

(19)



(11)

EP 3 362 199 B2

(12)

NEUE EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT
Nach dem Einspruchsverfahren

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des
Hinweises auf die Entscheidung über den Einspruch:
11.01.2023 Patentblatt 2023/02

(45) Hinweis auf die Patenterteilung:
19.02.2020 Patentblatt 2020/08

(21) Anmeldenummer: **16778843.9**

(22) Anmeldetag: **11.10.2016**

(51) Internationale Patentklassifikation (IPC):
B21B 37/46 ^(2006.01)

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):
B21B 37/46; B21B 37/72; B21B 2275/04

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/EP2016/074258

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2017/064017 (20.04.2017 Gazette 2017/16)

(54) **VERFAHREN ZUM WALZEN EINES WALZGUTS UND WALZWERK**

METHOD FOR ROLLING A ROLLING MATERIAL AND ROLLING MILL

PROCÉDÉ POUR LAMINER UNE MATIÈRE À LAMINER ET LAMINOIR

(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: **15.10.2015 DE 102015220042**
09.08.2016 DE 102016214715

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
22.08.2018 Patentblatt 2018/34

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

(72) Erfinder: **MENGEL, Christian**
57074 Siegen (DE)

(74) Vertreter: **Klüppel, Walter**
Hemmerich & Kollegen
Patentanwälte
Hammerstraße 2
57072 Siegen (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
EP-A1- 2 796 217 DE-A1- 1 427 926
DE-A1- 19 726 587

EP 3 362 199 B2

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Walzen eines Walzguts in einem Walzwerk mit wenigstens einem Walzgerüst, wobei eine Spalthöhe eines zwischen Arbeitswalzen des Walzgerüsts angeordneten Walzspalts vor einem Kontakt des Walzguts mit diesen Arbeitswalzen kleiner als eine Einlaufdicke des Walzguts eingestellt wird, wobei wenigstens eine angetriebene Arbeitswalze des Walzgerüsts mit einer Solldrehgeschwindigkeit betrieben wird, nachdem das Walzgut den Walzspalt erreicht hat, und wobei die angetriebene Arbeitswalze mit einer von der Solldrehgeschwindigkeit abweichenden Vorsteuerungsdrehgeschwindigkeit betrieben wird, bis das Walzgut den Walzspalt erreicht.

[0002] Die Erfindung betrifft des Weiteren ein Walzwerk zum Walzen eines Walzguts, aufweisend wenigstens ein Walzgerüst und wenigstens eine das Walzgerüst ansteuernde Steuer- und/oder Regeleinheit, wobei die Steuer- und/oder Regeleinheit eingerichtet ist, eine Spalthöhe eines zwischen Arbeitswalzen des Walzgerüsts angeordneten Walzspalts vor einem Kontakt des Walzguts mit diesen Arbeitswalzen kleiner als eine Einlaufdicke des Walzguts einzustellen, wenigstens eine angetriebene Arbeitswalze des Walzgerüsts mit einer Solldrehgeschwindigkeit zu betreiben, nachdem das Walzgut den Walzspalt erreicht hat und die angetriebene Arbeitswalze mit einer von der Solldrehgeschwindigkeit abweichenden Vorsteuerungsdrehgeschwindigkeit zu betreiben, bis das Walzgut den Walzspalt erreicht.

[0003] Die EP 2 796 217 A1 zeigt ein Verfahren und eine entsprechende Vorrichtung zum Walzen eines Walzguts in einem Walzwerk mit wenigstens einem Walzgerüst, wobei wenigstens eine angetriebene Arbeitswalze des Walzgerüsts mit einer Solldrehgeschwindigkeit betrieben wird, nachdem das Walzgut den Walzspalt erreicht hat, und wobei die angetriebene Arbeitswalze mit einer von der Solldrehgeschwindigkeit abweichenden Vorsteuerungsdrehgeschwindigkeit betrieben wird, bis das Walzgut den Walzspalt erreicht.

[0004] Beim Walzen von metallischem Walzgut, auch Bramme genannt, in gekoppelten Prozessen kommt es zu Geschwindigkeitsstörungen und Massenflussstörungen, wenn das Walzen in einem Walzgerüst eines Walzwerks beginnt. Mit einem Walzkraftaufbau ist ein Walzmomentenaufbau verbunden, der zur gezielten Umformung des Walzgutmaterials erforderlich ist. Das Walzmoment bzw.

