

(19)



(11)

EP 4 013 556 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
25.10.2023 Patentblatt 2023/43

(21) Anmeldenummer: **20745088.3**

(22) Anmeldetag: **15.06.2020**

(51) Internationale Patentklassifikation (IPC):
B21B 38/00 ^(2006.01) **B21B 38/04** ^(2006.01)

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):
B21B 38/00; B21B 38/04; B21B 2261/10;
B21B 2275/04; B21B 2275/06

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/DE2020/100493

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2021/032233 (25.02.2021 Gazette 2021/08)

(54) **VERFAHREN ZUR ONLINE-ERMITTLUNG WENIGSTENS EINES WALZPARAMETERS SOWIE WALZWERK MIT EINER EINRICHTUNG ZUR ONLINE-ERMITTLUNG WENIGSTENS EINES WALZPARAMETERS**

METHOD FOR THE ONLINE DETERMINATION OF AT LEAST ONE ROLLING PARAMETER, AND ROLLING MILL WITH A DEVICE FOR THE ONLINE DETERMINATION OF AT LEAST ONE ROLLING PARAMETER

PROCÉDÉ DE DÉTERMINATION EN LIGNE D'AU MOINS UN PARAMÈTRE DE LAMINAGE ET LAMINOIR DOTÉ D'UN DISPOSITIF DE DÉTERMINATION EN LIGNE D'AU MOINS UN PARAMÈTRE DE LAMINAGE

(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

(30) Priorität: **16.08.2019 DE 102019122129**
20.08.2019 DE 102019122381
28.11.2019 DE 102019132389

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
22.06.2022 Patentblatt 2022/25

(73) Patentinhaber: **SMS group GmbH**
40237 Düsseldorf (DE)

(72) Erfinder:
• **DAUBE, Thomas**
41069 Möchengladbach (DE)

- **NERZAK, Thomas**
41069 Möchengladbach (DE)
- **HIMMEL, Jörg**
45479 Mülheim an der Ruhr (DE)
- **JOBST, Annette**
45479 Mülheim an der Ruhr (DE)
- **RADSCHUN, Mario**
45479 Mülheim an der Ruhr (DE)

(74) Vertreter: **Reuther, Martin**
Patentanwalt
Zehnthofstrasse 9
52349 Düren (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
EP-A1- 1 889 670 WO-A1-2017/025910
DE-A1- 10 007 364 DE-T2- 69 604 233

EP 4 013 556 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 zur online-Ermittlung wenigstens eines Walzparameters beim Walzen eines in einem wenigstens zwei Walzen an einem Walzgerüst umfassenden Walzwerk entlang einer Walzlinie gewalzten Walzguts, bei welchem das Walzgut an wenigstens einer Messeinrichtung während des Walzens vorbeigeführt oder durch diese hindurch geführt wird, die mit einer entlang der Längserstreckung des Walzguts veränderlichen Walzgutgröße des Walzguts wechselwirkt und ein Messsignal ausgibt. Auch betrifft die Erfindung ein Walzwerk umfassend wenigstens zwei an einem Walzgerüst angeordnete Walzen zum Walzen von Walzgut entlang einer Walzlinie sowie mit einer Einrichtung zur online-Ermittlung wenigstens eines Walzparameters, wobei die Ermittlungseinrichtung wenigstens eine Messeinrichtung umfasst, die an der Walzlinie angeordnet ist sowie die mit einer entlang der Längserstreckung des Walzguts veränderlichen Walzgutgröße des Walzguts wechselwirken und ein Messsignal ausgeben kann.

[0002] Beim Walzen in einem Walzwerk wird in der Regel ein Walzgut, was beispielsweise ein Blech, eine Bramme, ein Block, ein Hohlblock, eine Luppe, eine Hohlluppe oder ein Stab, ein Draht oder Rohr sein kann, an wenigstens einem Walzgerüst vorbeigeführt bzw. durch dieses hindurchgeführt, welches zumindest zwei Walzen trägt und entsprechend umformend auf das vorbeigeführte Walzgut einwirkt. Hierbei ist es hinlänglich bekannt, dass jeweils derartige Walzgerüste, je nach konkretem Walzwerk, auch mehr als zwei Walzen tragen können, die auch nicht zwingend alle umformend auf das Walzgut wirken bzw. wirken müssen. Vielmehr können ggf. die Walzen auch lediglich treibend oder führend mit dem Walzgut wechselwirken, solange wenigstens zwei Walzen entsprechend umformend auf das Walzgut einwirken. Dementsprechend können insbesondere auch mehrere Walzgerüste vorgesehen sein, wobei ggf. jedes der Walzgerüste an bestimmte Funktionalitäten angepasst ist und entsprechende Walzen tragen kann.

[0003] In der Regel findet das Walzen bei verhältnismäßig widrigen Umgebungsbedingungen statt, da in der Regel das Walzgut erst bei verhältnismäßig hohen Temperaturen ausreichend umformbar ist. Auch finden sich dann in der Umgebung eines derartigen Walzwerks hohe Anteile an Zunder, Staub, Dampf u.ä. Hierdurch stellt es sich als verhältnismäßig große Herausforderung dar, einen Walzprozess online zu überwachen, zumal das Walzgut in der Regel auch mit verhältnismäßig hohen Geschwindigkeiten entlang der Walzlinie an den Walzgerüsten vorbei bzw. durch diese hindurch geführt wird, sodass entsprechende Messergebnisse in verhältnismäßig kurzer Zeit bereitgestellt werden müssen, wenn diese als online ermittelt gelten sollen.

[0004] Beispielsweise aus der DE 10 2015 119 548 A1 ist eine Messeinrichtung bekannt, welche durch Ihre bauliche Struktur und eine Kühlung auch bei verhältnismäßig widrigen Umgebungsbedingungen, wie hohen Temperaturen, Zunder, Dampf und Staub eine Messung einer Walzgutgröße des Walzguts, die sich entlang der Längserstreckung des Walzguts verändert, ermöglicht. Es versteht sich, dass es im Stand der Technik auch noch weitere Ansätze gibt, entlang der Längserstreckung des Walzguts veränderliche Walzgutgrößen zu messen. So offenbart die EP 1 889 670 A1, die die Basis für den Oberbegriff der Ansprüche 1 bzw. 4 bildet, z.B. eine Wanddickenmessung an einer Vielzahl von Punkten um den Querschnitt eines Rohrs, um hieraus Walzparameter zu bestimmen, die dann angepasst werden sollen.

[0005] Insbesondere offenbaren J. Weidemüller, ("Optimization of Encircling Eddy Current Sensors for Online Monitoring of Hot Rolled Round Steel Bars", 2014, ISBN 9783844027945), die SMS group Unternehmenskommunikation (newsletter Das Magazin der SMS group, Ausgabe 02/2016", 2016, Düsseldorf) und M. Radschun, A. Jobst, O. Kanoun, J. Himmel ("Non-contacting Velocity Measurements of Hot Rod and Wire Using Eddy-Current Sensors", 2019 IEEE Workshop 2019, Mülheim a. d. Ruhr) jeweils Impedanzsensoren, mittels derer entlang der Längserstreckung des Walzguts veränderliche Querschnittsflächenänderungen des Walzguts gemessen werden können. Auch offenbart R. Hinkforth (Massivumformung - Bulk forming process, Aachen, Wissenschaftsverlag Mainz, 2003) eine offline Messung der Voreilung des Walzguts, wenn dieses ein Walzkaliber verlässt.

[0006] Es ist Aufgabe vorliegender Erfindung, ein Verfahren zur online-Ermittlung wenigstens eines Walzparameters sowie ein Walzwerk mit einer Einrichtung zur online-Ermittlung wenigstens eines Walzparameters bereitzustellen, welche verhältnismäßig einfach und betriebssicher einen Walzparameter online bereitstellen können.

[0007] Die Aufgabe der Erfindung wird durch Verfahren zur online-Ermittlung wenigstens eines Walzparameters und durch ein Walzwerk mit einer Einrichtung zur online-Ermittlung wenigstens eines Walzparameters mit den Merkmalen der unabhängigen Ansprüche gelöst. Weitere, ggf. auch unabhängig hiervon, vorteilhafte Ausgestaltungen finden sich in den Unteransprüchen sowie der nachfolgenden Beschreibung.

