößen, wie zum Beispiel A_q oder A_{qm} , lassen sich insbesondere durch die axiale Vorschubgeschwindigkeit, die Anstellung des Schleifwerkzeugs oder durch das Geschwindigkeitsverhältnis zwischen der Walze und dem Schleifkörper im Schleifbereich beeinflussen bzw. bestimmen. So kann beispielsweise eine Reduzierung der axialen Vorschubgeschwindigkeit und/oder der Zustellung zu geringeren Rauheiten führen. Vorzugsweise wird daher mindestens einer der Betriebsparameter axiale Vorschubgeschwindigkeit, Anstellung des Schleifwerkzeugs, Walzendrehzahl, Schleifkörperdrehzahl, Walzendrehrichtung und/oder Schleifkörperdrehrichtung als Funktion der mindestens einen auf die Oberflächenrauheit der Walze bezogenen Messgröße, wie zum Beispiel A_q oder A_{qm} , eingestellt.

[0043] Als auf eine Musterbildung auf der Walzenoberfläche bezogenen Messgrößen kommen beispielsweise folgende Messgrößen in Frage: Messgrößen, die sich aus einer Fouriertransformation (z.B. mittels FFT) einer Bildaufnahme von der Walzenoberfläche berechnen lassen oder Standardabweichung von A_{qm} , insbesondere ermittelt über einen begrenzten Bereich in axialer Richtung. So wurde beispielsweise festgestellt, dass Muster auf der Walzenoberfläche zu einer stärkeren Variation des A_{qm} -Wertes führen, so dass sich Muster auf der Walzenoberfläche beispielsweise daran erkennen lassen, dass die Standardabweichung von A_{qm} einen vorgegebenen Grenzwert überschreitet. Weiterhin kann auch eine auf den Schwingungszustand der Walze und/oder der Walzenschleifvorrichtung bezogene Messgröße verwendet werden, um die Entstehung von Mustern auf der Walzenoberfläche zu überwachen. Insbesondere kann ein Abweichen des Schwingungsspektrums von einem vordefinierten Schwingungsspektrenbereich, der beispielsweise dem Bereich üblicher Schwingungsspektren im normalen Betrieb der Walzenschleifvorrichtung entspricht, die Gefahr einer Musterbildung auf der Walzenoberfläche anzeigen.

[0044] Die Auswahl des einen oder der mehreren auf die Oberflächengüte, insbesondere auf die Oberflächenrauheit der Walze bezogenen Messgrößen, zu denen während des Schleifens ein oder mehrere Messwerte gemessen werden sollen, erfolgt vorzugsweise abhängig vom Werkstoff der Walze, vom Anwendungsfall im Walzgerüst, d.h. a) vom Walzgerüsttyp bzw. Walzwerkstyp und/oder b) vom Walzentyp (z.B. Arbeits-, Zwischen- oder Stützwalze), vom Fertigungsschritt, in dem die Walze eingesetzt werden soll (z.B. Vorstich, Zwischenstich oder Fertigstich) und/oder von spezifischen Eigenschaften des mit der Walze herzustellenden Walzprodukts (z.B. Dicke, Glanz und/oder Rauheit).

[0045] Die Messung erfolgt vorzugsweise mit einem optischen Messverfahren, beispielsweise mittels einer

optischen Streulicht- bzw. Reflektivitätsmessung, bei der Licht von einer Lichtquelle auf die Walzenoberfläche eingestrahlt wird und das von der Walzenoberfläche reflektierte bzw. gestreute Licht mit einem Lichtdetektor vorzugsweise winkelabhängig detektiert wird. Alternativ oder zusätzlich können auch mit einem Bilderfassungsgerät Bilder der Walzenoberfläche aufgenommen und auf wiederkehrende Muster untersucht werden. Dies kann beispielsweise durch eine Fouriertransformation der mit der Kamera erfassten Bilddaten erfolgen. Durch die Verwendung eines optischen Messverfahrens können die Messwerte berührungslos ermittelt werden, so dass einerseits die Walzenoberfläche und andererseits die für die Messung verwendete Messvorrichtung durch die Messung nicht beeinträchtigt werden. Weiterhin sind diese optischen Messungen im laufenden Schleifprozess möglich. Weiter alternativ oder zusätzlich kommen auch folgende Messverfahren bzw. der Einsatz für diese Messverfahren eingerichteter Messvorrichtungen zur Bestimmung der Oberflächenrauheit der Walze in Betracht: Lasertriangulation oder konfokal-chromatische Messungen unter Einsatz konfokal-chromatische Punktsensoren.

[0046] Bei einer entsprechenden Ausführungsform der Walzenschleifvorrichtung weist diese eine Messvorrichtung auf, die zum Messen von Messwerten einer auf die Oberflächenrauheit und/oder mindestens auf eine Musterbildung auf der Walzenoberfläche bezogene Messgröße eingerichtet ist, insbesondere eine optische Messvorrichtung.

[0047] Eine Übersicht möglicher Messverfahren und Definitionen der zugehörigen Messgrößen in Bezug auf die Kenngrößen der Mikrostruktur einer Oberfläche kann auch dem Artikel von R. Brodmann et al., QZ Jahrgang 53, Nr. 7, 2008, Seiten 46 - 49, entnommen werden, dessen Inhalt vollständig in den vorliegenden Offenbarungsgesamt miteinbezogen wird.

[0048] Bei einer weiteren Ausführungsform der Walzenschleifvorrichtung ist die Messvorrichtung dazu eingerichtet, während des Schleifens jeweils eine im Wesentlichen ortsfeste Position relativ zum Schleifwerkzeug aufzuweisen. Bei einer entsprechenden Ausführungsform des Verfahrens erfolgt die Messung von Messwerten der mindestens einen auf die Oberflächengüte der Walze bezogenen Messgröße während des Schleifens jeweils in im Wesentlichen fester räumlicher Position relativ zum Schleifwerkzeug. Zu diesem Zweck kann die Messvorrichtung beispielsweise mit dem Schleifwerkzeug bewegungsgekoppelt sein, so dass die Messvorrichtung bei einer Bewegung des Schleifwerkzeugs entsprechend mitbewegt wird. Auf diese Weise kann erreicht werden, dass die während des Schleifens erfassten Messwerte in einer festen Beziehung zum Schleifvorgang stehen. Beispielsweise kann die Messvorrichtung relativ zum Schleifwerkzeug so angeordnet werden, dass ein von dem Schleifkörper bearbeiteter Flächenabschnitt der Walzenoberfläche bei einer vorgegebenen relativen axialen Geschwindigkeit des Schleifwerkzeugs

zur Walze nach einer bestimmten Zeit in den Messbereich der Messvorrichtung gelangt. Eine solche feste zeitliche Beziehung zwischen der Bearbeitung und der Messung an einem Flächenabschnitt der Walzenoberfläche vereinfacht in der Regel die Einstellung der Betriebsparameter als Funktion der entsprechenden Messgröße.

[0049] Vorzugsweise wird die relative räumliche Position der Messvorrichtung bzw. die Messposition zum Schleifwerkzeug derart an die Bearbeitungsrichtung angepasst, dass der Messbereich jeweils hinter dem Schleifbereich angeordnet ist.

[0050] Vorzugsweise weist die Walzenschleifvorrichtung einen Verstellmechanismus auf, der dazu eingerichtet ist, die Messvorrichtung bei einem Vorzeichenwechsel der axialen Vorschubgeschwindigkeit so zu verfahren, dass der Messbereich auch nach dem Vorzeichenwechsel der Vorschubgeschwindigkeit hinter dem Schleifbereich angeordnet ist. Auf diese Weise wird erreicht, dass unabhängig vom Vorzeichen der axialen Vorschubgeschwindigkeit, d.h. beispielsweise unabhängig davon, ob sich das Schleifwerkzeug gegenüber der Walze in die eine oder andere Richtung parallel zur axialen Achse bewegt, der Messbereich hinter dem Schleifbereich angeordnet ist, so dass sich im Messbereich die kurz zuvor vom Schleifwerkzeug bearbeitete Oberfläche vermessen lässt.

[0051] Die Messvorrichtung ist vorzugsweise im Bereich des Schleifwerkzeugs angeordnet, beispielsweise seitlich, oberhalb oder unterhalb des Schleifwerkzeugs. Vorzugsweise ist die Messvorrichtung weniger als 50 cm, vorzugsweise weniger als 35 cm, insbesondere weniger als 20 cm von dem Schleifwerkzeug beabstandet. Entsprechend ist der bei der Messung erfasste Messbereich auf der Walzenoberfläche vorzugsweise im Bereich des vom Schleifwerkzeug bearbeiteten Bereichs angeordnet, vorzugsweise mit einem Abstand von weniger als 50 cm, vorzugsweise weniger als 35 cm, insbesondere weniger als 20 cm. Auf diese Weise stehen die ermittelten Messwerte in einer engen räumlichen und zeitlichen Beziehung zu dem vom Schleifwerkzeug bearbeiteten Bereich der Walzenoberfläche, so dass die Messwerte repräsentative und zeitnahe Information über die Oberflächengüte der Walze enthalten. Hierdurch wird eine geringere Latenz der Regelung erreicht, so dass gegen Abweichungen zwischen den Zielvorgaben und den gemessenen Messwerten in kürzerer Zeit gegengesteuert werden kann.

[0052] Diese Ausführungsform ist insbesondere für Arbeits-, Zwischen- oder Stützwalzen eines Walzwerks vorteilhaft, da diese Walzen typischerweise Ballenlängen von bis zu 2,50 m und Durchmesser von bis zu 1300 mm aufweisen. Die Bearbeitung der gesamten Walzenoberfläche durch das Schleifwerkzeug nimmt daher eine bestimmte Zeit in Anspruch, die als Latenzzeit für die Regelung der Betriebsparameter bereits zu lang sein kann. Durch die ortsfeste und/oder ortsnahe Anordnung der Messvorrichtung zum Schleifwerkzeug können bedeutend kürzere Latenzzeiten bei der Regelung erreicht

werden.

[0053] Erfindungsgemäß weist die Walzenschleifvorrichtung eine Reinigungsvorrichtung auf, die dazu eingerichtet ist, den von der Messvorrichtung erfassten Messbereich vor Durchführung der Messung zu reinigen. Bei einer entsprechenden Ausführungsform des Verfahrens wird der bei der Messung erfasste Walzenoberflächenbereich vor der Messung gereinigt. Beim Schleifen wird typischerweise eine Schleifemulsion auf die Walze gegeben, welche die Walzenoberfläche bedeckt. Weiterhin können andere Verunreinigungen wie zum Beispiel beim Schleifen abgeschliffene Partikel des Walzenwerkstoffs oder des Schleifkörpers die Walzenoberfläche verschmutzen. Die Schleifemulsion bzw. die weiteren Verunreinigungen können die Messung an der Walzenoberfläche erschweren oder verfälschen, insbesondere bei optischen Messverfahren, da das bei diesen Verfahren auf die Walzenoberfläche eingestrahlte Licht durch die Schleifemulsion bzw. die Verschmutzungen absorbiert oder diffus gestreut wird.

[0054] Durch eine Reinigung der bei der Messung erfassten Oberfläche vor dem Messen können die Messung erleichtert und die Messfehler reduziert werden. Durch die Reinigung wird vorzugsweise erreicht, dass die Oberfläche vor dem Messen jeweils konstante optische Eigenschaften aufweist, die insbesondere nicht von Messung zu Messung variieren. Vorzugsweise wird hierzu eine im Wesentlichen rückstandsfreie Walzenoberfläche oder eine mit einem gleichmäßigen dünnen Film, wie z.B. einem dünnen Kühlschmierstofffilm oder Walzölfilm, bedeckte Walzenoberfläche erreicht. Zur Reinigung kann die Walzenoberfläche in dem zu messenden Bereich beispielsweise freigerakelt werden, zum Beispiel durch eine dafür vorgesehene Rakel. Die Rakel kann beispielsweise im Wesentlichen aus Kunststoff oder Gummi, vorzugsweise mit einer Härte im Bereich von 55 bis 90 Shore-C (nach DIN EN ISO 868), bestehen, um die Walzenoberfläche nicht zu beschädigen. Zur Verbesserung des Reinigungsergebnisses wird die Rakel vorzugsweise in einem Winkel im Bereich von 15° und 45° in Drehrichtung der Walze geneigt, so dass die Walzenoberfläche sich durch die Walzenrotation auf einen spitzen Winkel der Rakel zubewegt. Unter dem zuvor genannten Winkel wird an einem Kontaktpunkt des Rakels mit der Walzenoberfläche der Winkel zwischen der Walzenoberflächennormalen und der Rakelebene verstanden. Eine senkrecht auf der Walzenoberfläche stehende Rakel hätte folglich den Winkel 0°. Alternativ können die Schleifemulsion bzw. die Verunreinigungen auch abgeblasen oder abgesaugt werden, insbesondere durch ein dazu vorgesehenes Abblas- oder Absaugwerkzeug. Zusätzlich oder anstelle einer Neigung der Rakel kann die der Walzenoberfläche zugewandte Seitenkante der Rakel auch mit einem entsprechenden Winkel angefast sein. In diesem Fall kann die Rakel auch senkrecht zur Walzenoberfläche ausgerichtet sein.

[0055] Bei einer weiteren Ausführungsform des Verfahrens werden einer oder mehrere der folgenden Be-

triebsparameter als Funktion der mindestens einen Messgröße gesteuert: Walzendrehzahl, Schleifkörperdrehzahl, Drehrichtung der Walze und/oder des Schleifkörpers, axiale Vorschubgeschwindigkeit, Anstellung des Schleifwerkzeugs zur Walze oder Volumenstrom einer verwendeten Schleifemulsion.

[0056] Bei einer Ausführungsform des Verfahrens wird eine Regelgröße für die Musterbildung auf der Walzenoberfläche, insbesondere für die lokale Rauheitsabweichung $\Delta A_q(c, z)$, geregelt, und zwar vorzugsweise über eine oder mehrere der folgenden Stellgrößen: die Leistung des Antriebs für den Schleifkörper, insbesondere den Schleifstrom $I(c, z)$ bzw. die Schleifstromänderung $\Delta I(c, z)$, den Druck eines Schleifkörpers des Schleifwerkzeugs auf die Walze, die relative Position des Schleifwerkzeugs zur Walze, vorzugsweise die Zustellung des Schleifwerkzeugs, insbesondere die Position a_u und/oder a_e eines Antriebs für die Feineinstellung der Anstellung des Schleifwerkzeugs, und/oder einen von einem oder mehreren dieser Stellgrößen abhängigen Betriebsparameter. Es hat sich gezeigt, dass diese Stellgrößen gut dazu geeignet sind, einer Musterbildung auf der Walzenoberfläche entgegenzuwirken.