[0005] Umformmoment wird durch einen Arbeitswalzenantrieb des Walzgerüsts aufgebracht.

[0006] Üblicherweise wartet eine Arbeitswalze eines Walzgerüsts mit einer für einen stationären Umformprozess erforderlichen Drehgeschwindigkeit v_0 auf das Walzgut. Tritt das Walzgut in einen Walzspalt des Walzgerüsts ein, übernimmt der Arbeitswalzenantrieb des Walzgerüsts das Umformmoment. Aufgrund einer üblichen Regelung der Drehzahl von Arbeitswalzen des Walzgerüsts tritt hierbei eine kurzfristige Verringerung

der Drehgeschwindigkeit der Arbeitswalzen auf, bis die Drehzahlregelung die erforderliche Solldrehgeschwindigkeit wieder eingestellt hat. Vor dem Walzgerüst kommt es dann zu einem Materialaufstau, der von Einbauten einer Massenflussregelung und Zugregelung aufgefangen werden sollte. Hierfür werden beispielsweise Zugmessrollen oder Schlingenheber eingesetzt, mit deren Hilfe Regelungseinrichtungen die Drehgeschwindigkeiten der Arbeitswalzen von benachbarten Walzgerüsten so lange anpassen, bis konstante Massenflussverhältnisse und konstante Zugverhältnissen wiedererlangt sind.

[0007] In Warmwalzwerken und Kaltwalzwerken ist eine gängige Maßnahme zum Verringern der Anforderungen an das Störverhalten der Massenflussregelung bei Walzbeginn eine Vorsteuerung des Drehgeschwindigkeitseinbruchs bei Walzbeginn. Dabei dreht sich eine Arbeitswalze bzw. der Antrieb der Arbeitswalze eines Walzgerüsts vor Walzbeginn um eine Geschwindigkeit Δv schneller als unter stationären Walzbedingungen. Mit dem Anstich des Walzguts im Walzgerüst und dem sich dabei einstellenden Drehzahleinbruch an dessen Arbeitswalze wird diese Übergeschwindigkeit Δv weggeschaltet und das Walzgerüst bekommt die Vorgabe der Geschwindigkeit unter stationären Bedingungen. Hierdurch wird erreicht, dass der Materialstau auf der Einlassseite des Walzgerüsts weitgehend eliminiert wird. Dieses Vorgehen wird auch als Zugaufbauhilfe bezeichnet. Hierbei wird häufig in Kauf genommen, dass der Zug im voranliegenden Prozessabschnitt nach dem Anstich auf hohem Niveau liegt, üblicherweise damit aber eine erhöhte Prozesssicherheit darstellt.

[0008] Es ist bekannt, dass der Drehzahleinbruch an den Arbeitswalzen eines Walzgerüsts und damit die aufgestaute Walzgutlänge vor dem Walzgerüst abhängig von den Drehzahlreglereinstellungen (konstant im normalen Betrieb) und von den Walzbedingungen und dem erforderlichen Walzmoment ist. Bei hohem Walzmoment ist der Drehzahleinbruch groß und die erforderliche Vorsteuerung der Drehgeschwindigkeit der Arbeitswalze ebenso. Die Schwierigkeit der Zugaufbauhilfe ist es, die Höhe der Drehgeschwindigkeitsvorsteuerung Δv und die optimale zeitliche Abfolge genau vorherzusagen.

[0009] Ein Walzgerüst kann beim Anstich eines Walzguts unter Berücksichtigung der erwarteten Walzkraft auf die erforderliche Anstichposition so vorangestellt werden, dass nach dem Füllen des Walzspalts mit dem Material des einlaufenden Walzguts und dem Walzkraftaufbau direkt die gewünschte Auslaufdicke des Walzguts erzeugt wird. Dieses Öffnen des Walzgerüsts von Voranstellposition auf Walzposition führt ebenfalls zu einem Beitrag in der Massenbilanz im Walzspalt beim Anstich des Walzguts und beschleunigt das einlaufende Material des Walzguts weiter. Diese Beschleunigung des einlaufenden Walzgutmaterials ist dem Abbremsen des Arbeitswalzenantriebs überlagert. In vielen Fällen ist der Beschleunigungseffekt untergeordnet. Es gibt aber auch Fälle, bei denen das Einziehen des Walzgutmaterials in

den Walzspalt bzw. der Beschleunigungseffekt dominiert und beobachtet werden kann, beispielsweise beim ersten Walzgerüst von CSP (Compact Strip Production)-Anlagen.