[0008] So kann sich ein Verfahren zur online-Ermittlung wenigstens eines Walzparameters beim Walzen eines in einem wenigstens zwei Walzen an einem Walzgerüst umfassenden Walzwerk entlang einer Walzlinie gewalzten Walzguts, bei welchem das Walzgut an wenigstens einer Messeinrichtung während des Walzens vorbeigeführt oder ggf. auch durch diese hindurch geführt wird, die mit einer entlang der Längserstreckung des Walzguts veränderlichen Walzgutgröße des Walzguts wechselwirkt und ein Messsignal ausgibt, dadurch auszeichnen, dass das Messsignal in einen Frequenzraum überführt und der Walzparameter aus dem in den Frequenzraum überführten Messsignal ermittelt wird, um verhältnismäßig einfach und betriebssicher den Walzparameter online bereitstellen zu können.

[0009] Passiert das Walzgut mit seiner entlang seiner Längserstreckung veränderlichen Walzgutgröße die Messeinrichtung, so folgt hieraus ein Messsignal, wenn die Walzgutgröße sich entsprechend verändert. Die Überführung des

Messsignals in den Frequenzraum ermöglicht dann eine einfache und verhältnismäßig betriebssichere Frequenzanalyse des Messsignals. Anhand dieser Frequenzanalyse bzw. anhand des aus dem in den Frequenzraum überführten Messsignals können dann ggf. Walzparameter ermittelt werden, indem davon ausgegangen wird, dass, obgleich das Walzgut idealerweise entlang seiner Längserstreckung gleichförmig ausgebildet sein sollte, Abweichungen von dieser Gleichförmigkeit bestimmt und zur Ermittlung des Walzparameters genutzt werden können. Dieses gilt insbesondere dann, wenn davon ausgegangen wird, dass die Walzen mit einer bestimmten Regelmäßigkeit, welche durch ihre Rotation bzw. Umdrehung bedingt ist, auf das Walzgut einwirken. Entsprechende Unrundheiten oder sonstige Markierungen u. a. der Walzen bedingen dann entsprechend schwankende. Messsignale, wobei im Frequenzraum eine Zuordnung einzelner Frequenzen zu bestimmten Walzen bzw. zu einem diese Walzen tragenden Walzgerüst vorgenommen werden kann. Eine derartige Zuordnung kann in dem Frequenzraum verhältnismäßig einfach und betriebssicher erfolgen, sodass nach dieser Zuordnung auch der Walzparameter entsprechend verhältnismäßig einfach und betriebssicher online bereitgestellt werden kann.

[0010] Insbesondere hat sich herausgestellt, dass signifikante Frequenzspitzen des in den Frequenzraum überführten Messsignals häufig durch die Einwirkung einer oder mehrerer der Walzen des unmittelbar vor der das Messsignal bereitstellenden Messeinrichtung angeordneten Walzgerüsts bedingt sind. Dieses kann beispielsweise durch Eigene lastizität, kleinere Unrundheiten oder minimale Fehler der Walzen aber auch die Eigenfrequenzen des Walzgerüsts und andere Einflüsse bedingt sein.

[0011] Es versteht sich, dass als Frequenzraum jeder geeignete, mit Frequenzen als Einheiten ausgestattete Raum benutzt werden kann, in welchem das jeweils über die Zeit aufgenommene Messsignal, also das zunächst im Zeitraum aufgenommene Messsignal, ausreichend betriebssicher aber auch ausreichend schnell überführt werden kann. Insbesondere bietet sich hier eine Überführung mittels einer Fourier-Transformation an, wobei es durchaus sinnvoll sein kann, den Frequenzraum endlich zu wählen, da sehr hohe Frequenzen und auch sehr niedrige Frequenzen keine relevanten Aussagen mehr erwarten lassen. Auch Fast-Fourier-Transformationen oder ähnliche Transformationen, welche eine Überführung eines Messsignals aus dem Zeitraum in den Frequenzraum ermöglichen, können diesbezüglich ohne weiteres zur Anwendung kommen.

[0012] Um verhältnismäßig einfach und betriebssicher einen Walzparameter online bereitstellen zu können, kann sich ein Verfahren zur online-Ermittlung wenigstens eines Walzparameters beim Walzen eines in einem wenigstens zwei Walzen an einem Walzgerüst umfassenden Walzwerk entlang einer Walzlinie gewalzten Walzguts, bei welchem das Walzgut an wenigstens einer Messeinrichtung während des Walzens vorbeigeführt oder durch diese hindurch geführt wird, die mit einer entlang der Längsenstreckung des Walzguts veränderlichen Walzgutgröße des Walzguts wechselwirkt und ein Messsignal ausgibt, kumulativ bzw. alternativ dadurch auszeichnen, dass aus dem Messsignal eine der Veränderung der Größe innewohnende Frequenz bestimmt und der Walzparameter anhand der bestimmten Frequenz ermittelt wird.

[0013] Um aus dem Messsignal eine der Veränderung der Größe innewohnende Frequenz zu bestimmen, kann, wie bereits vorstehend erläutert, beispielsweise eine Überführung in den Frequenzraum erfolgen. Schon dieses ist verhältnismäßig einfach und betriebssicher durchzuführen. Andererseits ist es auch denkbar, dass durch geeignete Filter gezielt nach bestimmten Frequenzen gesucht wird, was ggf. noch zu schnelleren Frequenzbestimmungen führen kann. Dementsprechend versteht es sich, dass zur Frequenzbestimmung jedes geeignete, bekannte Verfahren genutzt werden kann, mit dem aus einem Messsignal Frequenzen, welche in diesem Zusammenhang signifikant sind, bestimmt werden können.

[0014] Kumulativ bzw. alternativ hierzu kann verhältnismäßig einfach und betriebssicher ein Walzparameter online bereitgestellt werden, wenn sich ein Walzwerk, welches wenigstens zwei an einem Walzgerüst angeordnete Walzen zum Walzen von Walzgut entlang einer Walzlinie sowie eine Einrichtung zur online-Ermittlung wenigstens eines Walzparameters umfasst, bei welchem die Ermittlungseinrichtung wenigstens eine Messeinrichtung umfasst, die an der Walzlinie angeordnet ist sowie die mit einer entlang der Längserstreckung des Walzguts veränderlichen Walzgutgröße des Walzguts wechselwirken und ein Messsignal ausgeben kann, kumulativ bzw. alternativ dadurch auszeichnet, dass die Ermittlungseinrichtung Mittel zur Frequenzanalyse umfasst.

[0015] Wie bereits vorstehend erläutert, kann durch eine Frequenzanalyse und dementsprechend auch durch Frequenzanalysemittel aus dem Messsignal eine der Veränderung der Walzgutgröße innewohnende Frequenz verhältnismäßig einfach und betriebssicher bestimmt werden. Dieses ermöglicht dann dementsprechend, dass der Walzparameter anhand der bestimmten Frequenz verhältnismäßig einfach und betriebssicher ermittelt werden kann. Die Frequenzbestimmung kann hierbei - wie bereits vorstehend erläutert - insbesondere durch Filter oder andere geeignete Maßnahmen der Frequenzanalysemittel erfolgen. Insbesondere können dementsprechend dann die Frequenzanalysemittel auch eine Überführung des Messsignals in den Frequenzraum vorsehen, um dann den Walzparameter aus dem in den Frequenzraum überführten Messsignal ermitteln zu können.

[0016] Für die Ermittlung des Walzparameters kann ergänzend die Umfangsgeschwindigkeit, die Drehfrequenz und/oder die Abrollgeschwindigkeit wenigstens einer der Walzen genutzt werden. Dieses ermöglicht einen Abgleich bei der Auswertung des Messsignals mit weiteren Walzparametern, die verhältnismäßig präzise zugänglich sind, um auf

diese Weise den zu ermittelnden Walzparameter online ermitteln zu können, der ansonsten möglicherweise nur sehr schwer zugänglich ist. Es versteht sich, dass ggf. auch zu der Umfangsgeschwindigkeit, der Drehfrequenz und/oder der Abrollgeschwindigkeit proportionale Größen dementsprechend zur Ermittlung des zu ermittelnden Walzparameters genutzt werden können. Hier ist es in der Regel letztlich eine Frage der Umrechnungskonstanten, die dann eine Zuordnung der Messsignale zueinander zur Ermittlung des jeweiligen Walzparameters ermöglichen.

[0017] Die Umfangsgeschwindigkeit v_{roll} , einer Walze lässt sich hierbei verhältnismäßig einfach entsprechend der Formel:

$$v_{roll} = f_{roll} \cdot \pi \cdot d_{roll} \quad (1)$$

in den Frequenzraum überführen und durch die Drehfrequenz f_{roll} ausdrücken - und umgekehrt. Hinsichtlich der Abrollgeschwindigkeit einer Walze kann dieses ähnlich erfolgen, wobei diese messlechnisch verhältnismäßig schwer unmittelbar zu erfassen ist. Es versteht sich, dass jedoch auch andere Walzparameter, wie beispielsweise auf die Walzen wirkende Andruckkräfte, in irgendeiner Weise gemessene Walzkaliber und Anstellpositionen der Walzen, entsprechend zur Ermittlung des gesuchten Walzparameters herangezogen werden können.