[0057] Bei einer Ausführungsform wird eine Regelgröße für die Rauheit der Walze in axialer Richtung, insbesondere $A_q(z)$, geregelt, und zwar vorzugsweise über eine oder mehrere der folgenden Stellgrößen: die relative Position des Schleifwerkzeugs zur Walze, vorzugsweise die Zustellung des Schleifwerkzeugs, insbesondere die Position a_u und/oder a_e eines Antriebs für die Feineinstellung der Anstellung des Schleifwerkzeugs, und/oder einen von dieser Stellgröße abhängigen Betriebsparameter. Es hat sich gezeigt, dass diese Stellgrößen gut dazu geeignet sind, um in axialer Richtung der Walze eine gleichmäßige Rauheit zu bewirken. Weiterhin ist zum Einstellen von $A_q(z)$ auch eine Veränderung der axialen Vorschubgeschwindigkeit v_{fa} denkbar.

[0058] Bei einer Ausführungsform wird eine Regelgröße für die mittlere Rauheit der Walze, insbesondere $\bar{A}_q$, geregelt, und zwar vorzugsweise über eine oder mehrere der folgenden Stellgrößen: die relative Position des Schleifwerkzeugs zur Walze, vorzugsweise die Zustellung des Schleifwerkzeugs, insbesondere die Position a_e und/oder a_u eines Antriebs für die Grobeinstellung bzw. Feineinstellung der Anstellung des Schleifwerkzeugs, die Umlaufgeschwindigkeit v_w der Walze, die Vorschubgeschwindigkeit v_{fa} der Walze bzw. des Schleifwerkzeugs in axialer Richtung, die Umlaufgeschwindigkeit v_c eines Schleifkörpers des Schleifwerkzeugs und/oder einen von einem oder mehreren dieser Stellgrößen abhängigen Betriebsparameter. Es hat sich gezeigt, dass diese Stellgrößen gut dazu geeignet sind, um eine gewünschte mittlere Zielrauheit der Walzenoberfläche zu erreichen.

[0059] Anstelle der zuvor genannten Regelgrößen zum Rauheitswert A_q , also $\Delta A_q(c, z)$, $A_q(z)$, $\bar{A}_q$ etc., können grundsätzlich auch die entsprechende Regelgrößen

zum Rauheitswert A_{qm} verwendet werden, also $\Delta A_{qm}(c, z)$, $A_{qm}(z)$, A_{qm} etc. So ist es insbesondere bei einer hohen Messfrequenz der Rauheitswerte A_q möglich, eine Mittelung über eine Reihe von Rauheitswerten durchzuführen, bevor diese zur Regelung verwendet werden.

[0060] Bei einer weiteren Ausführungsform des Verfahrens wird während des Schleifens mindestens ein Messwert einer auf den Schwingungszustand der Walze und/oder der Walzenschleifvorrichtung bezogenen Messgröße gemessen und mindestens ein Betriebsparameter der Walzenschleifvorrichtung als Funktion dieser Messgröße eingestellt. Es wurde festgestellt, dass abhängig von den Betriebsparametern des Schleifprozesses, wie z. B. der Walzendrehzahl oder der Schleifkörperdrehzahl, Eigenfrequenzen der Walze bzw. der Walzenschleifvorrichtung angeregt werden können, so dass es zu übermäßigen Schwingungen der Walze bzw. der Walzenschleifvorrichtung kommen kann. Hierdurch kann es beim Schleifen zur Bildung von Mustern auf der Walzenoberfläche und damit zu einer Verschlechterung der Oberflächengüte der Walze kommen. Durch die Erfassung des Schwingungszustands der Walze bzw. der Walzenschleifvorrichtung und die entsprechende Regelung der Betriebsparameter, beispielsweise durch Veränderung der Walzendrehzahl und/oder der Schleifkörperdrehzahl, können die Schwingungen und damit das Risiko einer Musterbildung insgesamt reduziert werden.

[0061] Zur Ermittlung des Schwingungszustands der Walze und/oder der Walzenschleifvorrichtung bzw. von Teilen davon können beispielsweise Beschleunigungssensoren in verschiedene Raumrichtungen eingesetzt werden. Insbesondere können die Schwingungszustände folgender Komponenten einer Walzenschleifvorrichtung gemessen werden: der Schwingungszustand der Spindellagerung, d.h. der Welle, auf der der Schleifkörper wie zum Beispiel eine Schleifscheibe im Schleifwerkzeug gelagert ist, der Schwingungszustand des Schwenkkopfes, d.h. des gegenüber der Walze bewegbaren Teils des Schleifwerkzeugs, in dem der Schleifkörper gelagert ist, der Schwingungszustand des Schleifkörperantriebs und/oder der Schwingungszustand eines Setzstocks, d.h. eines zur Lagerung eines Walzenzapfens der Walze vorgesehenen Bauteils. Für die Bestimmung des Schwingungszustands der Spindellagerung können Beschleunigungssensoren beispielsweise in oder auf der Spindel angeordnet werden. Ergänzend hierzu können weiterhin auch die Daten einer in dem Schleifwerkzeug integrierten Schleifkörperauswuchteinheit direkt mit in die Analyse des Schwingungszustands einbezogen werden.

[0062] Bei einer weiteren Ausführungsform der Walzenschleifvorrichtung weist diese einen Temperatursensor auf, der zur Ermittlung einer Temperatur mindestens eines der beiden Lager (Lagertemperatur) eingerichtet ist, und die Steuerungseinrichtung ist dazu eingerichtet, mindestens einen Betriebsparameter der Walzenschleifvorrichtung als Funktion der Lagertemperatur einzustellen.

len. Bei einer entsprechenden Ausführungsform des Verfahrens wird die Walze in mindestens einem Lager der Walzenschleifvorrichtung drehbar gelagert, während des Schleifens mindestens ein Messwert der Lagertemperatur gemessen und mindestens ein Betriebsparameter der Walzenschleifvorrichtung als Funktion der Lagertemperatur eingestellt.

[0063] Bei Drehung der Walze während des Schleifprozesses kann es aufgrund von Reibung zu Erwärmungen im Lager kommen, auch wenn die Walzzapfen im Lager einer Walzenschleifvorrichtung typischerweise in einem Schmierstoff wie zum Beispiel einem Schmieröl oder -fett gelagert sind. Es hat sich herausgestellt, dass diese von der Walzendrehzahl abhängige Erwärmung zu thermischen Ausdehnungen des Lager, des Schmierstoffs bzw. der Walze führen, die einen Einfluss auf die Position der Walze relativ zum Schleifwerkzeug und damit auf die Schleifwirkung des Schleifwerkzeugs auf die Walzenoberfläche haben können. Dies kann eine unregelmäßige und/oder verschlechterte Oberflächengüte zur Folge haben. Durch die Erfassung und Berücksichtigung der Lagertemperatur bei der Einstellung der Betriebsparameter der Walzenschleifvorrichtung können diese Effekte kompensiert und dadurch die Oberflächengüte der Walze verbessert werden. Neben klassischen Schmiermittellagern gibt es auch Walzenschleifvorrichtungen mit sogenannten Minimalmengen-Kühlschmier-systemen (Önebelschmierung) für die Walzenlager. Auch bei diesen Lagern erfolgt vorzugsweise eine Überwachung der Temperatur. Eine Regelung kann bei den Lagern über die Schmiermenge, die Ventilaktung, die Ventilöffnungszeit und/oder die Luftmenge erfolgen.

[0064] Bei einer weiteren Ausführungsform des Verfahrens erfolgt das Schleifen der Walze in mehreren Übergängen des Schleifwerkzeugs über die Walzenoberfläche.

[0065] Unter einem Übergang des Schleifwerkzeugs über die Walzenoberfläche wird ein Verfahrensschritt verstanden, bei dem im Wesentlichen die gesamte Walzenoberfläche von dem Schleifwerkzeug bearbeitet wird. Rotiert beispielsweise die Walze während des Schleifens, so kann durch das Schleifwerkzeug ein Bereich der Walzenoberfläche über den gesamten Umfang der Walze bearbeitet werden. Wird zudem das Walzwerkzeug relativ zur Walze in axialer Richtung über die gesamte axiale Erstreckung des Walzenballens bewegt, so kann durch das Schleifwerkzeug nach und nach die gesamte Walzenoberfläche der Walze bearbeitet werden. Bei einer solchen typischen Bewegungskonfiguration wird unter einem Übergang des Schleifwerkzeugs über die Walzenoberfläche das vollständige axiale Durchfahren der axialen Erstreckung des Walzenballens verstanden.

[0066] Typischerweise erfolgt das Schleifen der Walze in mehreren Übergängen des Schleifwerkzeugs über die Walzenoberfläche. Die Betriebsparameter der Walzenschleifvorrichtung bzw. deren zulässige Arbeits- bzw. Variationsbereiche können für die einzelnen Übergänge oder für Gruppen von Übergängen individuell vorgege-

ben sein. Es ist beispielsweise denkbar, dass Betriebsparameter für eine erste Gruppe von Übergängen eingestellt sind, um vorrangig Vorgaben hinsichtlich der Walzengeometrie, d.h. insbesondere hinsichtlich der Ballenkontur und/oder des Walzendurchmessers zu erfüllen (Vorschleifen), und Betriebsparameter für eine zweite Gruppe von Übergängen eingestellt sind, um vorrangig Vorgaben hinsichtlich der Oberflächengüte zu erfüllen (Fertigschleifen).

[0067] Gemäß einer weiteren Ausführungsform des Verfahrens erfolgt das Schleifen der Walze in mehreren Übergängen des Schleifwerkzeugs über die Walzenoberfläche und die Gesamtzahl der Übergänge wird während des Schleifens als Funktion der mindestens einen auf die Oberflächengüte der Walze bezogene Messgröße eingestellt. Es hat sich herausgestellt, dass abhängig von der Beschaffenheit des Schleifwerkzeugs und der Walze die Zahl der erforderlichen Übergänge zum Erreichen der gewünschten Oberflächengüte der Walze variieren kann. Beispielsweise kann bei einer ersten Walze eine größere Anzahl von Übergängen erforderlich sein, um eine bestimmte Oberflächengüte zu erreichen, als bei einer zweiten Walze.

[0068] Mit der zuvor beschriebenen Ausführungsform kann die Anzahl der erforderlichen Übergänge während des Verfahrens durch Erfassung der Oberflächengüte der Walze dynamisch ermittelt und entsprechend eingestellt werden. Dadurch können beispielsweise überflüssige Übergänge vermieden und so die Zahl der Übergänge minimiert werden. Auf diese Weise kann der Walzenabschliff während des Schleifens reduziert werden, so dass die Lebensdauer der Walzen, insbesondere die Anzahl der möglichen Schleifprozesse an der Walze, erhöht wird.

[0069] Bei einer weiteren Ausführungsform des Verfahrens erfolgt das Schleifen der Walze anhand eines vorgegebenen Schleifprogramms mit mehreren aufeinanderfolgenden Schleifschritten, wobei jeder Schleifschritt mindestens einen Übergang des Schleifwerkzeugs über die Walzenoberfläche mit zugeordneten Betriebsparametern umfasst, während des Schleifens wird ein Oberflächenkennwert als Funktion der mindestens einen auf die Oberflächengüte der Walze bezogenen Messgröße bestimmt und abhängig von dem Oberflächenkennwert erfolgt innerhalb des Schleifprogramms ein Sprung zu einem früheren oder späteren Schleifschritt. Bei dem Oberflächenkennwert kann es sich um einen Wert handeln, der aus einer oder mehreren auf die Oberflächengüte der Walze bezogenen Messgrößen berechnet wird.

[0070] Bei einer weiteren Ausführungsform des Verfahrens erfolgt das Schleifen der Walze abhängig von der Änderung einer auf die Oberflächenrauheit der Walze bezogenen Mess- oder Regelgröße im vorherigen Schleifschritt oder in den vorherigen Schleifschritten. Auf diese Weise kann die Rauheitsentwicklung vor dem aktuellen Schleifschritt mitberücksichtigt werden. Dies ist vorteilhaft, da je nach Walzeneigenschaft ein unter-

schiedliches Einglättungsverhalten der Walzenoberfläche vorliegen kann. Durch die Berücksichtigung der Änderung einer auf die Oberflächenrauheit der Walze bezogenen Mess- oder Regelgröße im vorherigen Schleifschritt oder in den vorherigen Schleifschritten kann insbesondere eine Extrapolation des zu erwartenden mittleren A_q -Wertes aufgrund der vorausgegangenen Oberflächenentwicklung erfolgen.

[0071] Typischerweise umfasst ein Schleifprogramm verschiedene Schleifschritte wie zum Beispiel ein Vorschleifen und ein Fertigschleifen. Das Vorschleifen bzw. Fertigschleifen kann jeweils auch eine Mehrzahl an Schleifschritten umfassen. Bei den einzelnen Übergängen des Schleifwerkzeugs über die Walzenoberfläche sind die Betriebsparameter vorzugsweise abhängig von dem jeweiligen Schleifschritt bzw. von dem jeweiligen Übergang so eingestellt, dass mit dem Schleifschritt bestimmte Eigenschaften der Walze erreicht werden, wie zum Beispiel eine bestimmte Walzengeometrie während des Vorschleifens und eine bestimmte Oberflächengüte während des Fertigschleifens.

[0072] Während des Schleifens kann es aufgrund von Störungen, beispielsweise Schwingungen, zu Musterbildungen oder Abweichungen von der gewünschten Oberflächengüte der Walze kommen. Insbesondere können beispielsweise wegen eines fehlerhaften Schleifkörpers singuläre Fehler auf der Walzenoberfläche auftreten, die sich innerhalb des restlichen Schleifprogramms unter Umständen nicht mehr beheben lassen. Mit der zuvor beschriebenen Ausführungsform des Verfahrens können derartige Fehler während des Schleifens dynamisch erkannt werden, so dass automatisch innerhalb des Schleifprogramms beispielsweise ein Rücksprung zu einem früheren Schleifschritt erfolgen kann, der ein Beheben des Fehlers innerhalb des verbleibenden Schleifprogramms erlaubt.

[0073] Durch die zuvor beschriebenen Ausführungsformen kann der Schleifprozess in Hinblick auf die Anforderungen an die Oberflächengüte geregelt werden, und zwar vorzugsweise unter Einbeziehung der Einflüsse der Walzenschleifvorrichtung, insbesondere des Schleifwerkzeugs, der Walze und/oder der beim Schleifprozess verwendeten Hilfs- und Schmierstoffe. Insbesondere ist eine von bedienerindividuellen Einflüssen unabhängige bzw. unabhängige Regelung des Verfahrens möglich.