[0010] Eine Anwendung mit besonderer Relevanz der Einziehbedingungen sind neue Anlagenkonzepte von Endlosanlagen (gekoppeltes Gießen und Walzen), bei denen große Brammendicken von beispielsweise 70 mm bis 160 mm Dicke gegossen und ausgewalzt werden sollen. Bei bislang ausgeführten Anlagen wird bei Walzbeginn der Brammenkopf durch das offene erste Walzgerüst eines Walzwerks gefahren, um den wegen ungünstigen Temperaturbedingungen und eingegossenen Kaltstrangkomponenten vom Anguss nicht auswalzbaren Brammenkopf durchzulassen. Die ersten drei Walzgerüste des Walzwerks setzen dann nach dem Bandkopfdurchlauf auf der Brame auf und schließen innerhalb mehrerer Sekunden auf die erforderliche Zwischendicke. Aufgrund der großen Dicken am Brammenkopf kann das Material des Brammenkopfs nicht auf die gewünschte Zieldicke ausgewalzt werden bzw. der dabei erzeugte Keil muss im nachfolgenden Prozess abgetrennt und ausgeschleust werden, was die Ausbringung einer Endlosanlage reduziert.

[0011] Bei neuen Strategien soll der Brammenkopf einer Endlosbramme direkt im ersten Walzgerüst eines mehrgerüstigen Walzwerks gewalzt werden. Der nicht walzbare Abschnitt des Brammenkopfes wird hinter der Gießmaschine vor dem ersten Walzgerüst beispielsweise mittels einer Schere abgeschnitten. Beim Anstich des Walzguts ist dann das erste Walzgerüst über die Endlosbramme mit der Gießmaschine verbunden. Ein Anstich eines Walzguts in einem Walzgerüst ist dabei so definiert, dass die Walzspalthöhe vor dem Walzguteintritt in den Walzspalt geringer ist als die Einlaufdicke der einlaufenden Endlosbramme. Durch den Anstich am Brammenkopf der Endlosbramme wird erreicht, dass bereits am Brammenanfang die erforderliche Dickenabnahme eingestellt wird und das Abschneiden von Material oder Erzeugen von Bandbereichen mit Übergangsdicken vermieden wird, was die Ausbringung der Endlosanlage erhöht.

[0012] Geschwindigkeitsstörungen und Massenflussstörungen bei Walzbeginn im ersten Walzgerüst eines mehrgerüstigen Walzwerks können allerdings bis in den Flüssigbereich der über eine Endlosbramme mit dem ersten Walzgerüst verbundenen Gießmaschine zurückwirken. Hierbei gelten besondere Anforderungen, da negative Auswirkungen auf den Gießprozess vermieden werden müssen, die letztlich zu einem Gießabbruch oder zu Qualitätseinbußen am Gießprodukt führen können. Eine geringe Störung der Brammengeschwindigkeit zwischen Gießmaschine und dem ersten Walzgerüst ist daher unumgänglich.

[0013] Eine Aufgabe der Erfindung ist es, Zugänderungen und/oder Massenflussänderungen in einem in ein Walzgerüst einlaufenden Walzgut während eines Anstichs eines Walzgutkopfes des Walzguts mit dem Walz-

gerüst weitestgehend zu reduzieren.

[0014] Diese Aufgabe wird durch die unabhängigen Patentansprüche gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen sind insbesondere in den abhängigen Patentansprüchen angegeben, die jeweils für sich genommen oder in verschiedener Kombination miteinander einen vorteilhaften oder weiterbildenden Aspekt der Erfindung darstellen können.