[0018] Während des Walzens kann, wenn der Walzprozess entsprechend ausgelegt ist, Material des Walzguts entlang dessen Längserstreckung verschoben werden. Dieses hat dann die Folge, dass sich das Walzgut hinter einem Walzgerüst, mit welchem diese Verformung aufgebracht wird, in der Regel mit höheren Walzgutgeschwindigkeiten v_{rod} bewegt als die Umfangsgeschwindigkeit bzw. Abrollgeschwindigkeit der Walzen des entsprechenden Walzgerüsts. Dieser "Voreilung κ_f " genannte Effekt setzt die Umfangsgeschwindigkeit v_{roll} , der entsprechenden Walze bzw. der entsprechenden Walzen zu der Walzgutgeschwindigkeiten v_{rod} des Walzguts hinter dem zugehörigen Walzgerüst in eine Relation

$$\kappa_f = \frac{v_{rod} - v_{roll}}{v_{roll}} \cdot 100 = \left(\frac{v_{rod}}{v_{roll}} - 1 \right) \cdot 100 \quad (2),$$

die unter der Berücksichtigung, dass die Walzgutgeschwindigkeiten v_{rod} des Walzguts dann größer als die Umfangsgeschwindigkeit v_{roll} der entsprechenden Walze ist, sodass die Voreilung κ_f in der Regel dementsprechend dann positiv ist, auch in den Frequenzraum

$$\kappa_f = \left(\frac{f_{rod}}{f_{roll}} - 1 \right) \cdot 100 \cdot (-1) \quad (3),$$

überführt werden kann.

[0019] Hierbei ist ein Faktor -1 zu berücksichtigen, da die Frequenz der Querschnittsflächenänderung des Walzguts, welche der Walzgutgeschwindigkeit v_{rod} des Walzguts zuzuordnen ist, dann kleiner als die Frequenz f_{roll} der Abwicklung der Walze, also der Umfangsgeschwindigkeit v_{roll} ist was ansonsten in diesem Zusammenhang zu einer negativen Voreilung κ_f führen würde. In selteneren Fällen kann die Voreilung κ_f auch negativ sein, was jedoch dann ebenfalls zu dem Faktor (-1) führen würde, um die Verhältnisse in den Gleichungen (2) und (3) korrekt abbilden zu können.

[0020] Durch ein Gleichsetzen der Voreilung κ_f

$$\frac{v_{rod} - v_{roll}}{v_{roll}} = \left(1 - \frac{f_{rod}}{f_{roll}} \right) \quad (4)$$

$$\frac{v_{rod} - v_{roll}}{v_{roll}} = \left(\frac{f_{roll} - f_{rod}}{f_{roll}} \right) \quad (5)$$

$$v_{rod} = \left(\frac{f_{roll} - f_{rod}}{f_{roll}} \right) v_{roll} + v_{roll} \quad (6)$$

$$v_{rod} = (f_{roll} - f_{rod}) \cdot \pi \cdot d_{roll} + f_{roll} \cdot \pi \cdot d_{roll} \quad (7)$$

$$v_{rod} = (2f_{roll} - f_{rod}) \cdot \pi \cdot d_{roll} \quad (8)$$

kann dann die Walzgutgeschwindigkeit v_{rod} des Walzguts hinter einem Walzgerüst anhand der Frequenz f_{roll} die aus dem Messsignal bestimmt wurde, bzw. anhand des in den Frequenzraum überführten Messsignals bestimmt werden.

[0021] Ebenso versteht es sich, dass die Voreilung κ_f als Walzparameter hierdurch unmittelbar online ermittelt werden kann.

[0022] Als weiteren Walzparameter, oder als weiteres Messsignal, was hierfür genutzt werden muss, ist lediglich die Umfangsgeschwindigkeit v_{roll} oder die Drehfrequenz f_{roll} bzw. ggf. die Abrollgeschwindigkeit zu ermitteln, wobei derartige Ermittlungen letztlich hinlänglich aus dem Stand der Technik bereits bekannt sind.

[0023] Dementsprechend können hierdurch sowohl die Voreilung κ_f als auch die Walzgutgeschwindigkeit v_{rod} des Walzguts hinter einem Walzgerüst - und wenn mehrere Walzgerüste zur Anwendung kommen, auch für jedes einzelne Walzgerüst - ermittelt werden. Damit sind aber auch Zugänderungen online detektierbar. Auch ist es denkbar, Reibwert- und/oder Fließeischeidenänderungen online zu bestimmen. Sämtliche dieser Größen stehen bisher nur offline zur Verfügung, und somit - naturgemäß - auch gerade nicht zwischen den einzelnen Walzgerüsten.

[0024] Es versteht sich, dass insbesondere durch Messung einer entlang der Längserstreckung des Walzguts veränderlichen Walzgutgröße, insbesondere wenn diese mit der Periodizität einer oder mehrerer Walzen in das Walzgut eingebracht ist, und der Überführung des entsprechenden Messsignals in den Frequenzraum, eine Frequenzanalyse des entsprechenden Messsignals und/oder Bestimmung einer der Walzgutgröße innewohnenden Frequenz aus dem Messsignal auch weitere neue Aspekte zur online- bzw. in-situ-Diagnose eines Walzprozesses ermöglichen. Insbesondere kann diese Diagnose einfach und betriebssicher sowie, bei entsprechender Ausgestaltung, auch sehr schnell vorgenommen werden, so dass die Ergebnisse auch zur Steuerung bzw. Regelung des Walzprozesses entsprechend online bzw. in-situ genutzt werden können.

[0025] Aus dem Stand der Technik ist es hinlänglich bekannt, wenigstens eine der Walzen in einem Walzwerk über eine Ansteuereinrichtung anzusteuern. Dieses kann beispielsweise eine Walzenanstellung sein, mittels welcher die Walzen zu der Walzlinie hin oder von dieser weg angestellt werden können, um auf diese Weise das Walzkaliber zu beeinflussen. Eine entsprechende Anstellung kann beispielsweise durch das Aufbringen bestimmter Kräfte oder aber auch durch eine entsprechende Positionierung der Walzen erfolgen. Ebenso kann die Ansteuereinrichtung einen Walzantrieb und somit eine Anpassung der Umfangsgeschwindigkeit, der Drehfrequenz bzw. der Abrollgeschwindigkeit ermöglichen. In vorliegendem Zusammenhang umfasst eine Ansteuereinrichtung insbesondere sämtliche Mittel und Einrichtungen eines Walzwerks, mit denen das Verhalten der Walzen in Bezug auf das Walzgut verändert, vorzugsweise gezielt verändert, werden kann.

[0026] Vorzugsweise ist eine Ansteuereinrichtung für wenigstens eine der Walzen mit der Ermittlungseinrichtung wirkverbunden, sodass der ermittelte Walzparameter und/oder die bestimmte Frequenz als Steuerparameter für die Ansteuereinrichtung genutzt werden können. Auch hier versteht es sich, dass ggf. ergänzend die Umfangsgeschwindigkeit, die Drehfrequenz und/oder die Abrollgeschwindigkeit oder eine hierzu proportionale Größe sowie weitere Walzparameter diesbezüglich für die Ansteuerung genutzt werden können.

[0027] Insbesondere ist es von Vorteil, wenn die Ansteuereinrichtung und die Ermittlungseinrichtung in einem Regelkreis miteinander wirkverbunden sind, sodass die Ansteuerung der entsprechenden Walze über einen Regelkreis, welcher die Messungen der Ermittlungseinrichtung und/oder den ermittelten Walzparameter entsprechend für die Regelung nutzt, geregelt erfolgen kann.

[0028] Es versteht sich, dass ggf. auch mehrere bzw. alle Walzen des entsprechenden Walzwerks dementsprechend angesteuert bzw. geregelt werden können.

[0029] Vorzugsweise ist die Messeinrichtung in Bezug auf das Walzwerk zumindest während des Walzens stationär angeordnet. Dieses ermöglicht, dass das Walzgut verhältnismäßig schnell an der Messeinrichtung vorbeigeführt oder hindurch geführt wird bzw. werden kann und dennoch verhältnismäßig akkurate Messwerte aufgenommen werden können. Darüber hinaus liegen hierdurch vorhersehbar zuverlässige Messergebnisse vor, welche dann auch entsprechend einfach und betriebssicher den jeweiligen Walzparameter online bereitstellen lassen.