[0074] Für die Bestimmung des Oberflächenkennwerts können insbesondere folgende Messgrößen verwendet werden, die geeignet sind, einen im verbleibenden Schleifprogramm nicht mehr korrigierbaren Fehler anzuzeigen: eine oder mehrere Schwingungsamplituden der Walze, der Walzenschleifvorrichtung oder eines Teils davon, die lokale Standardabweichung des A_{qm} -Wertes, eine auf eine Musterbildung auf der Walzenoberfläche bezogene Messgröße. Vorzugsweise wird ein Sprung zu einem früheren Schleifschritt bewirkt, wenn

a) eine bzw. mehrere Schwingungsamplituden eine

bzw. mehrere vorgegebene Grenzwerte übersteigen,

b) die lokale Standardabweichung des A_{qm} -Wertes einen vorgegebenen Grenzwert übersteigt und/oder
c) eine auf eine Musterbildung auf der Walzenoberfläche bezogene Messgröße das Vorhandensein eines Musters, insbesondere eines Vorschubmusters auf der Walzenoberfläche anzeigt, obwohl die Zielrauheit der Walzenoberfläche bereits erreicht ist, insbesondere wenn kein weiterer Übergang vorgesehen ist.

[0075] Der Schleifschritt, zu dem zurückgesprungen werden soll, wird vorzugsweise abhängig von der Art eines auf der Walzenoberfläche erkannten Musters ausgewählt. Bei einem Vorschubmuster kann beispielsweise ein Sprung zu einem ersten Schleifschritt eines Fertigschleifens gesprungen werden. Unter einem Vorschubmuster wird ein spiralförmiges Muster auf der Walzenoberfläche verstanden, das durch die spiralförmige Trajektorie des Schleifkörpers auf der Walzenoberfläche beim axialen Vorschub des Schleifwerkzeug bzw. der Walze hervorgerufen wird.

[0076] Sollten die Schwingungen der Walze bzw. der Walzenschleifvorrichtung zu groß werden, kann auch ein manuelles Eingreifen des Bedienpersonals erforderlich werden.

[0077] Bei einer weiteren Ausführungsform des Verfahrens erfolgt das Schleifen der Walze in mehreren Übergängen des Schleifwerkzeugs über die Walzenoberfläche und mindestens ein Betriebsparameter eines Übergangs wird in Abhängigkeit von mindestens einem während eines früheren Überganges gemessenen Messwert eingestellt. Durch die Erfassung eines Messwerts während eines Übergangs kann beispielsweise ermittelt werden, wie weit die bei diesem Übergang erreichte Oberflächengüte von der Zielvorgabe für die Oberflächengüte entfernt ist. Auf diese Weise können dann ein oder mehrere nachfolgende Übergänge entsprechend gesteuert werden. Auf diese Weise ist eine dynamische Anpassung nachfolgender Übergänge an die tatsächliche Abweichung der Oberflächengüte von der Zielvorgabe möglich.

[0078] Bei einer weiteren Ausführungsform erfolgt das Schleifen der Walze in mehreren Übergängen des Schleifwerkzeugs über die Walzenoberfläche und während eines Übergangs wird mindestens ein Betriebsparameter, vorzugsweise einer der Betriebsparameter Walzendrehzahl, Schleifkörperdrehzahl, Drehrichtung der Walze und/oder des Schleifkörpers, axiale Vorschubgeschwindigkeit, Anstellung des Schleifwerkzeugs zur Walze und/oder Volumenstrom einer verwendeten Schleifemulsion, innerhalb vorgegebener Grenzen variiert.

[0079] Bei bisherigen Verfahren zum Schleifen von Walzen wurde versucht, die einzelnen Betriebsparameter während eines Übergangs möglichst konstant zu halten, um die Bildung von Mustern auf der Walzenoberfläche zu vermeiden. Es hat sich jedoch herausgestellt,

dass dies nur bis zu einem gewissen Grad zu erreichen ist, so dass verbleibende Schwankungen dennoch zu Mustern auf der Walzenoberfläche führen können. Mit der zuvor beschriebenen Ausführungsform wird nun einen gänzlich anderen Ansatz verfolgt, indem gezielte Variationen mindestens eines Betriebsparameters innerhalb vorgegebener Grenzen durchgeführt werden. Es wurde festgestellt, dass durch diese gezielten Variationen regelmäßige Muster, die beispielsweise durch unbeabsichtigte Betriebsparametervariationen bzw. Schwingungen der Walze oder der Walzenschleifvorrichtung hervorgerufen werden, reduziert oder sogar vermieden werden können. Die Variation des mindestens einen Betriebsparameters erfolgt innerhalb vorgegebener Grenzen, da ein Schleifprozess außerhalb dieser Grenzen eine Beschädigung der Walzenoberfläche oder zumindest eine Verschlechterung der Oberflächengüte der Walze hervorrufen könnte.

[0080] Vorzugsweise werden die vorgegebenen Grenzen für die Variation des mindestens einen Betriebsparameters abhängig vom Übergang eingestellt. So können beispielsweise während des Vorschleifens weiter auseinander liegende Grenzen verwendet werden als während des Fertigschleifens.

[0081] Die Variation des mindestens einen Betriebsparameters kann regelmäßig, beispielsweise sinusförmig, oder auch unregelmäßig erfolgen. Vorzugsweise erfolgt die Variation des mindestens einen Betriebsparameters in stetig differenzierbarer Weise. Weiterhin werden die Amplitude und/oder Frequenzen der Variationen und/oder deren Form und/oder Häufigkeit vorzugsweise als Funktion der gemessenen Messwerte der auf die Oberflächengüte bezogenen Messgröße ermittelt.

[0082] Bei einer Ausführungsform des Verfahrens wird eine Regelgröße für den Schwingungszustand der Walzenschleifvorrichtung, insbesondere das Schwingungsspektrum F_m , geregelt, und zwar vorzugsweise über eine oder mehrere der folgenden Stellgrößen: die Frequenz und/oder die Amplitude einer Variation eines oder mehrerer Betriebsparameter, insbesondere die Frequenz f_{vw} und/oder die Amplitude A_{vw} einer Variation der Umlaufgeschwindigkeit v_w der Walze und/oder die Frequenz f_{vc} und/oder die Amplitude A_{vc} einer Variation der Umlaufgeschwindigkeit v_c eines Schleifkörpers des Schleifwerkzeugs, und/oder einen von einem oder mehrerer dieser Stellgrößen abhängigen Betriebsparameter. Es hat sich gezeigt, dass diese Stellgrößen gut geeignet sind, um den Schwingungszustand der Walzenschleifvorrichtung so zu regeln, dass unerwünschte Schwingungen unterdrückt werden können.

[0083] Die Variation des mindestens einen Betriebsparameters kann jedoch auch unabhängig von Messwerten eingestellt werden. Entsprechend wird die oben beschriebene Aufgabe erfindungsgemäß weiterhin zumindest teilweise gelöst durch ein Verfahren zum Schleifen einer Walze, insbesondere einer Arbeits-, Zwischen- oder Stützwalze, mittels einer Walzenschleifvorrichtung, bei dem eine Walze mit einem Schleifwerkzeug der Wal-

zensschleifvorrichtung geschliffen wird, bei dem das Schleifen der Walze in mehreren Übergängen des Schleifwerkzeugs über die Walzenoberfläche erfolgt und bei dem während eines Übergangs mindestens eine Betriebsparameter, vorzugsweise einer der Betriebsparameter Walzendrehzahl, Schleifkörperdrehzahl, Drehrichtung der Walze und/oder des Schleifkörpers, axiale Vorschubgeschwindigkeit, Anstellung des Schleifwerkzeugs zur Walze und/oder Volumenstrom einer verwendeten Schleifemulsion, innerhalb vorgegebener Grenzen variiert wird. Ebenso wird die Aufgabe erfindungsgemäß weiterhin zumindest teilweise gelöst durch eine Walzenschleifvorrichtung zum Schleifen einer Walze, insbesondere einer Arbeits-, Zwischen- oder Stützwalze, beispielsweise für Aluminium-Kaltwalzwerke, mit einer Walzenhalterung umfassend zwei Lager, die zur drehbaren Lagerung der Walze eingerichtet sind, mit einem Antrieb, der zum Drehantrieb der Walze mit einstellbarer Walzendrehzahl eingerichtet ist und mit einem Schleifwerkzeug, das zur Aufnahme und zum Drehantrieb eines Schleifkörpers mit einstellbarer Schleifkörperdrehzahl sowie zur Anstellung des Schleifkörpers zur Walze eingerichtet ist, wobei die Walzenschleifvorrichtung eine zur Steuerung der Vorrichtung eingerichtete Steuerungseinrichtung umfasst, wobei die Steuerungseinrichtung eingerichtet ist, mindestens einen Betriebsparameter, vorzugsweise einen der Betriebsparameter Walzendrehzahl, Schleifkörperdrehzahl, Drehrichtung der Walze und/oder des Schleifkörpers, axiale Vorschubgeschwindigkeit, Anstellung des Schleifwerkzeugs zur Walze und/oder Volumenstrom einer verwendeten Schleifemulsion, innerhalb vorgegebener Grenzen zu variieren. Die Variation des mindestens einen Betriebsparameters ist insbesondere unabhängig von einer Regelung des Schleifprozesses mittels einer Regelgröße.

[0084] Die Walzenschleifvorrichtung kann insbesondere auch eine Mehrzahl an Messvorrichtungen bzw. Messsystemen aufweisen, mit denen auf die Oberflächengüte der Walze bezogene Messgrößen, insbesondere in Bezug auf die Rauheit und/oder auf die Musterfreiheit, und/oder auf die Walzengeometrie (Walzenform) bezogene Messgrößen gemessen werden können. Beispielsweise können eine erste Messvorrichtung zur Messung einer Messgröße für die Rauheit, eine zweite Messvorrichtung zur Messung einer Messgröße für Muster auf der Walzenoberfläche und eine dritte Messvorrichtung, beispielsweise ein mechanischer Taster, zur Messung einer Messgröße für die Walzengeometrie vorgesehen sein. Ein mechanischer Taster kann grundsätzlich auch verwendet werden, um schwingungsbedingte Welligkeiten der Walzenoberfläche zu erkennen.

[0085] Weitere Merkmale und Vorteile der zuvor beschriebenen Erfindung können der nachfolgenden Beschreibung von Ausführungsbeispielen entnommen werden, bei der auf die beigelegten Zeichnungen Bezug genommen wird.

[0086] In den Zeichnungen zeigen

- Figur 1 eine Walzenschleifvorrichtung zum Schleifen einer Walze und zur Durchführung eines Verfahrens zum Schleifen einer Walze,
- Figur 2 eine schematische Darstellung der Walzenschleifvorrichtung aus Fig. 1 in Aufsicht,
- Figur 3 eine schematische Darstellung der Walzenschleifvorrichtung aus Fig. 1 in Seitenschnittansicht,
- Figur 4a eine schematische Darstellung einer Reflektivitäts- bzw. Streulichtmessung an einer Walzenoberfläche,
- Figur 4b ein Diagramm mit einer beispielhaften, winkelabhängigen Intensitätsverteilung der Reflektivitäts- bzw. Streulichtmessung aus Fig. 4a,
- Figur 5a eine schematische Darstellung eines von einer Kamera erfassten Bildes einer Walzenoberfläche,
- Figur 5b ein Diagramm mit einem beispielhaften Ergebnis einer Fouriertransformation des Bildes aus Fig. 5a,
- Figur 6 eine diagrammatische Darstellung eines Schleifprogramms mit mehreren Schleifschritten,
- Figur 7 ein Diagramm mit einer beispielhaften Variation eines Betriebsparameters während des Schleifens und
- Figur 8 ein schematisches Regelungsdiagramm für eine mögliche Regelung von einer oder mehreren Regelgrößen über einen oder mehrere Betriebsparameter der Walzenschleifvorrichtung aus Figur 1.

[0087] Die Figuren 1 bis 3 zeigen eine Walzenschleifvorrichtung 10 zum Schleifen einer Walze 20. Figur 1 zeigt eine perspektivische Darstellung, Figur 2 eine schematische Darstellung in Aufsicht und Figur 3 eine schematische Darstellung in Seitenschnittansicht entsprechend der in Figur 2 eingezeichneten Schnittebene III. Während die Darstellungen in den Figuren 2 und 3 der Übersicht halber auf bestimmte Komponenten, zum Teil in vereinfachter Darstellung, beschränkt ist, zeigt Figur 1 eine detailreichere Darstellung der Walzenschleifvorrichtung 10.

[0088] Bei der Walze 20 kann es sich beispielsweise um eine Arbeits-, Zwischen- oder Stützwalze eines Aluminium-Kaltwalzwerks handeln. Derartige Walzen weisen einen Walzenballen 22 mit der Walzenoberfläche 24 und seitliche Walzenzapfen 26, 28 auf, mit denen die

Walze 20 für den Walzbetrieb in entsprechenden Lagern eines Walzgerüsts drehbar gelagert werden kann. Der Walzenballen 22 weist typischerweise eine ballenförmige Kontur auf, die zu den Seiten leicht verjüngt ist.

[0089] Die Walzenschleifvorrichtung 10 umfasst eine Walzenhalterung 30 mit zwei Lagern 32, 34, die zur drehbaren Lagerung der Walze 20 eingerichtet sind. Anstelle einer Lagerung der Walze 20 in den Lagern 32, 34 kann die Walze auf mit als Setzstöcken (35 in Fig. 1) ausgebildeten Lagern gelagert werden. Ein solcher Setzstock umfasst vorzugsweise ein hydraulisches Schleiflager zur Lagerung eines Walzenzapfens. Weiterhin weist die Walzenhalterung 30 einen Antrieb (nicht dargestellt) auf, der zum Drehantrieb der Walze 20 mit einstellbarer Walzendrehzahl (Pfeil 36) eingerichtet ist. Die Walzenschleifvorrichtung 10 weist weiterhin ein Schleifwerkzeug 40 auf, in dem ein als Schleifscheibe ausgebildeter Schleifkörper 42 drehbar gelagert ist. Weiterhin weist das Schleifwerkzeug 40 noch einen Drehantrieb (nicht dargestellt) zum Antrieb des Schleifkörpers 42 mit einstellbarer Schleifkörperdrehzahl (Pfeil 44) auf.

[0090] Die Anstellung des Schleifwerkzeugs 40 zur Walze 20 kann mittels eines dafür ausgelegten Antriebs (Pfeil 46) eingestellt werden. Der Antrieb kann einen Antrieb für eine Grob- und für eine Feineinstellung umfassen. Über diesen Antrieb kann insbesondere auch der Druck eingestellt werden, mit dem der Schleifkörper 42 auf die Walzenoberfläche 24 drückt. Weiterhin kann das Schleifwerkzeug 40 mittels eines dafür ausgelegten Antriebs (Pfeil 48) parallel zur axialen Richtung der Walze 20 über die gesamte Breite des Walzenballens 22 bewegt werden.

[0091] Das Lager 34 ist auf einer Translationseinrichtung 50 in axialer Richtung der Walze 20 verfahrbar (siehe Pfeil 52), um die Walze 20 in die Lager 32, 34 einspannen zu können bzw. um den Abstand der Lager 32, 34 an verschiedene Walzenlängen anpassen zu können.