[0015] Bei einem erfindungsgemäßen Verfahren zum Walzen eines Walzguts in einem Walzwerk mit wenigstens einem Walzgerüst wird eine Spalthöhe eines zwischen Arbeitswalzen des Walzgerüsts angeordneten Walzspalts vor einem Kontakt des Walzguts mit diesen Arbeitswalzen kleiner als eine Einlaufdicke des Walzguts eingestellt, wobei wenigstens eine angetriebene Arbeitswalze des Walzgerüsts mit einer Solldrehgeschwindigkeit betrieben wird, nachdem das Walzgut den Walzspalt erreicht hat, und wobei die angetriebene Arbeitswalze mit einer von der Solldrehgeschwindigkeit abweichenden Vorsteuerungsdrehgeschwindigkeit betrieben wird, bis das Walzgut den Walzspalt erreicht. Erfindungsgemäß wird die Vorsteuerungsdrehgeschwindigkeit ab dem Kontakt des Walzguts mit der angetriebenen Arbeitswalze derart variiert, dass die Vorsteuerungsdrehgeschwindigkeit monoton ansteigt oder monoton abfällt, wobei die Vorsteuerungsdrehgeschwindigkeit derart vorgegeben wird, dass der monotone Verlauf der Vorsteuerungsdrehgeschwindigkeit sich zeitlich innerhalb einer Walzspaltfüllzeit, die mit dem Kontakt des Walzguts mit der angetriebenen Arbeitswalze beginnt und mit dem Erreichen der stationären Solldrehgeschwindigkeit endet, erstreckt.

[0016] Gemäß der Erfindung wird die von der Solldrehgeschwindigkeit abweichende Vorsteuerungsdrehgeschwindigkeit der angetriebenen Arbeitswalze ab einem ersten Kontakt des in das Walzgerüst einlaufenden Walzguts mit der Arbeitswalze bis zu dem Zeitpunkt, an dem das Walzgut den Walzspalt erreicht hat, variiert. Hierbei ist unter dem Walzspalt der kürzeste Abstand zwischen der angetriebenen Arbeitswalze und einer damit zusammenwirkenden Arbeitswalze zu verstehen. Während dieses Zeitraums wird ein Walzgutkopf des Walzguts bereits durch die Arbeitswalzen umgeformt, bis der Walzspalt mit dem Walzgutmaterial gefüllt ist, was vorliegend mit dem Erreichen des Walzspalts gemeint ist. Ist die Vorsteuerungsdrehgeschwindigkeit höher als die Solldrehgeschwindigkeit, wird die Vorsteuerungsdrehgeschwindigkeit ab dem Kontakt des Walzguts mit der angetriebenen Arbeitswalze derart variiert, dass die Vorsteuerungsdrehgeschwindigkeit monoton abfällt. Ist die Vorsteuerungsdrehgeschwindigkeit geringer als die Solldrehgeschwindigkeit, wird die Vorsteuerungsdrehgeschwindigkeit ab dem Kontakt des Walzguts mit der angetriebenen Arbeitswalze derart variiert, dass die Vorsteuerungsdrehgeschwindigkeit monoton ansteigt. Hierdurch werden weitestgehend reduzierte Zugänderungen und/oder Massenflussänderungen im Bereich vor dem Walzgerüst erzeugt, und zwar auch bei nahezu

keinem vorhandenen Zug.

[0017] Mit der Erfindung wird der Einfluss einer Massenflussstörung auf das in den Walzspalt einlaufende Walzgut beim Anstich desselben möglichst geringgehalten, da vor dem Walzbeginn die Drehgeschwindigkeit der angetriebenen Arbeitswalze durch die Drehgeschwindigkeitsvorsteuerung bezüglich der zu erwartenden instationären Verhältnisse anders eingestellt wird als unter den Bedingungen ab Erreichung der Zieldicke bzw. Auslaufdicke des Walzguts. Insbesondere kann sich eine angetriebene Arbeitswalze des ersten Walzgerüsts eines Walzwerks vor oder bei Walzbeginn langsamer oder schneller als die Solldrehgeschwindigkeit drehen. Bei einem Endloswalzen (CEM, USP) können sich die angetriebenen Arbeitswalzen der ersten drei Walzgerüste vor oder bei Walzbeginn langsamer oder schneller als die dem jeweiligen Walzgerüst zugeordnete Solldrehgeschwindigkeit drehen. Bei einer CSP-Anlage und bei einem Warmwalzwerk können sich die angetriebenen Arbeitswalzen der ersten zwei Walzgerüste vor oder bei Walzbeginn langsamer oder schneller als die dem jeweiligen Walzgerüst zugeordnete Solldrehgeschwindigkeit drehen.