[0030] Auch ist es kumulativ bzw. alternativ hierzu von Vorteil, wenn die Messeinrichtung senkrecht zur Walzlinie über den Umfang des Walzguts integrierend und/oder mittelt misst. Auch dieses ermöglicht eine verhältnismäßig schnelle und betriebssichere Messung, auch wenn hierdurch auf eine Ortsauflösung, die um den Umfang des Walzguts sonst möglich wäre, verzichtet wird.

[0031] Insbesondere die vorstehend erläuterte Frequenzanalyse, die Überführung des Messsignals in den Frequenzraum bzw. die Frequenzbestimmung aus dem Messsignal lassen es dennoch für möglich erscheinen, aus derartigen integrierenden bzw. mittelnden Messungen den Einfluss einer der beiden Walzen oder auch aller Walzen eines Walzgerüsts - und bei tieferer Analyse möglicherweise sogar den Einfluss von Walzen, welche an weiter vorhergehenden Walzgerüsten oder sogar an vorgelagerten Walzwerken vorgesellen sind, oder von sonstigen auf das Walzgut einwirkenden Einrichtungen - zu ermitteln, um dementsprechend den zu ermittelnden Walzparameter ermitteln oder auch nur

genauer ermitteln zu können.

[0032] Die Messeinrichtung kann insbesondere einen Wirbelstromsensor und/oder eine Impedanzmessung umfassen, da sich derartige Messverfahren insbesondere für widrige Umgebungen eignen, wie sie regelmäßig bei Walzwerken zu finden sind. Es versteht sich, dass hier ggf. auch andere Messeinrichtungen alternativ oder auch kumulativ zur Anwendung kommen können, was dementsprechend letztlich durch den zu ermittelnden Walzparameter bestimmt sein kann, welcher letztlich die Walzgutgröße festlegt, die für eine Ermittlung dieses Walzparameters zu messen sind.

[0033] Insbesondere eine Impedanzmessung hat sich als vorteilhaft erwiesen, da eine derartige Messung in Form einer das Walzgut in einer Ebene senkrecht zur Längserstreckung des Walzguts umschließende Spule umgesetzt werden kann, was unmittelbar zu einem über den Umfang des Walzguts integrierenden und/oder mittelnden Messergebnis führt. Darüber hinaus lässt sich eine derartige Impedanzmessung auch in großer Nähe zu den Walzen bzw. zwischen Walzgerüsten durchführen, obgleich dort sehr widrige Bedingungen, wie hohe Temperaturen, viel Zunder, viel Staub bzw. viel Dampf, und räumlich sehr eng begrenzte Verhältnisse vorliegen.

[0034] Vorzugsweise sind entlang der Walzlinie wenigstens zwei Messeinrichtungen angeordnet, was dementsprechend ein genaueres Messergebnis ermöglichen kann. Insbesondere ist es denkbar, dass eine der Messeinrichtungen vor und eine der Messeinrichtungen hinter dem jeweiligen Walzgerüst angeordnet sein kann, sodass die entlang der Längserstreckung des Walzguts veränderliche Walzgutgröße vor einem entsprechenden Walzgerüst und nach diesem Walzgerüst gemessen werden kann. Dieses ermöglicht dann einen entsprechenden Vergleich, sodass ggf. eine noch genauere Ermittlung des entsprechenden Walzparameters möglich wird.

[0035] Es versteht sich, dass - je nach konkreten Erfordernissen - jeweils entsprechende Messeinrichtungen zwischen Walzgerüsten vorgesehen sein können, wenn die Walzlinie mehrere Walzgerüste aufweist. Ebenso ist es denkbar, dass lediglich eine Messeinrichtung am Ende der entsprechenden Walzlinie vorgesehen sein kann, wenn dieses ausreichend erscheint.

[0036] Je nach konkreten Erfordernissen können die vorstehend erläuterten Maßnahmen bzw. insbesondere die vorliegend erläuterte Frequenzanalyse, die vorliegend erläuterte Überführung des Messsignals in den Frequenzraum bzw. die vorliegend erläuterte Frequenzbestimmung aus dem Messsignal mit weiteren Ermittlungsergebnissen, wie beispielsweise mit den von M. Radschun, A. Jobst, O. Kanoon, J. Himmel ("Non-contacting Velocity Measurements of Hot Rod and Wire Using Eddy-Current Sensors", 2019 IEEE Workshop 2019, Mülheim a. d. Ruhr) erläuterten Korrelationen von Messergebnissen im Zeitraum, oder mit anderen Messergebnissen oder hieraus ermittelten Walzparametern verknüpft werden, um weitere Aussagen über den Walzvorgang bzw. um weitere Walzparameter ermitteln zu können. Hierbei ist es denkbar, dass diese weiteren Ermittlungsergebnisse bzw. Walzparameter nicht im Frequenzraum gewonnen und erst danach in den Frequenzraum überführt werden. Ebenso ist es denkbar, dass vor einer Weiterverarbeitung des oder der durch die vorliegend erläuterte Frequenzanalyse, die vorliegend erläuterte Überführung des Messsignals in den Frequenzraum bzw. die vorliegend erläuterte Frequenzbestimmung aus dem Messsignal ermittelten Walzparameter diese wieder aus dem Frequenzraum in den Zeitraum überführt und erst dort dann weiterverarbeitet werden.

[0037] Insbesondere ist es auch denkbar, dass bei der Verwendung mehrerer Messeinrichtungen, beispielsweise zwischen den Walzgerüsten oder vor und nach einem Walzgerüst, die jeweiligen Messsignale im Frequenzraum bzw. nach einer Frequenzanalyse korreliert werden können. Ebenso ist es denkbar, derartige Messsignale nach der vorstehend erläuterten Frequenzbestimmung bzw. hinsichtlich ihrer entsprechend bestimmten Frequenz zu korrelieren. Auch derartige Korrelationen können weitere Informationen über den Walzvorgang liefern, also einer Ermittlung eines oder mehrerer weiterer Walzparameter dienen.

[0038] Vorliegend ist es von Vorteil, wenn das Walzgut ein Stab, ein Draht oder ein Rohr ist. Bei einer derartigen Wahl des Walzguts können über den Umfang des Walzguts integrierend und/oder mittelnde Messungen auf baulich verhältnismäßig einfache Weise umgesetzt werden. Die genaue Querschnittsform des Stabs, Drahts oder Rohrs erscheint hier nicht zwingend wesentlich, wenn beispielsweise eine Impedanzmessung oder ähnlich integrierende bzw. mittelnde Messungen durchgeführt werden sollen. Darüber hinaus unterliegen Stäbe oder Rohre in der Regel häufig Walzprozessen, sodass die vorliegende Erfindung hier vielfach einsetzbar erscheint. Insbesondere können stattdessen ggf. auch größeres Walzgut bzw. größere Halbzeuge, wie beispielsweise Brammen, Blöcke, Hohlblöcke, Luppen, Hohluppen dementsprechend gewalzt und auch dementsprechend hinsichtlich ihrer Walzgutgrößen vermessen werden.

[0039] Andererseits versteht es sich, dass als Walzgut durchaus auch Flachgut, wie Bleche oder Bänder genutzt werden können, insoweit hier eine geeignete Wahl der zugehörigen Messeinrichtung erfolgt.

[0040] Vorzugsweise ist das Walzgut metallisch, da besonderes bei metallischem Walzgut entsprechende Walzprozesse unter äußerst widrigen Umgebungsbedingungen stattfinden, sodass hier auch entsprechend schwierige Walzparameter, die insbesondere für eine Ansteuerung von Walzen oder sonst wie in einen Regelkreis genutzt werden können, ermittelt werden können. Gerade metallisches Walzgut ermöglicht jedoch eine Impedanz- oder Wirbelstrommessung, beispielsweise durch eine das auf der Walzlinie befindliche Walzgut umgebende Spule.

[0041] In vorliegendem Zusammenhang ist bei der Frequenzanalyse, insbesondere in dem Frequenzraum, und/oder bei der Bestimmung der Frequenz zu beachten, dass die gemessene Walzgutgröße vorzugsweise mit einer der Umdrehung der Walzen entsprechenden Frequenz in das Walzgut eingebracht wird, was, im Vergleich zu Walzgutgrößen,

die beispielsweise durch eine Eigenrotation des Werkstücks in das Werkstück eingebracht werden, zu erheblich höheren Frequenzen der entsprechenden Walzgutgrößen führt, wobei ggf. diese auch durch die hier erläuterten Einrichtungen bzw. Verfahren ermittelt werden können, wobei es dann jedoch nicht um die Bestimmung der Eigenrotationsfrequenz geht, die naturgemäß kein über die Längserstreckung des Walzguts veränderliche Walzgutgröße darstellen kann.