[0092] Während des Schleifvorgangs wird der Schleifkörper 42 durch den dazu vorgesehenen Antrieb mit einer Schleifkörperdrehzahl 44 angetrieben und mit Antrieb 46 an die Walzenoberfläche 24 herangefahren, so dass der Schleifkörper 42 die Walzenoberfläche 24 schleifend bearbeitet. Gleichzeitig wird die Walze 20 durch den dazu vorgesehenen Antrieb mit Walzendrehzahl 36 angetrieben, so dass der Schleifkörper 42 über die gesamte Umfangsfläche auf die Walzenoberfläche 24 einwirken kann. Indem das Schleifwerkzeug 40 zudem mit Antrieb 48 über die gesamte Breite des Walzenballens 22 parallel zur axialen Richtung der Walze 20 verfahren wird, kann auf diese Weise die gesamte Walzenoberfläche 24 der Walze 20 durch den Schleifkörper 42 bearbeitet werden.

[0093] Das einmalige Verfahren des Schleifwerkzeugs 40 bei rotierender Walze 20 wird als ein Übergang des Schleifwerkzeugs 40 über die Walzenoberfläche 24 bezeichnet. Typischerweise umfasst ein Schleifprozess eine Mehrzahl solcher Übergänge.

[0094] Die Vorrichtung 10 weist eine Zuleitung 60 auf

(nur in den Figuren 2 und 3 dargestellt), mit der während des Schleifens eine Schleifemulsion 62 auf die Walzenoberfläche 24 aufgebracht werden kann, um die Walze 20 bzw. den Schleifkörper zu kühlen und den Schleifprozess zu verbessern.

[0095] Die Vorrichtung 10 weist weiterhin eine Messvorrichtung 70 auf (nur in den Figuren 2 und 3 dargestellt), die zum Messen von Messwerten einer auf die Oberflächengüte der Walze 20 bezogenen Messgröße in einem Messbereich 72 auf der Walzenoberfläche 24 eingerichtet ist. Bei der Messvorrichtung 70 kann es sich beispielsweise um eine optische Messvorrichtung handeln, beispielsweise um eine Messvorrichtung für ein optisches Reflektivitäts- oder Streulichtmessverfahren. Mit einem solchen Verfahren kann insbesondere die Rauheit der Walzenoberfläche ermittelt werden. Die Messvorrichtung 70 kann alternativ oder zusätzlich auch zur Bestimmung von Mustern auf der Walzenoberfläche 24 ausgebildet sein. Hierzu kann die Messvorrichtung 70 beispielsweise ein Bilderfassungssystem aufweisen, welches ein Bild der Walzenoberfläche 24 im Messbereich 72 aufnimmt, die erfassten Bilddaten einer Fouriertransformation unterzieht und periodisch wiederkehrende Strukturen auf der Walzenoberfläche 24 anhand überhöhten Frequenzen im Fourierspektrum feststellt.

[0096] Die Messvorrichtung 70 ist so eingerichtet, dass sie im Wesentlichen eine ortsfeste Position zum Schleifwerkzeug 40 aufweist. Zu diesem Zweck kann die Messvorrichtung 70 fest an das Schleifwerkzeug 40 gekoppelt sein, so dass sich die Messvorrichtung 70 bei Bewegung des Schleifwerkzeugs 40 parallel zur axialen Richtung der Walze 20 mitbewegt. Alternativ kann auch ein separater Antrieb 73 vorgesehen sein, mit dem die Messvorrichtung 70 bei Bewegung des Schleifwerkzeugs 40 parallel zur axialen Richtung der Walze 20 entsprechend mitbewegt wird.

[0097] Vorzugsweise ist die Messvorrichtung 70 derart eingerichtet ist, dass der Messbereich 72 unabhängig von der Schleifrichtung hinter dem Schleifbereich angeordnet ist, so dass ein durch das Schleifwerkzeug 40 bearbeiteter Oberflächenbereich der Walzenoberfläche im Wesentlichen unmittelbar nach dem Schleifen in den Messbereich 72 gelangt. Zu diesem Zweck kann die Messvorrichtung 70 verfahrbar ausgebildet werden, um abhängig von der Schleifrichtung auf der einen oder anderen Seite des Schleifwerkzeugs 40 angeordnet werden zu können. Alternativ kann die Messvorrichtung 70 auch zwei Erfassungssysteme aufweisen, von denen eines auf der einen und das andere auf der anderen Seite des Schleifwerkzeugs 40 angeordnet ist.

[0098] Zur Verbesserung der Messungen durch die Messvorrichtung 70 weist die Walzenschleifvorrichtung weiterhin eine Rakel 74 (nur in den Figuren 2 und 3 dargestellt) auf, mit der die von der Zuleitung 60 auf die Walze 20 geführte Schleifemulsion 62 und ggf. auch andere Verunreinigungen von dem sich in den Messbereich 72 bewegendem Teil der Walzenoberfläche 24 abgerekelt und dieser Bereich damit gereinigt werden können.

Die mit der Messvorrichtung 70 durchgeführten Messung werden auf diese Weise nicht oder zumindest in geringerem Maße durch Absorption oder diffuse Streuung aufgrund der Schleifemulsion gestört. Die Rakel 74 kann parallel zur axialen Achse der Walze 20 oder (wie in Fig. 2) auch mit einem Winkel dazu angeordnet werden. Weiterhin kann die Rakel 74 zur Verbesserung des Reinigungsergebnisses in einem Winkel im Bereich von 15° und 45° in Drehrichtung der Walze geneigt sein. Die Rakelebene wäre dann also um einen Winkel zwischen 15° und 45° gegenüber einer auf der Walzenoberfläche 24 senkrechten Ebene in Drehrichtung geneigt, so dass ein sich aufgrund der in Fig. 3 angezeigten Drehrichtung der Walze 20 (Pfeil 36) auf die Rakel 74 zubewegender Bereich der Walzenoberfläche 24 auf einen spitzen Winkel der Rakel 74 (analog zu einem positiven Spanwinkel bei einem Spanwerkzeug) zuliefe.

[0099] Die Walzenschleifvorrichtung 10 weist weiterhin eine Steuerungseinrichtung 80 (nur in Figur 2 dargestellt) auf, die dazu eingerichtet ist, die Walzenschleifvorrichtung 10 zu steuern. Insbesondere ist die Steuerungseinrichtung 80 dazu eingerichtet, während des Schleifens, d.h. während die Walzenoberfläche 24 durch den Schleifkörper 42 bearbeitet wird, die Messung mindestens eines Messwerts mit der Messvorrichtung 70 zu veranlassen. Auf diese Weise kann die Oberflächengüte der Walze 20 während des laufenden Schleifprozesses untersucht werden.

[0100] Weiterhin ist die Steuerungseinrichtung 80 dazu eingerichtet, mindestens einen Betriebsparameter der Walzenschleifvorrichtung 10, insbesondere die Walzendrehzahl 36, die Schleifkörperdrehzahl 44 und/oder die Anstellung des Schleifwerkzeugs zur Walze als Funktion der gemessenen Messgröße, d.h. abhängig von den entsprechenden, beim Schleifen gemessenen einen oder mehreren Messwerten, einzustellen. Auf diese Weise kann der Schleifprozess im Betrieb automatisch über die online ermittelte Oberflächengüte der Walze 20 geregelt werden, so dass mit diesem Verfahren insgesamt bessere bzw. zuverlässig einstellbare Oberflächengüten der Walze erreichbar sind.

[0101] Die Vorrichtung 10 kann weiterhin einen Temperatursensor 90 (nur in Figur 2 dargestellt) aufweisen, mit dem die Lagertemperatur beispielsweise des Lagers 32 gemessen werden kann. Vorzugsweise ist die Steuerungseinrichtung 80 dazu eingerichtet, die Betriebsparameter des Schleifprozesses auch als Funktion dieser Lagertemperatur einzustellen.

[0102] Die Figuren 4a-b illustrieren eine Reflektivitäts- bzw. Streulichtmessung an der Walzenoberfläche 24 zur Messung eines Messwerts einer die Oberflächenrauheit der Walzenoberfläche betreffenden Messgröße, insbesondere A_q , A_{sk} und/oder A_{qm} .

[0103] Figur 4a zeigt zunächst die vorliegend beispielhaft für eine Reflektivitäts- bzw. Streulichtmessung ausgebildete Messvorrichtung 70, die eine Lichtquelle 76 zum Einstrahlen eines Lichtstrahles (linker Pfeil) auf die Walzenoberfläche 24 im Messbereich 72 und einen

Lichtsensoren 78 zur streuwinkelabhängigen Detektion der von der Walzenoberfläche 24 reflektierten bzw. gestreuten Lichtstrahlen (rechte Pfeile) aufweist. Eine solche Messvorrichtung 70 kommt insbesondere für eine Messung der Oberflächenrauheit nach dem Verfahren der Lasertriangulation in Frage. Alternativ kann die Lichtquelle 76 der Messvorrichtung 70 auch mittig angeordnet sein und einen Lichtstrahl senkrecht auf die Walzenoberfläche einstrahlen. Der Lichtsensor 78 kann dann beispielsweise ringförmig um die Lichtquelle 76 angeordnet sein, um die Intensität des von der Walzenoberfläche 24 gestreuten Lichts winkelabhängig, d.h. abhängig vom Streuwinkel α zwischen der Walzenoberflächennormalen und der Richtung des gestreuten Lichtstrahls, zu messen. Bei der Messvorrichtung 70 bzw. bei dem Lichtsensor 78 kann es sich auch um einen Zeilendetektor handeln.

[0104] Figur 4b zeigt die von einem solchen ringförmig angeordneten Lichtsensor 78 detektierte Lichtintensität $I(\alpha)$ in Abhängigkeit vom Streuwinkel α . Das Licht wird von der Walzenoberfläche umso diffuser gestreut, je größer die Rauheit der Walzenoberfläche 24 ist. Daher ist die Varianz der Intensitätsverteilung umso größer, je größer die Rauheit der Walzenoberfläche 24 ist. Die oben genannten Messgrößen lassen sich nun entsprechend der Richtlinie VDA 2009 "Winkelaufgelöste Streulichtmesstechnik" aus der winkelabhängigen Intensitätsverteilung $I(\alpha)$, beispielsweise aus dem Verhältnis der maximalen Intensität zur Varianz der Intensitätsverteilung ermitteln. Die Messgröße A_q entspricht vorliegend beispielsweise der quadratischen Varianz der Intensitätsverteilung $I(\alpha)$. Die Messgröße A_{qm} entspricht einem Mittelwert aus einer definierten Anzahl von Einzelwerten für A_q .

[0105] Die Figuren 5a-b illustrieren ein Verfahren zur Ermittlung von Mustern auf der Walzenoberfläche 24. Zu diesem Zweck kann die Messvorrichtung 70 ein Bildfassungsgesetz aufweisen, mit dem Bilder von Ausschnitten der Walzenoberfläche 24 in einem Messbereich 72 aufgenommen werden können. Figur 5a zeigt exemplarisch ein solches Bild eines Ausschnitts der Walzenoberfläche 24, wobei z und x die Koordinaten des Bildes (Zeilen und Spalten) darstellen. Die Bilddaten umfassen für jede Koordinate (x, z) einen Intensitätswert $I(x, z)$.

[0106] Wie in Fig. 5a zu erkennen ist, weist die Walzenoberfläche 24 ein periodisch wiederkehrendes Muster 100 auf. Das Vorhandensein eines solchen Musters 100 kann beispielsweise mittels einer Fouriertransformation der Bilddaten des Bildes aus Figur 5a automatisch ermittelt werden.

[0107] Figur 5b zeigt ein beispielhaftes Ergebnis einer Auswertungsfunktion $F(q_x)$, die eine Fouriertransformation der Bilddaten aus Figur 5a umfasst und in Figur 5b gegen die Fouriervariable q_x der Spalten des Bildes aufgetragen ist. Ein Beispiel für eine Auswertungsfunktion $F(q_x)$ zur Bestimmung von wiederkehrenden Mustern in Richtung der x -Achse des Bildes aus Figur 5a ist nachfolgend angegeben:

$$F(q_x) \propto \sum_{z=1}^{z_{\max}} \left| \sum_{x=1}^{x_{\max}} e^{-2\pi i \frac{I(x,y)q_x}{x_{\max}}} \right|^2.$$

[0108] Das periodisch wiederkehrende Muster 100 ist in dem Diagramm als deutlich ausgeprägtes Maximum zu erkennen und lässt sich auf diese Weise automatisch ermitteln.

[0109] Figur 6 zeigt eine diagrammatische Darstellung eines beispielhaften Schleifprogramms 110 mit mehreren aufeinander folgenden Schleifschritten 1 bis 10, wobei jeder der Schleifschritte jeweils zwei Übergänge des Schleifwerkzeugs 40 über die Walzenoberfläche 24 umfasst, und zwar bei Bewegung des Schleifwerkzeugs 40 von einem Ende des Walzenballs zum anderen Ende (erster Übergang) und zurück (zweiter Übergang).

[0110] Die Schleifschritte 1 bis 10 des Schleifprogramms 110 sind in zwei größere Abschnitte gruppiert, und zwar in einen ersten Abschnitt 112 mit den Schleifschritten 1 bis 5 zum Vorschleifen der Walze 20, in dem die Walzengeometrie eingestellt wird, und einen zweiten Abschnitt 114 mit den Schleifschritten 6 bis 10 zum Fertigschleifen der Walze, in dem die gewünschte Oberflächengüte der Walze eingestellt wird.

[0111] Während der einzelnen Schleifschritte 1 bis 10 erfolgt vorzugsweise kontinuierlich eine Messung mindestens einer auf die Oberflächengüte bezogenen Messgröße. Die Steuerungseinrichtung 80 kann dann in Abhängigkeit von den ermittelten Messwerten die Betriebsparameter des laufenden und/oder von nachfolgenden Schleifschritten des Schleifprogramms 110 einstellen.

[0112] Wird während des laufenden Schleifprogramms 110 in einem Schleifschritt, beispielsweise im Schleifschritt 8, ein Fehler auf der Walzenoberfläche festgestellt, der mit den nachfolgenden Schleifschritten 9 und 10 nicht mehr korrigiert werden kann, so springt die Steuerungseinrichtung 80 vorzugsweise automatisch zu einem früheren Schleifschritt, beispielsweise zum Schleifschritt 3 zurück, um diesen Fehler im Verlauf der nunmehr folgenden Schleifschritte 4 bis 10 beheben zu können.

[0113] Figur 7 zeigt ein Diagramm mit einer beispielhaften Variation eines Betriebsparameters der Walzenschleifvorrichtung während des Schleifens. In dem Diagramm ist dazu die Walzendrehzahl W für einen Übergang des Schleifwerkzeugs 40 über die Walzenoberfläche 24 gegen die axiale Position z des Schleifwerkzeugs 40 zum Walzenballen 22 aufgetragen. Wie aus dem Diagramm ersichtlich ist, wird die Walzendrehzahl W innerhalb eines Korridors zwischen einer vorgegebenen oberen Grenze 122 und einer vorgegebenen unteren Grenze 124 für die Walzendrehzahl variiert. Die Variation des Betriebsparameters kann, wie in Figur 7 dargestellt, regelmäßig, aber auch unregelmäßig erfolgen. Es wurde festgestellt, dass durch eine solche Variation eines Betriebsparameters während eines Übergangs des Schleif-

werkzeugs 40 über die Walzenoberfläche 24 eine Musterbildung auf der Walzenoberfläche verhindert werden kann.