[0018] Die erfindungsgemäße Variation der Vorsteuerungsdrehgeschwindigkeit ab dem ersten Kontakt des einlaufenden Walzguts mit der angetriebenen Arbeitswalze kann über einen definierten Zeitraum erfolgen, beispielsweise unter Verwendung einer Rampenfunktion oder einer anderen monoton ansteigenden oder monoton abfallenden Funktion. Die Variation der Vorsteuerungsdrehgeschwindigkeit beginnt also mit dem ersten Kontakt des einlaufenden Walzguts mit der angetriebenen Arbeitswalze. Hierbei ist die Variation der Vorsteuerungsdrehgeschwindigkeit vorzugsweise an die Verhältnisse im Walzspalt angepasst. Erfindungsgemäß wird eine gute Kompensation erreicht, indem der Zeitraum der Variation der Vorsteuerungsdrehgeschwindigkeit an den Zeitraum angepasst wird, der mit dem ersten Kontakt zwischen einlaufendem Walzgut und angetriebener Arbeitswalze beginnt und der endet, wenn das Walzgut den Walzspalt erreicht hat. Diese Walzspaltfülldauer t_F kann mit der gedrückten Länge l des bereits umgeformten Walzgutkopfabchnitts näherungsweise berechnet werden aus der Gleichung $t_F = l/v_0$ oder $t_F = l/v_1$, wobei v_0 die Solldrehgeschwindigkeit der angetriebenen Arbeitswalze und v_1 die Einlaufgeschwindigkeit des in das Walzgerüst einlaufenden Walzguts ist:

[0019] Vorteilhafterweise ist die Variation der Vorsteuerungsdrehgeschwindigkeit derart gewählt, dass eine zu erwartende Längenstörung Δl vor dem Walzgerüst kompensiert wird. Diese Längenstörung setzt sich zusammen aus einem konstanten Anteil aus dem Einziehverhalten des Walzguts in den Walzspalt und einem lastabhängigen, das heißt drehmomentabhängigen Anteil für den Drehgeschwindigkeitseinbruch an der angetriebenen Arbeitswalze und ein Öffnen des vorangestellten Walzspalts. Die Kompensationslänge ergibt sich aus der integralen Bilanzierung der Fläche zwischen dem Zeit-

punkt, an dem das Walzgut in einen ersten Kontakt mit der angetriebenen Arbeitswalze kommt, und dem Zeitpunkt, an dem das Walzgut den Walzspalt erreicht bzw. diesen ausfüllt, und der Vorsteuerungsdrehgeschwindigkeitsvorgabe relativ zum Wert der Solldrehgeschwindigkeit. Hierbei kann die Drehgeschwindigkeitsvorsteuerung Δv für die Dauer t_v der Variation der Vorsteuerungsdrehgeschwindigkeit passend berechnet werden. Wird bei der Variation der Vorsteuerungsdrehgeschwindigkeit eine einfache Rampenfunktion berücksichtigt, ergibt sich $\Delta v = 2 \cdot \Delta l / t_v$. Es kann sowohl eine negative Geschwindigkeitsvorsteuerung, bei der die Vorsteuerungsdrehgeschwindigkeit geringer als die Solldrehgeschwindigkeit ist, verwendet werden, wenn das Aufstauen von Walzgutmaterial vor dem Walzspalt bzw. dem Walzgerüst aufgrund eines geringen Drehgeschwindigkeitseinbruchs bei kleinem Walzmoment gering ist. Andererseits kann eine positive Geschwindigkeitsvorsteuerung, bei der die Vorsteuerungsdrehgeschwindigkeit höher als die Solldrehgeschwindigkeit ist, verwendet werden, wenn der Drehgeschwindigkeitseinbruch bei großem Lastmoment dominierend ist.

[0020] Mit der Erfindung können somit ein konstanter Massenfluss und ein konstanter Bandtransport während eines Anstichs des Walzguts in dem Walzgerüst gewährleistet werden, was mit einer Minimierung der Rückwirkung auf eine Gießmaschine verbunden ist, die zur Ausbildung einer Endlosanlage dem (ersten) Walzgerüst des Walzwerks vorgeschaltet ist. Vorzugsweise wird die Länge der Walzspaltfüllzeit größer als 50 ms gewählt.