[0042] Wie bereits vorstehend angedeutet, kann als entlang der Längserstreckung des Walzguts veränderliche Walzgutgröße des Walzguts jede entsprechende Walzgutgröße des Walzguts zur Anwendung kommen, solange diese durch den Walzvorgang, insbesondere durch die Walzen, in ausreichendem Maße beeinflusst wird. Insbesondere kommen als entlang der Längserstreckung des Walzguts veränderliche Walzgutgrößen in Frage, welche unmittelbar durch den Abwälzvorgang der zugehörigen Walzen auf dem Walzgut bedingte, periodische Änderungen des Walzguts herbeiführen bzw. welche durch das Abrollen wenigstens einer der Walzen auf dem Walzgut in das Walzgut eingebracht werden. Derartige periodische Änderungen können beispielsweise durch Fehler in den Walzen, durch Unrundheiten oder durch Eigenfrequenzen oder Eigenspannungen der jeweiligen Walze oder des zugehörigen Walzgerüsts bedingt sein.

[0043] Es versteht sich, dass die Merkmale der vorstehend bzw. in den Ansprüchen beschriebenen Lösungen gegebenenfalls auch kombiniert werden können, um die Vorteile entsprechend kumuliert umsetzen zu können.

[0044] Weitere Vorteile, Ziele und Eigenschaften vorliegender Erfindung werden anhand nachfolgender Beschreibung von Ausführungsbeispielen erläutert, die insbesondere auch in anliegender Zeichnung dargestellt sind. In der Zeichnung zeigen:

Figur 1 ein erstes Walzwerk in schematischer Seitenansicht;

Figur 2 ein zweites Walzwerk in schematischer Seitenansicht;

Figur 3 ein drittes Walzwerk in schematischer Seitenansicht; und

Figur 4 beispielhaft das Frequenzspektrum eines stabförmigen Walzguts, welches mit einer Messeinrichtung der Walzwerke nach Figuren 1 bis 3 aufgenommen werden kann.

[0045] Die in den Figuren 1 bis 3 dargestellten Walzwerke 10 weisen jeweils Walzgerüste 11 auf, welche Walzen 12 tragen und entlang einer Walzlinie 13 ein Walzgut 20 in Walzrichtung 14 walzen können.

[0046] Hierbei weist das Walzwerk 10 nach Figur 1 lediglich ein derartiges Walzgerüst 11 auf, während die Walzwerke 10 nach Figuren 2 und 3 jeweils fünf derartiger Walzgerüste 11 aufweisen. In abweichenden Ausführungsformen können hier andere Zahlen an Walzgerüsten 11 vorgesehen sein, wobei die Abstände der Walzgerüste 11 sowie die Zahl der Walzen 12, welche die jeweiligen Walzgerüste 11 tragen, und deren Anordnung um die Walzlinie 13 je nach konkreten Walzwerk 10 auch unterschiedlich gewählt sein können.

[0047] Das Walzwerk 10 der vorliegenden Ausführungsbeispiele umfasst jeweils einen Stand 16, an dem die Walzgerüste 11 gehalten sind. Es versteht sich, dass je nach konkretem Walzwerk 10 der Stand 16 als Gebäudeteil, als Walzgerüstträger, als Gestell oder ähnliches ausgebildet sein kann.

[0048] Je Walzgerüst 11 weisen die Walzwerke 10 eine Anstenerereinrichtung 15 auf, mittels welcher die Walzen 12 angesteuert werden können. Bei vorliegendem Ausführungsbeispiel umfassen die Anstenerereinrichtungen 15 jeweils Anstellmittel, über welche die Walzen 12 senkrecht zu der Walzlinie 13 angestellt werden können, um diese an ein bestimmtes Walzkaliber bzw. an ein bestimmtes Walzgut 20 anzupassen. Darüber hinaus umfassen die Anstenerereinrichtungen 15 auch einen Antrieb für die Walzen 12, sodass diese das Walzgut 20 durch das Walzwerk 10 entlang der Walzlinie 13 in Walzrichtung 14 treiben können.

[0049] Es versteht sich, dass je nach konkreter Ausgestaltung das entsprechende Walzwerk 10 auch anders wirksame Anstenerereinrichtungen 15, beispielsweise für lediglich einige der Walzen 12, Bremsen, Kühlungen, Heizungen oder ähnliches aufweisen kann, die dementsprechend den Walzvorgang beeinflussen können. Insbesondere müssen nicht sämtliche der Walzen 12 abgetrieben sein, vielmehr ist es denkbar, dass die Walzen 12 gegebenenfalls auch lediglich mitlaufen.

[0050] Die Walzwerke 10 sind jeweils für Walzgut 20 ausgelegt, welches sich in einer Längserstreckung 21 erstreckt, welche im Wesentlichen parallel zur Walzlinie 13 ausgerichtet ist. Zwar wird im konkreten Walzprozess versucht werden, die Längserstreckung 21 des Walzguts 20 möglichst auf der Walzlinie 13 auszurichten. Kleinere Abweichungen sind hier jedoch aufgrund unvermeidbarer Toleranzen und ggf. aufgrund des Querschnitts des Walzguts 20 nicht auszuschließen.

[0051] An sich können die Walzwerke 10 ohne weiteres für blechartiges oder bandförmiges Walzgut 20 benutzt werden. Vorliegend sind die Walzwerke 10 jedoch für insbesondere stab-, draht- oder rohrförmiges Walzgut 20 ausgelegt.

[0052] Die Walzwerke 10 weisen jeweils Ermittlungseinrichtungen 30 zur online-Ermittlung wenigstens eines Walzparameters auf.

[0053] Hierbei umfasst die Ermittlungseinrichtung 30 jeweils zumindest eine Messeinrichtung 31, die jeweils hinter einem Walzgerüst 11 vorgesehen ist. Bei dem in Figur 3 dargestellten Walzwerk 10 ist - beispielhaft - auch eine Messeinrichtung 31 vor dem in Walzrichtung 14 ersten Walzgerüst 11 vorgesehen.

[0054] Die Messeinrichtungen 31 sind dafür ausgelegt, mit einer entlang der Längserstreckung 21 des Walzguts 20

veränderlichen Walzgutgröße des Walzguts 20 wechselzuwirken und ein entsprechendes Messsignal 40 auszugeben.

[0055] Bei vorliegendem Ausführungsbeispiel erfolgt durch die Messeinrichtungen 31 eine Impedanzmessung durch eine senkrecht zur Walzlinie 13 ausgerichtete Spule, welche die Walzlinie 13 - und mithin auch das Walzgut 20, wenn dieses entlang der Walzlinie 13 läuft - umgibt. Hierdurch kann eine Impedanzmessung vorgenommen werden, welche letztlich unmittelbar ein Maß für die jeweilige Querschnittsfläche des Walzguts 20 darstellt, sodass bei diesem Ausführungsbeispiel die Querschnittsflächenänderung des Walzguts 20 bei seinem Vorbeilauf an den jeweiligen Messeinrichtungen 31 bzw. bei seinem Durchlauf durch die jeweiligen Messeinrichtungen 31 den zu ermittelnden Walzparameter darstellt. In dieser Querschnittsflächenänderung sind die Einflüsse von Walzen 12 oder auch von anderen Werkzeugen, die auf das Walzgut 20 einwirken bzw. eingewirkt haben über die Längserstreckung 21 des Walzguts 20 veränderlich zu finden.

[0056] Es versteht sich, dass bei alternativem Walzgut 20 ggf. auch andere Walzgutgrößen relevant sein bzw. anders ausgebildete Messeinrichtungen 31 zur Anwendung kommen können.

[0057] Über Frequenzanalysemittel 32 der Ermittlungseinrichtung 30, beispielsweise indem das entsprechende Messsignal 40, wie in Figur 4 exemplarisch dargestellt, in einen Frequenzraum überführt wird, kann eine der Veränderung der Walzgutgröße, also der Querschnittsfläche, innewohnende bestimmte Frequenz 41 bestimmt werden. Diese in Figur 4 deutlich hervortretende Frequenz kann dann zur Bestimmung des Walzparameters Walzgutgeschwindigkeit v_{rod} des Walzguts 20 entsprechend der Gleichung (8) oder auch des Walzparameters Voreilung κ_r entsprechend der Gleichung (3) genutzt werden - und zwar für jedes einzelne Walzgerüst 11, insoweit auch die Umfangsgeschwindigkeit v_{roll} der entsprechenden Walzen 12, die der jeweiligen Messeinrichtung 31 vorgelagert sind, oder deren Drehfrequenz f_{roll} unter Berücksichtigung der Gleichung (1) entsprechend gemessen wird. Gegebenenfalls können auch Zugänderungen bzw. Reibwert- und Fließscheideänderungen dementsprechend online bestimmt werden.