[0114] Figur 8 zeigt ein schematisches Regelungsdiagramm für eine mögliche Regelung von einer oder mehreren Regelgrößen über einen oder mehrere Betriebsparameter der Walzenschleifvorrichtung 10 aus Figur 1 während des Schleifens, d.h. während des laufenden Schleifprozesses.

[0115] Im Regelungsdiagramm stellt der Schleifprozess die Regelstrecke dar. Während des Schleifprozesses wirken verschiedene Störgrößen wie zum Beispiel Temperaturschwankungen, Unregelmäßigkeiten der zu schleifenden Walze 20 oder des Schleifkörpers 42, externe Schwingungen und andere Einflüsse auf den Schleifprozess, die zu Abweichungen von der gewünschten Oberflächenqualität, insbesondere der gewünschten Rauheit oder der gewünschten Musterfreiheit, führen können. Mit einer Online-Regelung der Walzenschleifvorrichtung 10 lassen sich solche Störeinflüsse kompensieren, so dass im Ergebnis ein besseres Schleifergebnis erreicht werden kann.

[0116] Hierzu werden während des Schleifens ein oder mehrere auf die Oberflächengüte der Walze bezogenen Messgrößen ermittelt und als Regelgrößen für die Regelung verwendet. In Figur 8 sind als mögliche Regelgrößen die lokale Rauheitsabweichung $\Delta A_q(c,z)$, der lokale Rauheitswert in axialer Richtung $A_q(z)$, der mittlere Rauheitswert $\bar{A}_q$ und das Schwingungsspektrum der Walzenschleifvorrichtung F_m angegeben.

[0117] Unter der lokalen Rauheitsabweichung $\Delta A_q(c,z)$ wird die Abweichung des lokalen Rauheitswerts A_q an einer durch die Position z in axialer Richtung und durch die Position c in Umfangsrichtung der Walze bestimmten Stelle zu einem mittleren Rauheitswert $\bar{A}_q$ verstanden. Beispielsweise kann $\Delta A_q(c,z)$ durch die Formel $\Delta A_q(c,z) = A_q(c,z) - \bar{A}_q$ bestimmt werden, wobei $A_q(c,z)$ der mittels Streulichtmessung bestimmte lokale Rauheitswert in einem Messbereich 72 an axialer Position z und Umfangsposition c der Walze 20 und $\bar{A}_q$ ein durch Mittelwertbildung über mehrere Messbereiche berechneter mittlerer Rauheitswert ist.

[0118] Unter dem lokalen Rauheitswert in axialer Richtung $A_q(z)$ wird der Rauheitswert A_q der Walzenoberfläche abhängig von der Position z in axialer Richtung verstanden. Beispielsweise kann $A_q(z)$ mittels Streulichtmessung in einem Messbereich 72 an axialer Position z der Walze 20 bestimmt werden. Insbesondere kann $A_q(z)$ durch eine Mittelung von Rauheitswerten A_q in Umfangsrichtung an im Wesentlichen derselben z -Position bestimmt werden.

[0119] Unter dem mittleren Rauheitswert $\bar{A}_q$ wird ein Mittelwert der während des Schleifprozesses bestimmten Rauheitswerte A_q an verschiedenen Stellen der Walzenoberfläche verstanden. Beispielsweise kann $\bar{A}_q$ durch Mittelung der mittels Streulichtmessung in ver-

schiedenen Messbereichen 72 gemessenen Rauheitswerte A_q bestimmt werden. Vorzugsweise wird eine solche Mittelwertbildung gewählt, dass $\bar{A}_q$ einen mittleren Rauheitswert im Wesentlichen der gesamten Walzenoberfläche 24 repräsentiert.

[0120] Unter dem Schwingungsspektrum F_m der Walzenschleifvorrichtung wird die frequenzabhängige Amplitude der Schwingungen der Walzenschleifvorrichtung verstanden. Schwingt die Walzenschleifvorrichtung 10 beispielsweise mit bestimmten Frequenzen, so weist das Schwingungsspektrum F_m bei diesen Frequenzen jeweils ein Maximum auf. Das Schwingungsspektrum F_m kann insbesondere mittels eines an der Walzenschleifvorrichtung 10 vorgesehenen Beschleunigungssensors bestimmt werden. Beispielsweise kann das Schwingungsspektrum in einem gewissen Zeitintervall durch eine Fouriertransformation einer Zeitreihe $a(t)$ der durch den Beschleunigungssensor gemessenen Beschleunigung berechnet werden.

[0121] Anstelle der zuvor beschriebenen Regelgrößen $\Delta A_q(c,z)$, $A_q(z)$, $\bar{A}_q$ und F_m können natürlich auch alternative Regelgrößen verwendet werden, die die Musterfreiheit, Eigenschaften der Rauheit der Walze 20 oder auch den Schwingungszustand der Walzenschleifvorrichtung 10 repräsentieren. Insbesondere können Regelgrößen verwendet werden, die mit einer oder mehreren der Regelgrößen $\Delta A_q(c,z)$, $A_q(z)$, $\bar{A}_q$ und F_m in Beziehung stehen bzw. von diesen abhängig sind. Beispielsweise kann anstelle des Schwingungsspektrums F_m auch unmittelbar die Beschleunigung $a(t)$ der Walzenschleifvorrichtung 10 oder eine aus dem Schwingungsspektrum F_m abgeleitete Größe als Regelgröße verwendet werden. Der Übersicht halber wird die Regelung nachfolgend beispielhaft für die Regelgrößen $\Delta A_q(c,z)$, $A_q(z)$, $\bar{A}_q$ und F_m beschrieben.

[0122] Die Regelung der Walzenschleifvorrichtung 10 kann mit einer oder mit mehreren Regelgrößen gleichzeitig erfolgen. Beispielsweise kann zum Erreichen der Musterfreiheit eine Regelung über die Regelgröße $\Delta A_q(c,z)$ oder über eine andere auf die Musterfreiheit bezogene Regelgröße erfolgen. Zur Einstellung einer gleichmäßigen Rauheit über die Walzenbreite kann zusätzlich eine Regelung über die Regelgröße $A_q(z)$ oder über eine andere auf die Rauheit in axialer Richtung bezogene Regelgröße erfolgen. Alternativ oder zusätzlich kann zur Einstellung einer gewünschten Zielrauheit eine Regelung über die Regelgröße $\bar{A}_q$ oder über eine andere auf die mittlere Rauheit bezogene Regelgröße erfolgen. Weiter alternativ oder zusätzlich kann zur Unterdrückung von unerwünschten Schwingungen der Walzenschleifvorrichtung 10 auch eine Regelung über die Regelgröße F_m oder über eine andere auf den Schwingungszustand der Walzenschleifvorrichtung bezogene Regelgröße erfolgen.

[0123] Die während des Schleifens erfassten Werte für die einzelnen Regelgrößen werden rückgekoppelt und

mit jeweiligen Soll-Werten für die Regelgrößen ($\Delta A_q^{\text{soll}}(c, z)$, $A_q^{\text{soll}}(z)$, $\bar{A}_q^{\text{soll}}$ und F_m^{soll}) verglichen, d.h. es wird eine Abweichung der jeweiligen Regelgröße vom Soll-Wert ermittelt, insbesondere durch Differenzbildung wie zum Beispiel $\bar{A}_q - \bar{A}_q^{\text{soll}}$. Die Soll-Werte für die einzelnen Regelgrößen werden auch als Führungsgrößen bezeichnet.

[0124] Die lokale Rauheitsabweichung wird vorzugsweise minimiert, um eine gleichmäßige Rauheit und insbesondere eine Musterfreiheit zu erreichen. Daher ist $\Delta A_q^{\text{soll}}(c, z)$ vorzugsweise für alle Positionen c und z klein, insbesondere Null. Der lokale Rauheitswert in axialer Richtung ist vorzugsweise möglichst konstant und entspricht der Zielrauheit. Daher ist $A_q^{\text{soll}}(z)$ vorzugsweise für alle Positionen z konstant und insbesondere gleich der Zielrauheit. Der mittlere Rauheitswert soll vorzugsweise den Zielrauheitswert annehmen, so dass $\bar{A}_q^{\text{soll}}$ vorzugsweise der Zielrauheit entspricht. Das Schwingungsspektrum weist vorzugsweise keine starken Maxima auf, die zu einer Musterbildung führen können, so dass als F_m^{soll} vorzugsweise ein Spektrum mit konstanter Amplitude oder sogar mit Amplitude Null gewählt wird.

[0125] Beim Schleifen der Walze 20 anhand eines vorgegebenen Schleifprogramms mit mehreren aufeinanderfolgenden Schleifschritten können die Soll-Werte einer oder mehrerer Regelgrößen auch abhängig vom jeweiligen Schleifschritt angepasst werden. Beispielsweise kann das Schleifprogramm für ein Vorschleifen zunächst mit größeren Soll-Werten $A_q^{\text{soll}}(z)$ und $\bar{A}_q^{\text{soll}}$ begonnen werden, bevor diese Soll-Werte verringert werden, bis sie beim letzten Schleifschritt schließlich die Zielrauheit erreicht haben. Insbesondere können beim Vorschleifen andere Soll-Werte verwendet werden als beim Fertigschleifen.

[0126] Aus den Abweichungen der jeweiligen Regelgrößen vom Soll-Wert berechnet der in Figur 8 dargestellte Regler dann für jede bei der Regelung verwendete Regelgröße Werte für einen oder mehrere Betriebsparameter, um der Abweichung der jeweiligen Regelgröße vom Soll-Wert entgegenzuwirken. Bei besagten Betriebsparametern handelt es sich demnach um die Stellgrößen der Regelung. Die Betriebsparameter werden dann entsprechend der vom Regler berechneten Werte eingestellt und wirken so auf den Schleifprozess, wodurch der Regelkreis geschlossen wird.

[0127] Für die Regelgröße $\Delta A_q(c, z)$ kann als Stellgröße insbesondere die Änderung des Schleifstroms $\Delta I(c, z)$ in Abhängigkeit von der axialen Richtung z verwendet werden. Unter dem Schleifstrom $I(c, z)$ wird der Strom (beispielsweise der Ankerstrom) des Motors zum Antrieb des Schleifkörpers 42 verstanden. Die Schleifstromänderung $\Delta I(c, z)$ kann normalerweise nicht direkt gesteuert werden, sondern muss seinerseits geregelt werden. Eine Regelung der Schleifstromänderung $\Delta I(c, z)$ kann insbesondere über die Position a_u des Antriebs für die Feineinstellung (sogenannte u -Achse) der Anstellung des Schleifwerkzeugs 40 an die Walze 20 erfolgen. Durch a_u

kann insbesondere der Druck eingestellt werden, mit dem der Schleifkörper 42 auf die Walze 20 drückt, und somit das vom Antrieb des Schleifkörpers 42 aufzubringende Drehmoment bzw. den Schleifstrom. Alternativ kann auch a_u direkt als Stellgröße für die Regelgröße $\Delta A_q(c, z)$ verwendet werden.

[0128] Für die Regelgröße $A_q(z)$ kann als Stellgröße insbesondere die Position a_u und/oder a_e des Antriebs für die Feineinstellung der Anstellung des Schleifwerkzeugs 40 an die Walze 20 verwendet werden.

[0129] Für die Regelgröße $\bar{A}_q$ können insbesondere eine oder mehrere der folgenden Stellgrößen verwendet werden: die Position a_e und/oder a_u des Antriebs für die Grob- und/oder Feineinstellung der Anstellung des Schleifwerkzeugs 40 an die Walze 20, die Umlaufgeschwindigkeit v_w der Walze 20, d.h. die Geschwindigkeit der Walzenoberfläche 24 durch die Drehung der Walze 20, die Vorschubgeschwindigkeit v_{fa} der Walze 20 bzw. des Schleifwerkzeugs 40 in axialer Richtung oder die Umlaufgeschwindigkeit v_c des Schleifkörpers, d.h. die Geschwindigkeit der Schleifkörperoberfläche durch die Drehung des Schleifkörpers 42. Weiterhin kann für die Regelgröße $\bar{A}_q$ auch die Stellgröße der Relativgeschwindigkeit zwischen dem Schleifwerkzeug 40 und der Walzenoberfläche 24 verwendet werden. Diese hängt von v_w und von v_{fa} ab. Alternativ kann auch der Wert für v_w bei der Berechnung des Werts für v_{fa} berücksichtigt werden oder umgekehrt.

[0130] Das Schwingungsspektrum der Walzenschleifvorrichtung 10 lässt sich insbesondere dadurch beeinflussen, dass mindestens ein Betriebsparameter wie die Umlaufgeschwindigkeit v_w der Walze bzw. die Walzendrehzahl W oder die Umlaufgeschwindigkeit v_c des Schleifkörpers bzw. die Schleifkörperdrehzahl S während eines Übergangs des Schleifwerkzeugs über die Walzenoberfläche innerhalb vorgegebener Grenzen variiert wird. Ein Beispiel für eine solche Variation eines Betriebsparameters ist in der oben beschriebenen Figur 7 dargestellt. Die Variation der Umlaufgeschwindigkeit v_w der Walze bzw. die Variation der Umlaufgeschwindigkeit v_c des Schleifkörpers können jeweils durch eine Variationsfrequenz f_{vc} bzw. f_{vw} und eine Variationsamplitude A_{vw} bzw. A_{vc} charakterisiert werden. Für eine rein sinusförmige Variation kann die Umlaufgeschwindigkeit v_w der Walze während eines Übergangs des Schleifwerkzeugs über die Walzenoberfläche beispielsweise wie folgt abhängig von der Zeit t variiert werden: $v_w(t) = A_{vw} \cdot \sin(2\pi \cdot f_{vw} \cdot t)$.

[0131] Entsprechend können für die Regelgröße insbesondere eine oder mehrere der folgenden Stellgrößen verwendet werden: die Frequenz f_{vw} und/oder die Amplitude A_{vw} der Variation der Umlaufgeschwindigkeit v_w der Walze oder Frequenz f_{vc} und/oder die Amplitude A_{vc} der Variation der Umlaufgeschwindigkeit v_c des Schleifkörpers.