[0058] Es versteht sich, dass in abweichenden Ausführungsformen noch eine genauere Analyse des Messsignals 40 vorgenommen werden kann, um noch weitere oder alternative Walzparameter ermitteln zu können. Gegebenenfalls können hierzu weitere Messeinrichtungen oder auch andere Messeinrichtungen vorgesehen sein.

[0059] Auch ist es denkbar, dass die Messsignale 40 der Messeinrichtungen 31 für weitere Zwecke genutzt werden, wozu bei dem Ausführungsbeispiel bei Figur 2 ein Bus 34 vorgesehen ist, welcher einzelne Recheneinheiten 33, in welchen jeweils die Frequenzanalysemittel 32 der einzelnen Walzgerüste 11 sowie eine Ausgabeeinheit an die Ansteuereinrichtung 15 umgesetzt ist, verbindet. Hierdurch können insbesondere die Messsignale 40 einer Messeinrichtung 31 bzw. die von einer Recheneinheit 33 ermittelten Walzparameter auch anderen Recheneinheiten 33 zur Verfügung gestellt werden.

[0060] Bei dem in Figur 3 dargestellten Ausführungsbeispiel dient eine zentrale Recheneinheit 33 der Ausgabe von Signalen an die Ansteuereinrichtung 15, während ein zentrales Frequenzanalysemittel 32, welches von der Recheneinheit 33 getrennt ausgebildet ist, sämtliche Messsignale der Messeinrichtungen 31 entsprechend analysiert.

[0061] Es versteht sich, dass in abweichenden Ausführungsformen hier abweichende und nahezu beliebige Kombinationen von Bus 34, Recheneinheiten 33 und Frequenzanalysemittel 32 vorgesehen sein können, da es letztlich lediglich darauf ankommt, dass entsprechende Frequenzanalyse mittel 32 und Recheneinheiten 33 für die jeweiligen Messeinrichtungen 31 zur Verfügung stehen müssen.

[0062] Es versteht sich, dass - je nach konkreter Ausgestaltung der jeweiligen Recheneinheit 33 - diese ohne weiteres Frequenzanalysemittel 32 umfassen kann. Ebenso ist es denkbar, dass eine separate Recheneinheit die Frequenzanalysemittel 32 beinhaltet. Auch ist es denkbar, dass die Signalweiterleitung der jeweiligen Recheneinheit 33 an die Ansteuereinrichtung 15 oder die Ansteuereinrichtungen 15 durch eine separate Recheneinheit 33 oder durch eine mehrfach oder ergänzend noch anderweitig genutzte Recheneinheit 33 erfolgen kann.

Bezugszeichenliste:

[0063]

- 10 Walzwerk
- 11 Walzgerüst
- 12 Walze
- 13 Walzlinie
- 14 Walzrichtung
- 15 Ansteuereinrichtung
- 16 Stand des Walzwerks 10
- 20 Walzgut
- 21 Längserstreckung des Walzguts 20
- 30 Ermittlungseinrichtung

- 31 Messeinrichtung
- 32 Frequenzanalysemittel
- 33 Recheneinheit
- 34 Bus

5

- 40 Messsignal
- 41 bestimmte Frequenz

10 Patentansprüche

1. Verfahren zur online-Ermittlung wenigstens eines Walzparameters beim Walzen eines in einem wenigstens zwei Walzen (12) an einem Walzgerüst (11) umfassenden Walzwerk (10) entlang einer Walzlinie (13) gewalzten Walzguts (20), bei welchem das Walzgut (20) ein Stab oder ein Rohr ist und bei welchem das Walzgut (20) an wenigstens einer Messeinrichtung (31) während des Walzens vorbeigeführt oder durch diese hindurch geführt wird, die mit einer entlang der Längserstreckung (21) des Walzguts (20) veränderlichen Walzgutgröße des Walzguts (20) wechselwirkt und ein Messsignal (40) ausgibt, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Messeinrichtung (31) senkrecht zur Walzlinie (13) über den Umfang des Walzguts (20) integrierend und/oder mittelnd misst und
 - (i) **dass** das Messsignal (40) in einen Frequenzraum überführt und der Walzparameter aus dem in den Frequenzraum überführten Messsignal (40) ermittelt wird und/oder
 - (ii) **dass** aus dem Messsignal (40) eine der Veränderung der Walzgutgröße innewohnende Frequenz (41) bestimmt und der Walzparameter anhand der bestimmten Frequenz (41) ermittelt wird.
2. Ermittlungsverfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** für die Ermittlung des Walzparameters ergänzend die Umfangsgeschwindigkeit, die Drehfrequenz und/oder die Abrollgeschwindigkeit wenigstens einer der Walzen oder eine hierzu proportionale Größe genutzt wird.
3. Ermittlungsverfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** wenigstens eine der Walzen (12) des Walzgerüsts (11) in Abhängigkeit von der bestimmten Frequenz (41) und/oder dem ermittelten Walzparameter sowie ggf. von der Umfangsgeschwindigkeit, der Drehfrequenz und/oder der Abrollgeschwindigkeit wenigstens einer der Walzen (12) oder von einer hierzu proportionale Größe angesteuert wird.
4. Walzwerk (10) umfassend wenigstens zwei an einem Walzgerüst (11) angeordnete Walzen (12) zum Walzen von Walzgut (20) entlang einer Walzlinie (13) sowie eine Einrichtung (30) zur online-Ermittlung wenigstens eines Walzparameters, wobei das Walzgut (20) ein Stab oder ein Rohr ist und wobei die Ermittlungseinrichtung (30) wenigstens eine Messeinrichtung (31) umfasst, die an der Walzlinie (13) angeordnet ist sowie die mit einer entlang der Längserstreckung (21) des Walzguts veränderlichen Walzgutgröße des Walzguts (20) wechselwirken und ein Messsignal (40) ausgeben kann, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Messeinrichtung (31) senkrecht zur Walzlinie (13) über den Umfang des Walzguts (20) integrierend und/oder mittelnd misst und die Ermittlungseinrichtung (30) Mittel (32) zur Frequenzanalyse umfasst, wobei
 - (i) die Frequenzanalysemittel (32) eine Überführung des Messsignal (40) in einen Frequenzraum vorsehen und der Walzparameter aus dem in den Frequenzraum überführten Messsignal (40) ermittelt wird und/oder
 - (ii) durch die Frequenzanalysemittel (32) aus dem Messsignal (40) eine der Veränderung der Walzgutgröße innewohnende Frequenz (41) bestimmt und der Walzparameter anhand der bestimmten Frequenz (41) ermittelt wird.
5. Walzwerk (10) nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine Ansteuereinrichtung (15) für wenigstens eine der Walzen (12) mit der Ermittlungseinrichtung (30) wirkverbunden ist.
6. Walzwerk (10) nach Anspruch (i), **dadurch gekennzeichnet, dass** die Ansteuereinrichtung (15) und die Ermittlungseinrichtung (30) in einem Regelkreis miteinander wirkverbunden sind.
7. Ermittlungsverfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3 oder Walzwerk (10) nach einem der Ansprüche 4 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Messeinrichtung (31) in Bezug auf das Walzwerk (10) zumindest während des Walzens stationär angeordnet ist.

8. Ermittlungsverfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3 oder 7 oder Walzwerk (10) nach einem der Ansprüche 4 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Messeinrichtung (31) einen Wirbelstromsensor und/oder eine Impedanzmessung umfasst.
9. Ermittlungsverfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, 7 oder 8 oder Walzwerk (10) nach einem der Ansprüche 4 bis 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** entlang der Walzlinie (13) wenigstens zwei Messeinrichtungen (13), vorzugsweise eine vor und eine hinter dem Walzgerüst (11), angeordnet sind.
10. Ermittlungsverfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3 oder 7 bis 9 oder Walzwerk (10) nach einem der Ansprüche 4 bis 9, wobei das Walzgut (20) metallisch ist.

Claims

1. A method for determining at least one rolling parameter online during the rolling of a rolling stock (20) rolled along a rolling line (13) in a rolling mill (10) comprising at least two rolls (12) on a roll stand (11), wherein the rolling stock (20) is a bar or a tube and wherein the rolling stock (20) is guided during rolling past or through at least one measurement device (31), which interacts with a rolling stock quantity of the rolling stock (20) that is variable along the longitudinal extension (21) of the rolling stock (20) and which outputs a measurement signal (40), **characterized in that** the measurement device (31) measures by integration and/or by averaging over the periphery of the rolling stock (20) perpendicularly to the rolling line (13) and
 - (i) **in that** the measurement signal (40) is converted into a frequency space and the rolling parameter is determined from the measurement signal (40) converted into the frequency space and/or
 - (ii) **in that** a frequency (41) inherent in the change of the rolling stock quantity is derived from the measurement signal (40) and the rolling parameter is determined based on the derived frequency (41) .
2. The method of determination according to claim 1, **characterized in that** the circumferential speed, the rotational frequency and/or the conveyance speed of at least one of the rolls or a quantity proportional to the same is additionally used to determine the rolling parameter.
3. The method of determination according to claim 1 or 2, **characterized in that** at least one of the rolls (12) of the roll stand (11) is controlled as a function of the derived frequency (41) and/or the determined rolling parameter as well as, where appropriate, the circumferential speed, the rotational frequency and/or the conveyance speed of at least one of the rolls (12) or a quantity proportional to the same.
4. A rolling mill (10) comprising at least two rolls (12) arranged on a roll stand (11) for rolling rolling stock (20) along a rolling line (13) as well as a device (30) for determining at least one rolling parameter online, wherein the rolling stock (20) is a bar or a tube and wherein the determination device (30) comprises at least one measurement device (31) arranged on the rolling line (13), which measurement device (31) can interact with a rolling stock quantity of the rolling stock (20) that is variable along the longitudinal extension (21) of the rolling stock and which can output a measurement signal (40), **characterized in that** the measurement device (31) measures by integration and/or by averaging over the periphery of the rolling stock (20) perpendicularly to the rolling line (13) and the determination device (30) comprises means (32) for frequency analysis, wherein
 - (i) the frequency analysis means (32) carry out a conversion of the measurement signal (40) into a frequency space and the rolling parameter is determined from the measurement signal (40) converted into the frequency space and/or
 - (ii) a frequency (41) inherent in the change of the rolling stock quantity is derived from the measurement signal (40) by the frequency analysis means (32) and the rolling parameter is determined based on the derived frequency (41).
5. The rolling mill (10) according to claim 4, **characterized in that** a control device (15) for at least one of the rolls (12) is operatively connected to the determination device (30).
6. The rolling mill (10) according to claim (i), **characterized in that** the control device (15) and the determination device (30) are operatively connected to each other in a control circuit.

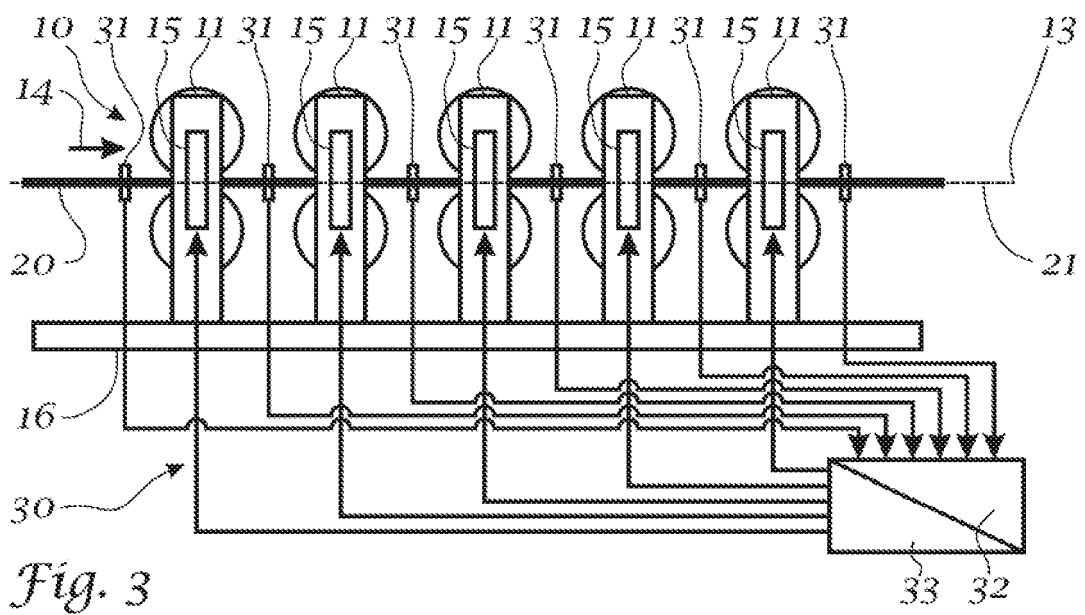
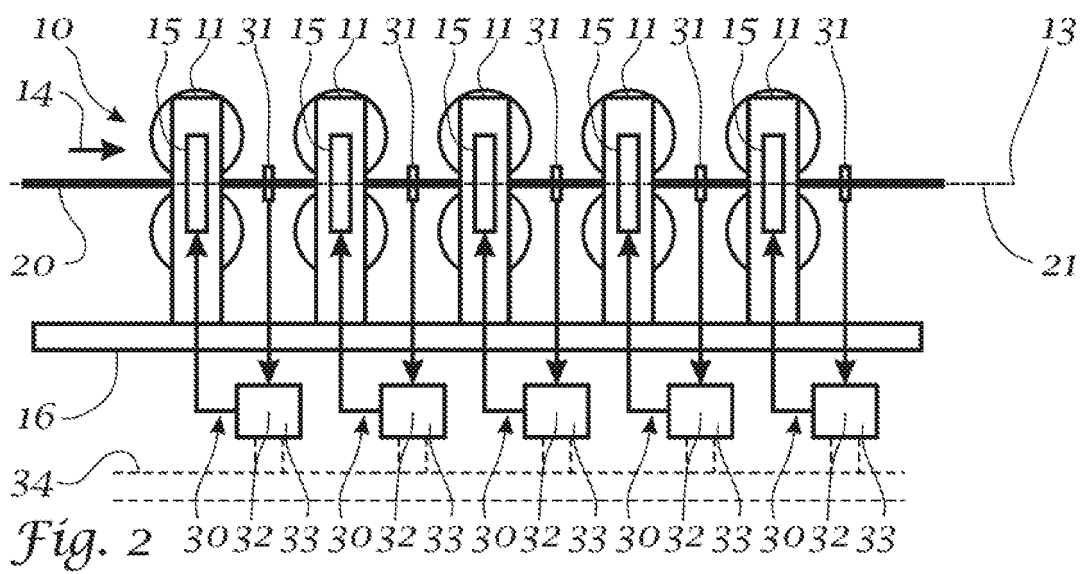
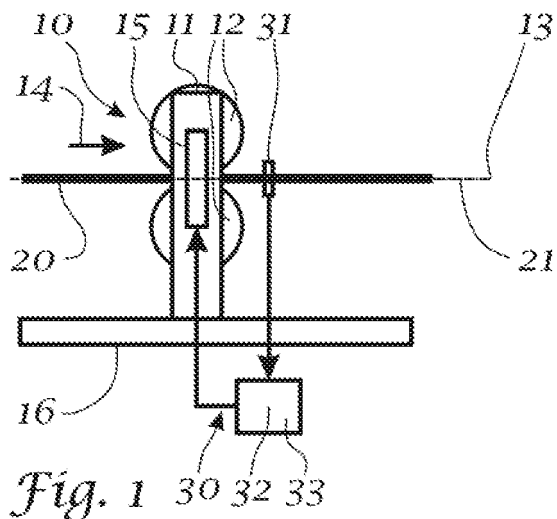
7. The method of determination according to one of claims 1 to 3 or a rolling mill (10) according to one of claims 4 to 6, **characterized in that** the measurement device (31) is arranged in a stationary manner in relation to the rolling mill (10) at least during rolling.
8. The method of determination according to one of the claims 1 to 3 or 7 or the rolling mill (10) according to one of claims 4 to 7, **characterized in that** the measurement device (31) comprises an eddy current sensor and/or an impedance measurement.
9. The method of determination according to one of claims 1 to 3, 7 or 8 or the rolling mill (10) according to one of claims 4 to 8, **characterized in that** at least two measurement devices (13) are arranged along the rolling line (13), preferably one upstream and one downstream of the roll stand (11).
10. The method of determination according to one of claims 1 to 3 or 7 to 9 or the rolling mill (10) according to one of claims 4 to 9, wherein the rolling stock (20) is metallic.