[0132] Die Regelung der Walzenschleifvorrichtung 10

kann insbesondere durch die Steuerungseinrichtung 80 erfolgen. Zu diesem Zweck ist die Steuerungseinrichtung 80 insbesondere dazu eingerichtet, eine solche Regelung, insbesondere entsprechend der zuvor beschriebenen Ausführungsformen und Ausführungsbeispiele durchzuführen.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Schleifen einer Walze (20), insbesondere einer Arbeits-, Zwischen- oder Stützwalze, mittels einer Walzenschleifvorrichtung (10), insbesondere einer Walzenschleifvorrichtung nach einem der Ansprüche 12 bis 15,

- bei dem eine Walze (20) mit einem Schleifwerkzeug (40) der Walzenschleifvorrichtung (10) geschliffen wird,
- bei dem während des Schleifens, d.h. während die Walzenoberfläche mit dem Schleifwerkzeug geschliffen wird, mindestens ein Messwert mindestens einer auf die Oberflächengüte der Walze (20) bezogenen Messgröße gemessen wird, wobei der mindestens eine Messwert an mindestens einem Messbereich auf der Walzenoberfläche gemessen wird,
- bei dem während des Schleifens automatisch zumindest ein Betriebsparameter der Walzenschleifvorrichtung (10) als Funktion der Messgröße eingestellt wird,
- und
- bei dem der bei der Messung erfasste Walzenoberflächenbereich vor der Messung gereinigt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** während des Schleifens mindestens ein Messwert mindestens einer auf die Oberflächenrauheit der Walze (20) und/oder mindestens auf eine Musterbildung auf der Walzenoberfläche (24) bezogene Messgröße gemessen wird, insbesondere mit einem optischen Messverfahren.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** einer oder mehrere der folgenden Betriebsparameter als Funktion der mindestens einen Messgröße gesteuert werden: Walzendrehzahl, Schleifkörperdrehzahl, Drehrichtung der Walze und/oder des Schleifkörpers, axiale Vorschubgeschwindigkeit, relative Position des Schleifwerkzeugs zur Walze, insbesondere Zustellung des Schleifwerkzeugs, oder Volumenstrom einer verwendeten Schleifemulsion.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3,

dadurch gekennzeichnet,

dass während des Schleifens mindestens ein Messwert einer auf den Schwingungszustand der Walze (20) und/oder der Walzenschleifvorrichtung (10) bezogenen Messgröße gemessen wird und mindestens ein Betriebsparameter der Walzenschleifvorrichtung (10) als Funktion dieser Messgröße eingestellt wird.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, bei dem eine Regelgröße für die Musterbildung auf der Walzenoberfläche (24), geregelt wird, und zwar über eine oder mehrere der folgenden Stellgrößen: die Leistung des Antriebs für einen Schleifkörper (42) des Schleifwerkzeugs (40), den Druck des Schleifkörpers (42) auf die Walze, die relative Position des Schleifwerkzeugs (40) zur Walze (20) und/oder einen von einem oder mehreren dieser Stellgrößen abhängigen Betriebsparameter.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, bei dem eine Regelgröße für die Rauheit der Walze (20) in axialer Richtung geregelt wird, und zwar über eine oder mehrere der folgenden Stellgrößen: die relative Position des Schleifwerkzeugs (40) zur Walze (20) und/oder einen von dieser Stellgröße abhängigen Betriebsparameter.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, bei dem eine Regelgröße für die mittlere Rauheit der Walze (20) geregelt wird, und zwar über eine oder mehrere der folgenden Stellgrößen: die relative Position des Schleifwerkzeugs (40) zur Walze (20), die Umlaufgeschwindigkeit v_w der Walze (20), die Vorschubgeschwindigkeit v_{fa} der Walze (20) bzw. des Schleifwerkzeugs (40) in axialer Richtung, die Umlaufgeschwindigkeit v_c eines Schleifkörpers (42) des Schleifwerkzeugs (40) und/oder einen von einem oder mehreren dieser Stellgrößen abhängigen Betriebsparameter.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Schleifen der Walze (20) in mehreren Übergängen des Schleifwerkzeugs (40) über die Walzenoberfläche (24) erfolgt und dass mindestens ein Betriebsparameter eines Übergangs in Abhängigkeit von mindestens einem während eines früheren Übergangs gemessenen Messwerts eingestellt wird.

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Schleifen der Walze (20) anhand eines vorgegebenen Schleifprogramms mit mehreren aufeinanderfolgenden Schleifschritten erfolgt, wobei jeder Schleifschritt mindestens einen Übergang des Schleifwerkzeugs (40) über die Walzenoberfläche

- (24) mit zugeordneten Betriebsparametern umfasst, dass während des Schleifens ein Oberflächenkennwert als Funktion der mindestens einen auf die Oberflächengüte der Walze (20) bezogenen Messgröße bestimmt wird und dass abhängig von dem Oberflächenkennwert innerhalb des Schleifprogramms ein Sprung zu einem früheren oder späteren Schleifschritt erfolgt.
10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Schleifen der Walze (20) in mehreren Übergängen des Schleifwerkzeugs (40) über die Walzenoberfläche (24) erfolgt und dass während eines Übergangs mindestens einer der Betriebsparameter Walzendrehzahl, Schleifkörperdrehzahl, Drehrichtung der Walze (20) und/oder des Schleifkörpers (42), axiale Vorschubgeschwindigkeit, relative Position des Schleifwerkzeugs (40) zur Walze, insbesondere Zustellung des Schleifwerkzeug (40), oder Volumenstrom einer verwendeten Schleifemulsion innerhalb vorgegebener Grenzen variiert wird.
11. Verfahren nach Anspruch 10, bei dem eine Regelgröße für den Schwingungszustand der Walzenschleifvorrichtung (10) geregelt wird, und zwar über eine oder mehrere der folgenden Stellgrößen: die Frequenz und/oder die Amplitude einer Variation eines oder mehrerer Betriebsparameter und/oder einen von einem oder mehrerer dieser Stellgrößen abhängigen Betriebsparameter.
12. Walzenschleifvorrichtung (10) zum Schleifen einer Walze (20), insbesondere einer Arbeits-, Zwischen- oder Stützwalze, beispielsweise für Aluminium-Kaltwalzwerke,
- mit einer Walzenhalterung (30) umfassend zwei Lager (32, 34), die zur drehbaren Lagerung der Walze (20) eingerichtet sind,
 - mit einem Antrieb (36), der zum Drehantrieb der Walze (20) mit einstellbarer Walzendrehzahl eingerichtet ist,
 - mit einem Schleifwerkzeug (40), das zur Aufnahme und zum Drehantrieb eines Schleifkörpers (42) mit einstellbarer Schleifkörperdrehzahl sowie zur Anstellung des Schleifkörpers (42) zur Walze (20) eingerichtet ist,
 - wobei die Walzenschleifvorrichtung (10) eine Messvorrichtung (70) umfasst, die zum Messen von Messwerten einer auf die Oberflächengüte der Walze (20) bezogenen Messgröße eingerichtet ist,
- dadurch gekennzeichnet, dass** die Walzenschleifvorrichtung (10) eine zur Steuerung der Vorrichtung (10) eingerichtete Steuerungseinrichtung (80) umfasst, wobei die Steuerungseinrichtung (80) eingerichtet ist,
- während des Schleifens, d.h. während die Walzenoberfläche mit dem Schleifwerkzeug geschliffen wird, die Messung mindestens eines Messwerts mit der Messvorrichtung (70) zu veranlassen, wobei der mindestens eine Messwert an mindestens einem Messbereich auf der Walzenoberfläche gemessen wird, und mindestens einen Betriebsparameter der Walzenschleifvorrichtung (10), insbesondere die Walzendrehzahl, die Schleifkörperdrehzahl, die axiale Vorschubgeschwindigkeit und/oder die Anstellung des Schleifwerkzeugs (40) zur Walze (20), automatisch als Funktion der Messgröße einzustellen und
- **dass** die Walzenschleifvorrichtung (10) eine Reinigungsvorrichtung (74) aufweist, die dazu eingerichtet ist, den von der Messvorrichtung (70) erfassten Messbereich (72) vor Durchführung der Messung zu reinigen.
13. Walzenschleifvorrichtung nach Anspruch 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Steuerungseinrichtung (80) dazu eingerichtet ist, ein Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 11 durchzuführen.
14. Walzenschleifvorrichtung nach Anspruch 12 oder 13, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Messvorrichtung (70) dazu eingerichtet ist, während des Schleifens jeweils eine im Wesentlichen ortsfeste Position relativ zum Schleifwerkzeug (40) aufzuweisen.
15. Walzenschleifvorrichtung nach einem der Ansprüche 12 bis 14, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Walzenschleifvorrichtung (10) eine Reinigungsvorrichtung (74) in Form eines Rakels aufweist, die dazu eingerichtet ist, den von der Messvorrichtung (70) erfassten Messbereich (72) vor Durchführung der Messung zu reinigen.

Claims

1. Method for grinding a roll (20), in particular a work roll, intermediate roll or back-up roll, by means of a roll grinding device (10), in particular a roll grinding device according to one of claims 12 to 15,
- in which a roll (20) is ground with a grinding tool (40) of the roll grinding device (10),
 - in which at least one measured value of at least one measured quantity relating to the surface quality of the roll (20) is measured during grinding, i.e. while the roll surface is being ground with the grinding tool, the at least one measured

- value being measured at at least one measuring area on the roll surface,
 - in which at least one operating parameter of the roll grinding device (10) is automatically set during grinding as a function of the measured quantity, and
 - in which the roll surface area detected during the measurement is cleaned before the measurement.
2. Method according to claim 1,
characterized in that during grinding at least one measured value of at least one measured quantity relating to the surface roughness of the roll (20) and/or at least to a pattern formation on the roll surface (24) is measured, in particular with an optical measuring method.
 3. Method according to claim 1 or 2,
characterized in that one or more of the following operating parameters are controlled as a function of the at least one measured quantity: roller speed, grinding wheel speed, direction of rotation of the roller and/or the grinding wheel, axial feed speed, relative position of the grinding tool to the roller, in particular infeed of the grinding tool, or volume flow of a grinding emulsion used.
 4. Method according to one of claims 1 to 3,
characterized in that during grinding at least one measured value of a measured quantity relating to the vibration state of the roll (20) and/or of the roll grinding device (10) is measured and at least one operating parameter of the roll grinding device (10) is set as a function of this measured quantity.
 5. Method according to any one of claims 1 to 4,
 in which a controlled quantity for the pattern formation on the roll surface (24) is controlled via one or more of the following correcting quantities: the power of the drive for an abrasive body (42) of the abrasive tool (40), the pressure of the abrasive body (42) on the roll, the relative position of the abrasive tool (40) to the roll (20) and/or an operating parameter dependent on one or more of these correcting quantities.
 6. Method according to any one of claims 1 to 5,
 in which a controlled quantity for the roughness of the roll (20) in the axial direction is controlled, namely via one or more of the following correcting quantities: the relative position of the grinding tool (40) to the roll (20) and/or an operating parameter dependent on this correcting quantity.
 7. Method according to one of the claims 1 to 6,
 in which a controlled quantity for the average roughness of the roller (20) is controlled, namely via one or more of the following correcting quantities: the relative position of the grinding tool (40) to the roller (20), the rotational speed v_w of the roller (20), the feed speed v_{fa} of the roller (20) and/or of the grinding tool (40) in the axial direction, the rotational speed v_c of a grinding body (42) of the grinding tool (40) and/or an operating parameter dependent on one or more of these correcting quantities.
 8. Method according to any one of claims 1 to 7,
characterized in that the grinding of the roll (20) is performed in a plurality of passes of the grinding tool (40) over the roll surface (24), and **in that** at least one operating parameter of a pass is adjusted as a function of at least one measured value measured during an earlier pass.
 9. Method according to any one of claims 1 to 8,
characterized in, in that the grinding of the roll (20) is carried out on the basis of a predetermined grinding program with a plurality of successive grinding steps, each grinding step comprising at least one transition of the grinding tool (40) over the roll surface (24) with associated operating parameters, **in that**, during the grinding, a surface characteristic value is determined as a function of the at least one measured quantity relating to the surface quality of the roll (20), and **in that**, depending on the surface characteristic value, a jump to an earlier or later grinding step is carried out within the grinding program.
 10. Method according to one of claims 1 to 9,
characterized in that the grinding of the roll (20) is carried out in several passes of the grinding tool (40) over the roll surface (24) and **in that** during a pass at least one of the operating parameters roll speed, grinding tool speed, direction of rotation of the roll (20) and/or of the grinding tool (42), axial feed rate, relative position of the grinding tool (40) to the roll, in particular infeed of the grinding tool (40), or volume flow of a grinding emulsion used is varied within predetermined limits.
 11. A method according to claim 10,
 wherein a controlled quantity for the vibration state of the roll grinding device (10) is controlled, namely via one or more of the following correcting quantities: the frequency and/or the amplitude of a variation of one or more operating parameters and/or an operating parameter dependent on one or more of these correcting quantities.
 12. Roll grinding device (10) for grinding a roll (20), in particular a work roll, intermediate roll or back-up roll, for example for aluminum cold rolling mills,
 - with a roll holder (30) comprising two bearings (32, 34) which are set up for the rotatable mount-

ing of the roll (20),

- with a drive (36) which is set up to rotationally drive the roller (20) with adjustable roller speed,
- with a grinding tool (40) which is set up to receive and rotate a grinding body (42) with adjustable grinding body speed and to adjust the grinding body (42) relative to the roller (20),
- wherein the roll grinding device (10) comprises a measuring device (70) which is arranged for measuring measured values of a measured quantity relating to the surface quality of the roll (20),

characterized

- **in that** the roll grinding apparatus (10) comprises control means (80) configured to control the apparatus (10), the control means (80) being configured, during grinding, i.e. while the roll surface is being ground with the grinding tool, to cause the measurement of at least one measured value with the measuring device (70), the at least one measured value being measured at at least one measuring area on the roll surface, and to automatically set at least one operating parameter of the roll grinding apparatus (10), in particular the roll speed, the grinding wheel speed, the axial feed rate and/or the setting of the grinding tool (40) relative to the roll (20), as a function of the measured quantity, and
- **in that** the roll grinding device (10) comprises a cleaning device (74) which is set up to clean the measuring area (72) detected by the measuring device (70) before the measurement is carried out.

13. A roll grinding apparatus according to claim 12, **characterized in that** the control means (80) is configured to perform a method according to any one of claims 1 to 11.

14. A roll grinding apparatus according to claim 12 or 13, **characterized in that** the measuring device (70) is configured to have a substantially stationary position relative to the grinding tool (40) during grinding, respectively.

15. Roll grinding device according to any one of claims 12 to 14, **characterized in that** the roll grinding device (10) has a cleaning device (74) in the form of a wiper, which is set up to clean the measuring area (72) detected by the measuring device (70) before the measurement is carried out.

Revendications

1. Procédé de rectification d'un cylindre (20), en particulier d'un cylindre de travail, d'un cylindre intermédiaire ou d'un cylindre d'appui, au moyen d'un dis-

positif de rectification de cylindre (10), en particulier d'un dispositif de rectification de cylindre selon l'une des revendications 12 à 15,

- dans lequel un cylindre (20) est rectifié avec un outil de rectification (40) du dispositif de rectification de cylindre (10),
- dans lequel, pendant la rectification, c'est-à-dire pendant que la surface du cylindre est rectifiée avec l'outil de rectification, au moins une valeur de mesure d'au moins une grandeur de mesure se rapportant à la qualité de surface du cylindre (20) est mesurée, l'au moins une valeur de mesure étant mesurée au niveau d'au moins une zone de mesure sur la surface du cylindre,
- dans lequel, pendant la rectification, au moins un paramètre de fonctionnement du dispositif de rectification de cylindre (10) est configuré automatiquement en fonction de la grandeur de mesure, et
- dans lequel la zone de surface du cylindre détectée lors de la mesure est nettoyée avant la mesure.

2. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé**

en ce que, pendant la rectification, au moins une valeur de mesure d'au moins une grandeur de mesure se rapportant à la rugosité de surface du cylindre (20) et/ou au moins à une formation de motif sur la surface du cylindre (24) est mesurée, en particulier avec un procédé de mesure optique.

3. Procédé selon la revendication 1 ou 2, **caractérisé**

en ce qu'un ou plusieurs des paramètres de fonctionnement suivants sont commandés en fonction de l'au moins une grandeur de mesure : vitesse de rotation du cylindre, vitesse de rotation de meule de rectification, sens de rotation du cylindre et/ou de la meule de rectification, vitesse d'avance axiale, position relative de l'outil de rectification par rapport au cylindre, en particulier avance de l'outil de rectification, ou débit d'une émulsion de rectification utilisée.

4. Procédé selon l'une des revendications 1 à 3, **caractérisé**

en ce que, pendant la rectification, au moins une valeur de mesure d'une grandeur de mesure relative à l'état vibratoire du cylindre (20) et/ou du dispositif de rectification de cylindre (10) est mesurée et au moins un paramètre de fonctionnement du dispositif de rectification de cylindre (10) est configuré en fonction de cette grandeur de mesure.

5. Procédé selon l'une des revendications 1 à 4, dans lequel une grandeur de réglage pour la formation de motifs sur la surface du cylindre (24) est ré-

- glée, et ce par l'intermédiaire d'une ou de plusieurs des grandeurs de correction suivantes : la puissance de l'entraînement pour une meule de rectification (42) de l'outil de rectification (40), la pression de la meule de rectification (42) sur le cylindre, la position relative de l'outil de rectification (40) par rapport au cylindre (20) et/ou un paramètre de fonctionnement dépendant d'une ou de plusieurs de ces grandeurs de correction.
6. Procédé selon l'une des revendications 1 à 5, dans lequel une grandeur de réglage pour la rugosité du cylindre (20) est réglée dans la direction axiale, et ce par l'intermédiaire d'une ou de plusieurs des grandeurs de correction suivantes : la position relative de l'outil de rectification (40) par rapport au cylindre (20) et/ou un paramètre de fonctionnement dépendant de cette grandeur de correction.
7. Procédé selon l'une des revendications 1 à 6, dans lequel une grandeur de réglage pour la rugosité moyenne du cylindre (20) est réglée, et ce par l'intermédiaire d'une ou de plusieurs des grandeurs de correction suivantes : la position relative de l'outil de rectification (40) par rapport au cylindre (20), la vitesse de rotation v_w du cylindre (20), la vitesse d'avance v_{fa} du cylindre (20) ou de l'outil de rectification (40) dans la direction axiale, la vitesse de rotation v_c d'une meule de rectification (42) de l'outil de rectification (40) et/ou un paramètre de fonctionnement dépendant d'une ou de plusieurs de ces grandeurs de correction.
8. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, **caractérisé**
en ce que la rectification du cylindre (20) est effectuée en plusieurs passages de l'outil de rectification (40) sur la surface du cylindre (24) et en ce qu'au moins un paramètre de fonctionnement d'un passage est configuré en fonction d'au moins une valeur de mesure mesurée pendant un passage précédent.
9. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, **caractérisé**
en ce que la rectification du cylindre (20) est effectuée à l'aide d'un programme de rectification prédéfini avec plusieurs étapes de rectification successives, chaque étape de rectification comprenant au moins un passage de l'outil de rectification (40) sur la surface du cylindre (24) avec des paramètres de fonctionnement associés, en ce que, pendant la rectification, une valeur caractéristique de surface est déterminée en fonction d'au moins une grandeur de mesure se rapportant à la qualité de la surface du cylindre (20) et en ce que, en fonction de la valeur caractéristique de la surface, un saut vers une étape de rectification antérieure ou ultérieure est effectué au sein du programme de rectification.
10. Procédé selon l'une des revendications 1 à 9, **caractérisé**
en ce que la rectification du cylindre (20) est effectuée en plusieurs passages de l'outil de rectification (40) sur la surface du cylindre (24) et en ce que, pendant un passage, au moins l'un des paramètres de fonctionnement vitesse de rotation du cylindre, vitesse de rotation de la meule de rectification, sens de rotation du cylindre (20) et/ou de la meule de rectification (42), vitesse d'avance axiale, position relative de l'outil de rectification (40) par rapport au cylindre, en particulier avance de l'outil de rectification (40), ou débit volumique d'une émulsion de rectification utilisée, est varié dans des limites prédéfinies.
11. Procédé selon la revendication 10, dans lequel une grandeur de réglage pour l'état vibratoire du dispositif de rectification de cylindre (10) est réglée, et ce par l'intermédiaire d'une ou plusieurs des grandeurs de correction suivantes : la fréquence et/ou l'amplitude d'une variation d'un ou de plusieurs paramètres de fonctionnement et/ou un paramètre de fonctionnement dépendant d'une ou de plusieurs de ces grandeurs de correction.
12. Dispositif de rectification d'un cylindre (20), en particulier d'un cylindre de travail, d'un cylindre intermédiaire ou d'un cylindre d'appui, par exemple pour des laminoirs à froid d'aluminium,
- avec un support de cylindre (30) comprenant deux paliers (32, 34) qui sont configurés pour supporter le cylindre (20) de manière rotative,
 - avec un entraînement (36) qui est configuré pour entraîner en rotation le cylindre (20) avec une vitesse de rotation de cylindre configurable,
 - avec un outil de rectification (40), qui est configuré pour recevoir et entraîner en rotation une meule de rectification (42) avec une vitesse configurable de rotation de la meule de rectification ainsi que pour positionner de la meule de rectification (42) par rapport au cylindre (20),
 - le dispositif de rectification de cylindre (10) comprenant un dispositif de mesure (70) qui est configuré pour mesurer des valeurs de mesure d'une grandeur de mesure se rapportant à la qualité de surface du cylindre (20),
- caractérisé**
- **en ce que** le dispositif de rectification de cylindre (10) comprend un dispositif de commande (80) agencé pour commander le dispositif (10), le dispositif de commande (80) étant agencé pour, pendant la rectification, c'est-à-dire pendant que la surface

du cylindre est rectifiée avec l'outil de rectification, provoquer la mesure d'au moins une valeur de mesure avec le dispositif de mesure (70), l'au moins une valeur de mesure étant mesurée au niveau d'au moins une zone de mesure sur la surface du cylindre, et configurer automatiquement au moins un paramètre de fonctionnement du dispositif de rectification de cylindre (10), en particulier la vitesse de rotation du cylindre, la vitesse de rotation de la meule de rectification, la vitesse d'avance axiale et/ou le positionnement de l'outil de rectification (40) par rapport au cylindre (20), comme fonction de la valeur de mesure et

- **en ce que** le dispositif de rectification de cylindre (10) comporte un dispositif de nettoyage (74) qui est configuré pour nettoyer la zone de mesure (72) détectée par le dispositif de mesure (70) avant d'effectuer la mesure.

13. Dispositif de rectification de cylindre selon la revendication 12, **caractérisé** **en ce que** le dispositif de commande (80) est configuré pour mettre en oeuvre un procédé selon l'une des revendications 1 à 11.
14. Dispositif de rectification de cylindre selon la revendication 12 ou 13, **caractérisé** **en ce que** le dispositif de mesure (70) est configuré pour avoir, pendant la rectification, respectivement une position sensiblement fixe par rapport à l'outil de rectification (40).
15. Dispositif de rectification de cylindre selon l'une des revendications 12 à 14, **caractérisé** **en ce que** le dispositif de rectification de cylindre (10) comporte un dispositif de nettoyage (74) sous la forme d'une raclette, qui est configuré pour nettoyer la zone de mesure (72) détectée par le dispositif de mesure (70) avant d'effectuer la mesure.