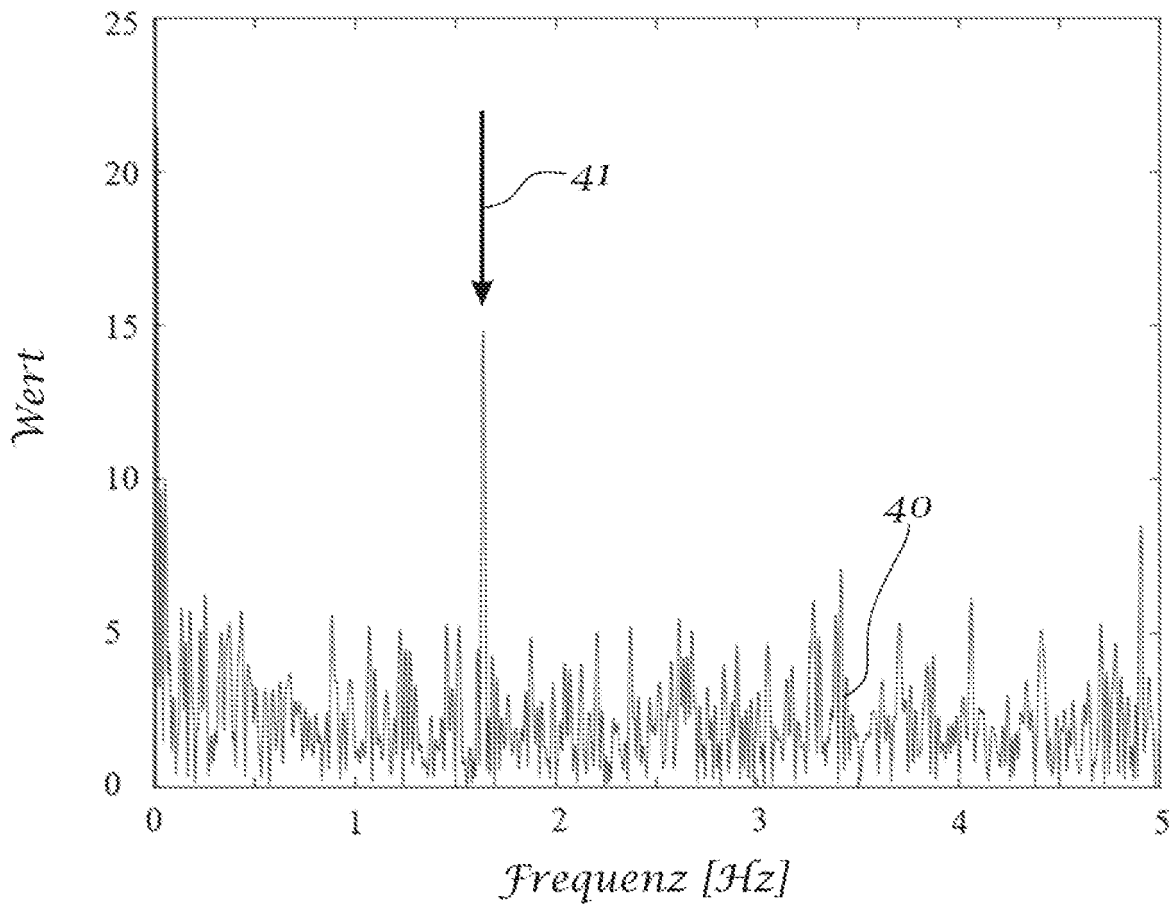
Revendications

1. Procédé de détermination en ligne d'au moins un paramètre de laminage lors du laminage d'un produit à laminier (20) laminé dans un laminoir (10) comprenant au moins deux cylindres (12) sur une cage de laminage (11) le long d'une ligne de laminage (13), pour lequel le produit à laminier (20) est une barre ou un tuyau et pour lequel le produit à laminier (20) est passé sur au moins un dispositif de mesure (31) pendant le laminage ou est guidé à travers celui-ci, qui interagit avec une taille de produit à laminier du produit à laminier (20) variable le long de l'extension longitudinale (21) du produit à laminier (20) et émet un signal de mesure (40), **caractérisé en ce que** le dispositif de mesure (31) mesure en effectuant une intégration et une moyenne perpendiculairement à la ligne de laminage (13) sur la périphérie du produit à laminier (20) et
- (i) **en ce que** le signal de mesure (40) passe dans un espace fréquentiel et le paramètre de laminage est déterminé à partir du signal de mesure (40) transféré dans l'espace fréquentiel, et/ou
- (ii) **en ce qu'**une fréquence (41) inhérente à la variation de la taille de produit à laminier est définie à partir du signal de mesure (40) et le paramètre de laminage est déterminé à l'aide de la fréquence définie (41).
2. Procédé de détermination selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** pour la détermination du paramètre de laminage, on utilise en complément la vitesse périphérique, la fréquence de rotation et/ou la vitesse de déroulement d'au moins un des cylindres ou une valeur proportionnelle à cet effet.
3. Procédé de détermination selon la revendication 1 ou 2, **caractérisé en ce qu'**au moins un des cylindres (12) de la cage de laminage (11) est activé en fonction de la fréquence déterminée (41) et/ou du paramètre de laminage déterminé ainsi que, le cas échéant, de la vitesse périphérique, de la fréquence de rotation et/ou de la vitesse de déroulement d'au moins un des cylindres (12) ou d'une valeur proportionnelle à cet effet.
4. Laminoir (10) comprenant au moins deux cylindres de laminoir (12) disposés sur une cage de laminage (11) pour laminier du produit à laminier (20) le long d'une ligne de laminage (13) ainsi qu'un dispositif (30) de détermination en ligne d'au moins un paramètre de laminage, sachant que le produit à laminier (20) est une barre ou un tuyau et sachant que le dispositif de détermination (30) comprend au moins un dispositif de mesure (31), qui est disposé sur la ligne de laminoirs (13) et qui peut interagir avec une taille de produit à laminier du produit à laminier (20) variable le long de l'extension longitudinale (21) du produit à laminier (20) et émettre un signal de mesure (40), **caractérisé en ce que** le dispositif de mesure (31) mesure en effectuant une intégration et une moyenne perpendiculairement à la ligne de laminage (13) sur la périphérie du produit à laminier (20) et le dispositif de détermination (30) comprend des moyens (32) pour l'analyse de fréquence, sachant que
- (i) les moyens d'analyse de fréquence (32) prévoient un transfert du signal de mesure (40) dans un espace fréquentiel et le paramètre de laminage est déterminé à partir du signal de mesure (40) transféré dans l'espace fréquentiel, et/ou
- (ii) une fréquence (41) inhérente à la variation de la taille de produit à laminier est définie par les moyens d'analyse de fréquence (32) à partir du signal de mesure (40) et le paramètre de laminage est déterminé à l'aide de la fréquence définie (41).

EP 4 013 556 B1

5. Laminoir (10) selon la revendication 4, **caractérisé en ce qu'un** dispositif de commande (15) pour au moins un des cylindres (12) est relié de façon fonctionnelle au dispositif de détermination (30).
- 5 6. Laminoir (10) selon la revendication (i), **caractérisé en ce que** le dispositif de commande (15) et le dispositif de détermination (30) sont reliés l'un à l'autre de façon fonctionnelle dans un circuit de régulation.
7. Procédé de détermination selon l'une quelconque des revendications 1 à 3 ou laminoir (10) selon l'une quelconque des revendications 4 à 6, **caractérisé en ce que** le dispositif de mesure (31) est disposé de façon fixe par rapport au laminoir (10) au moins pendant le laminage.
- 10 8. Procédé de détermination selon l'une quelconque des revendications 1 à 3 ou 7 ou laminoir (10) selon l'une quelconque des revendications 4 à 7, **caractérisé en ce que** le dispositif de mesure (31) comprend un capteur à courant de Foucault et/ou une mesure d'impédance.
- 15 9. Procédé de détermination selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, 7 ou 8 ou laminoir (10) selon l'une quelconque des revendications 4 à 8, **caractérisé en ce qu'au moins deux** dispositifs de mesure (13) sont disposés le long de la ligne de laminage (13), de préférence un devant et un derrière la cage de laminage (11) .
- 20 10. Procédé de détermination selon l'une quelconque des revendications 1 à 3 ou 7 à 9 ou laminoir (10) selon l'une quelconque des revendications 4 à 9, sachant que le produit à laminier (20) est métallique.



*Fig. 4*

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

- DE 102015119548 A1 [0004]
- EP 1889670 A1 [0004]

In der Beschreibung aufgeführte Nicht-Patentliteratur

- **J. WEIDEMÜLLER.** *Optimization of Encircling Eddy Current Sensors for Online Monitoring of Hot Rolled Round Steel Bars*, 2014, ISBN 9783844027945 [0005]
- Magazin der SMS group. Februar 2016 [0005]
- **M. RADSCHUN ; A. JOBST ; O. KANOUN ; J. HIMMEL.** Non-contacting Velocity Measurements of Hot Rod and Wire Using Eddy-Current Sensors. *2019 IEEE Workshop*, 2019 [0005]
- **VON M. RADSCHUN ; A. JOBST ; O. KANOON. ; J. HIMMEL.** Non-contarting Velocity Measurements of Hot Rod and Wire Using Eddy-Current Sensors. *2019 IEEE Workshop*, 2019 [0036]