45

50

55

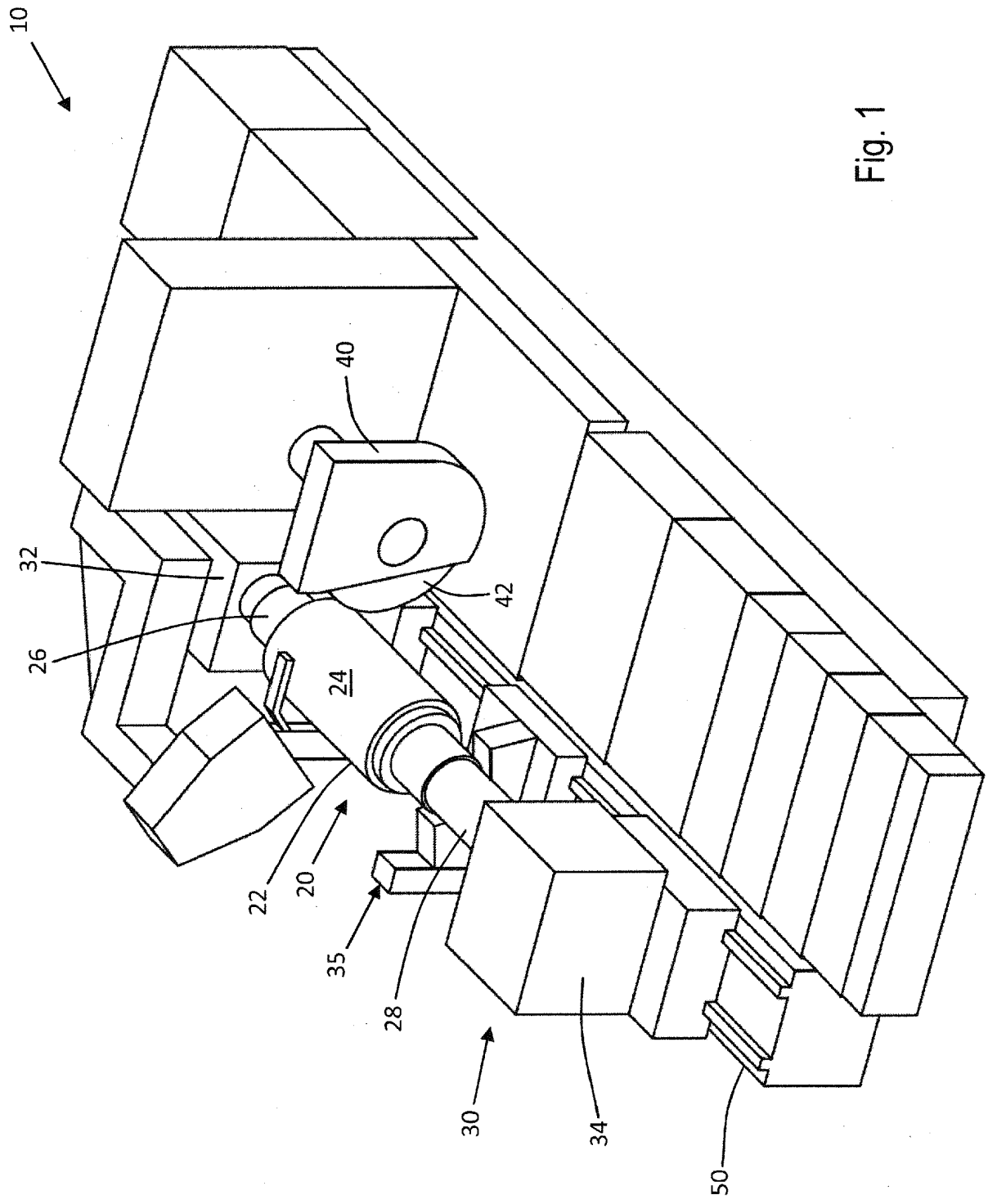


Fig. 1

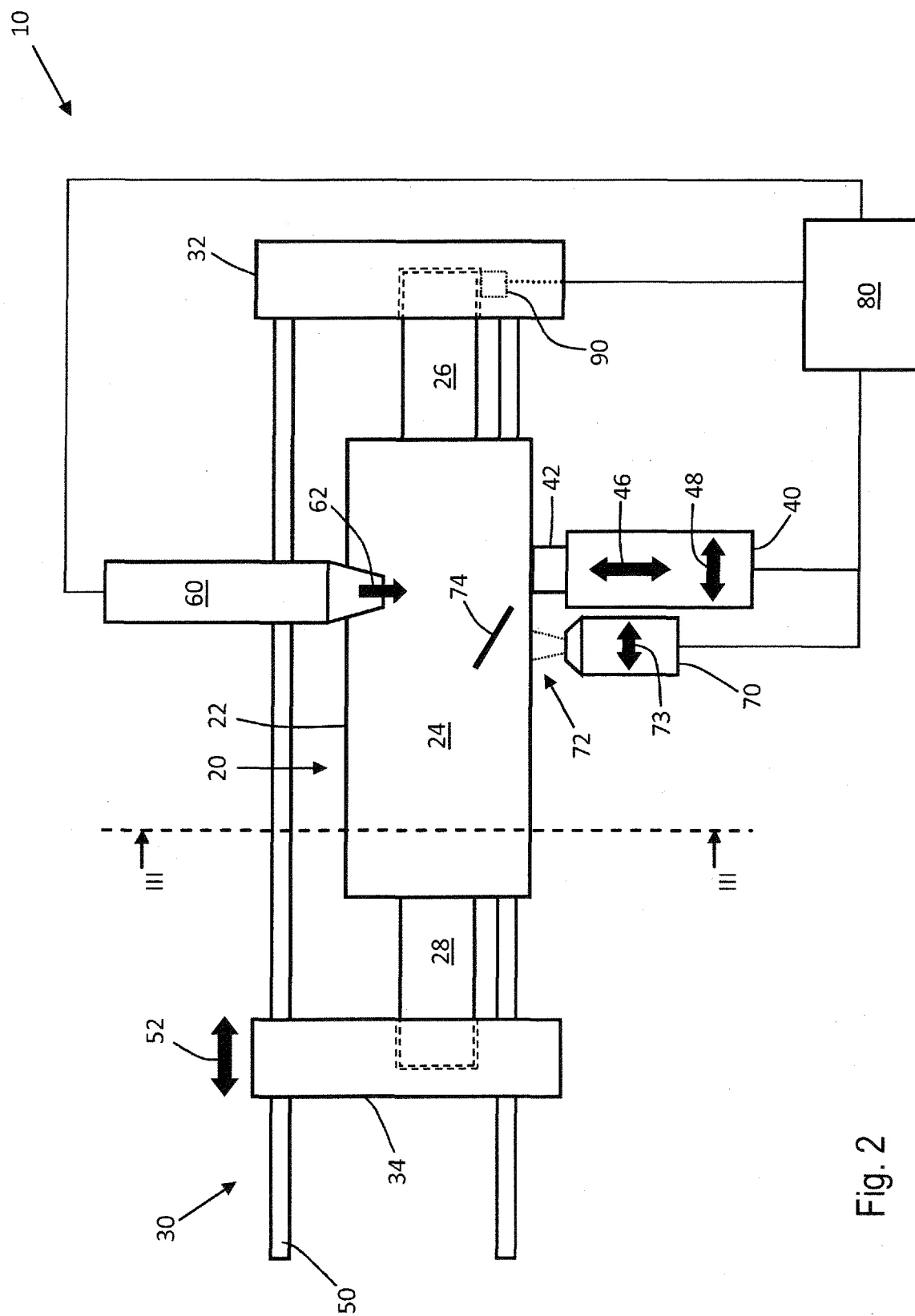


Fig. 2

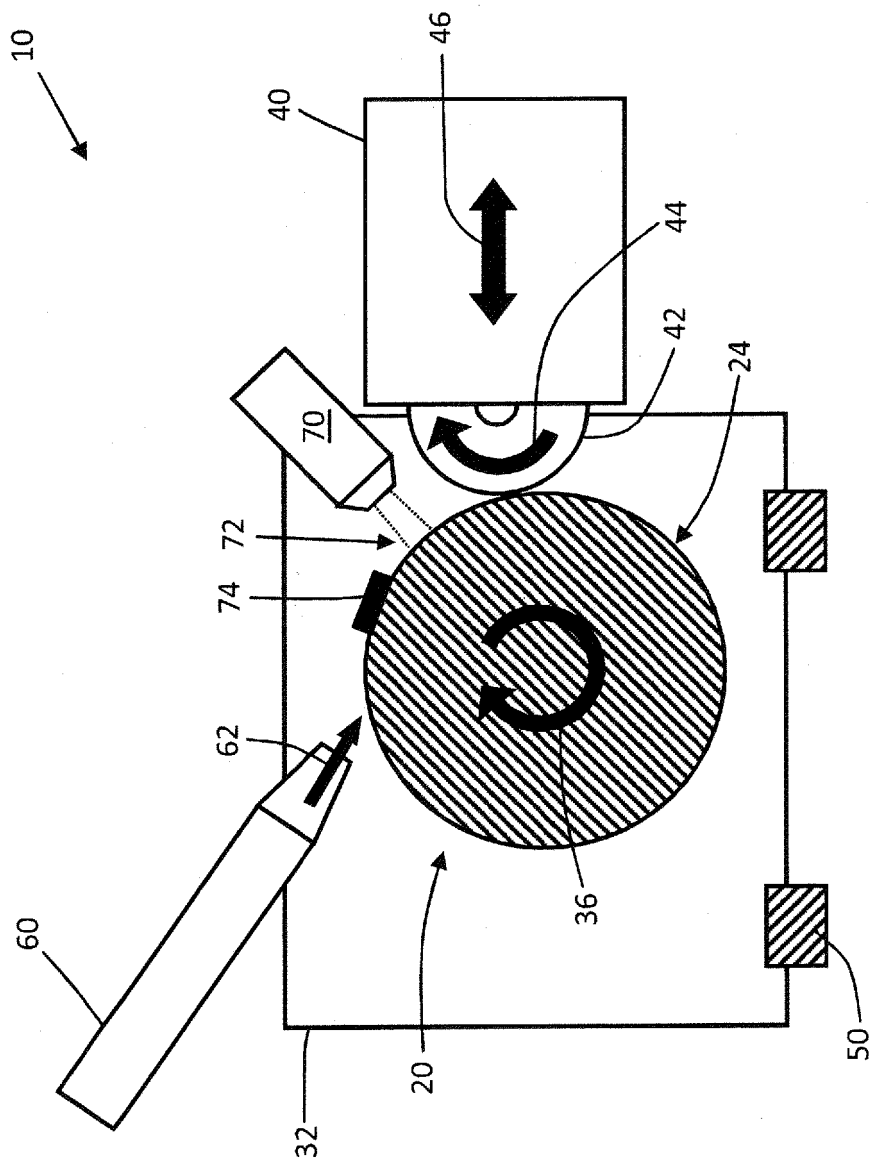
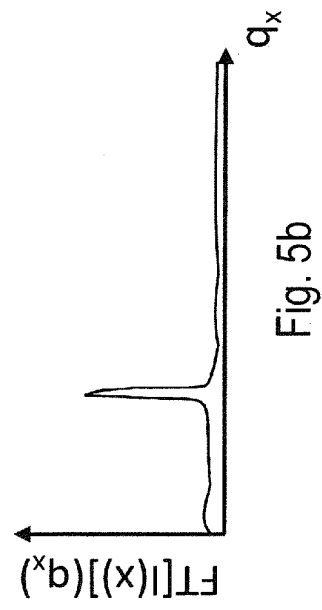
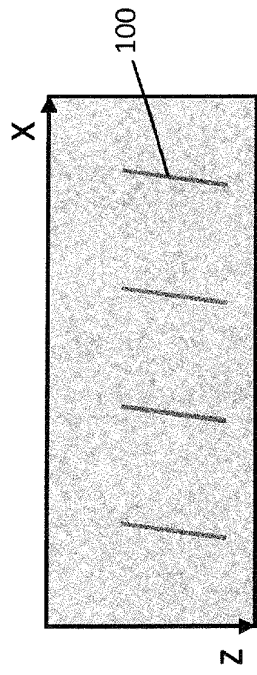
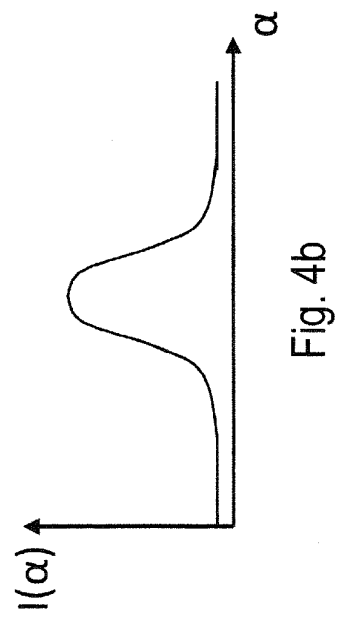
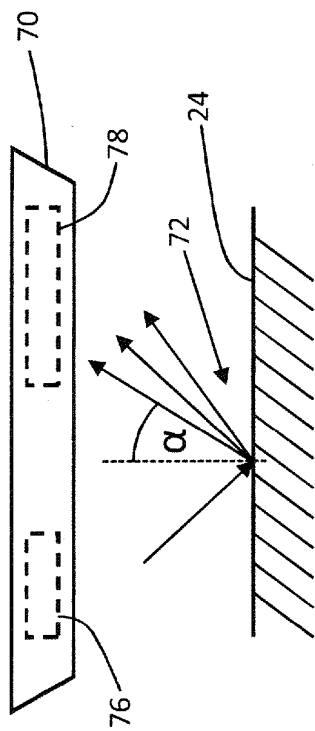


Fig. 3



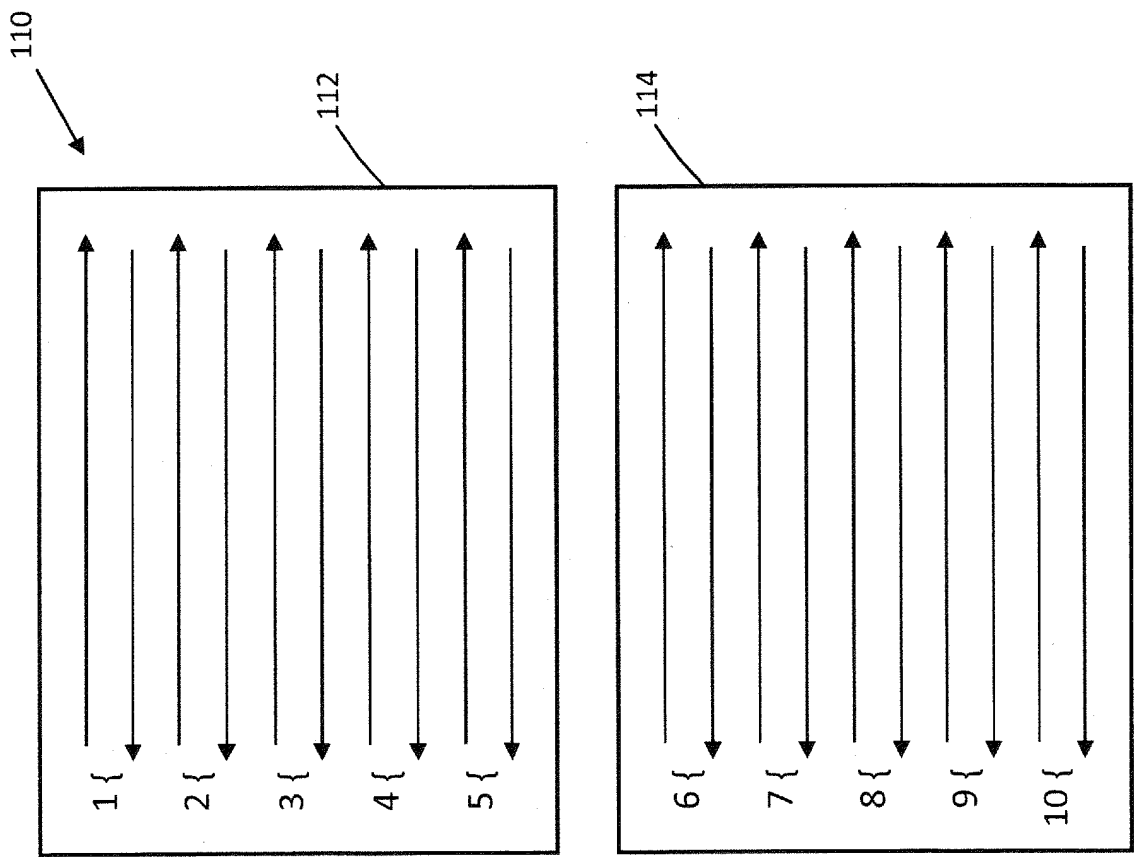


Fig. 6

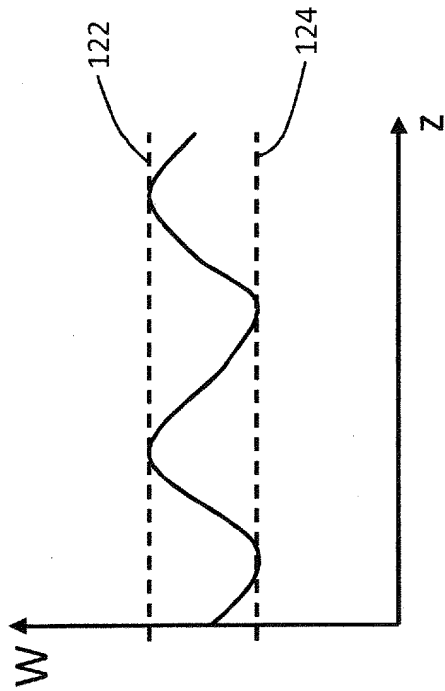


Fig. 7

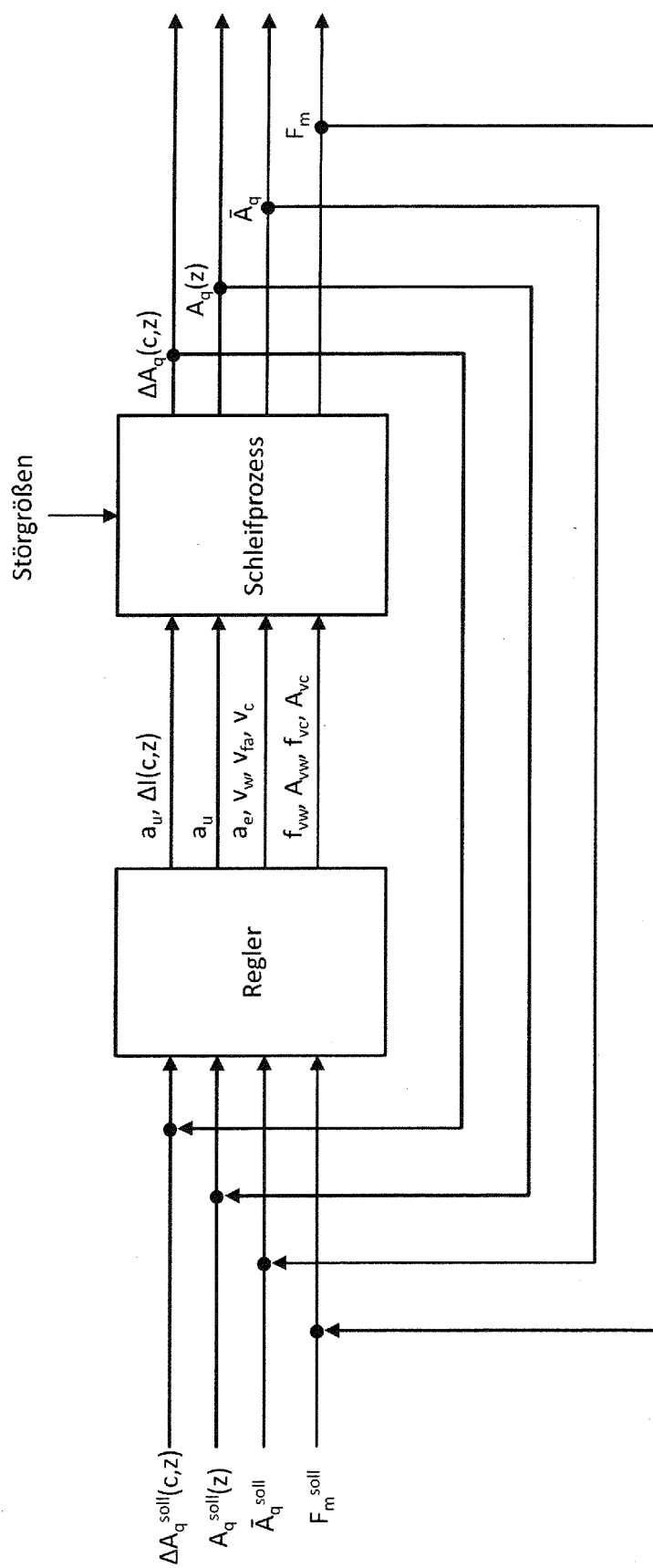


Fig. 8

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

- US 6062948 A [0013]
- WO 9926755 A2 [0013]
- US 5800247 A [0013]
- JP 2006208347 A [0013]

In der Beschreibung aufgeführte Nicht-Patentliteratur

- **R. BRODMANN et al.** QZ Jahrgang, 2008, vol. 53 (7), 46-49 [0047]