[0021] Die vorbekannten Lösungen sind für die üblichen Anwendungsfelder, insbesondere bei den hinteren Walzgerüsten von mehrgerüstigen Warmwalzwerken gültig und teilweise erprobt. Sie berücksichtigen aber nicht die detaillierten Verhältnisse beim Walzbeginn in einem voreingestellten Walzspalt (Walzspalthöhe < Einlaufdicke des Walzguts) der ersten Walzgerüste von Warmwalzwerken, insbesondere in einem ersten Walzgerüst einer Endlosanlage. Diese detaillierten Verhältnisse sind bei solchen Walzwerken bzw. Anlagen jedoch ausschlaggebend für das Geschwindigkeitsverhalten des einlaufenden Materials beim Walzbeginn. Wird die Drehgeschwindigkeit einer angetriebenen Arbeitswalze erfindungsgemäß an die detaillierten Verhältnisse angepasst, kann dies sogar dazu führen, dass sich beispielsweise eine angetriebene Arbeitswalze eines ersten Walzgerüsts eines mehrgerüstigen Walzwerks einer Endlosanlage vor dem Anstich des Walzguts mit diesem Walzgerüst langsamer drehen muss als die Solldrehgeschwindigkeit, um eine möglichst geringe Massenflussstörung zu erhalten. Damit sind bekannten Lösungen, bei denen die Vorsteuerungsdrehgeschwindigkeit höher als die Sollgeschwindigkeit ist, für diesen Anwendungsfall nicht ausreichend und damit ungeeignet.

[0022] Die Erfindung ist unter einem sehr geringen Aufwand realisierbar und bedarf keines zusätzlichen Platzbedarfs für alternative Einbauten zur Aufrechterhaltung eines konstanten Massenflusses, wie beispielsweise ei-

nen Schlingenspeicher zum Ausgleich von Massenflussstörungen, der für eine Walzgutdicke von bis zu 120 mm ausgelegt werden müsste. Zudem wird bei dem erfindungsgemäßen Verfahren kein erhöhter Materialausschuss erzeugt, da das Walzgut inklusive seines Walzgutkopfes vollständig gewalzt wird. Ferner ermöglicht die Erfindung eine Reduzierung der Anforderungen an die Geschwindigkeit einer Massenflussregelung zwischen einer Gießmaschine und erstem Walzgerüst eines mehrgerüstigen Walzwerks einer Endlosanlage, wobei die Massenflussregelung nahezu stationäre Verhältnisse ausregeln kann und für den relativ schnellen Anstich in dem ersten Walzgerüst erheblich entlastet wird.

[0023] Mit dem erfindungsgemäßen Verfahren kann ein Walzgut in Form einer Bramme, insbesondere einer Endlosbramme, gewalzt werden. Das Walzwerk kann hierzu auch zwei oder mehrere Walzgerüste aufweisen. Da erfindungsgemäß die Spalthöhe des zwischen Arbeitswalzen des Walzgerüsts angeordneten Walzspalts vor einem Kontakt des Walzguts mit diesen Arbeitswalzen kleiner als eine Einlaufdicke des Walzguts eingestellt wird, wird das Walzgut von seinem Walzgutkopf an und damit vollständig gewalzt, was einen Materialausschuss gegenüber Anlagen reduziert, bei denen der Walzgutkopf zunächst durch geöffnete Walzgerüste geführt und anschließend von dem übrigen Walzgut abgetrennt wird. Es können auch beide in Kontakt mit dem Walzgut kommende Arbeitswalzen des Walzgerüsts entsprechend angetrieben werden, wobei eine Drehzahl der jeweiligen Arbeitswalze erfindungsgemäß gesteuert und/oder geregelt werden kann. Die Solldrehgeschwindigkeit ist auf einen Betrieb des Walzgerüsts nach erfolgtem Anstich des Walzguts bei konstanten bzw. stationären Walzbedingungen abgestimmt. Der Kontakt des Walzguts mit der angetriebenen Arbeitswalze und/oder das Erreichen des Walzspalts durch das Walzgut kann mit einer geeigneten Sensorik erfasst werden. Beispielsweise kann wenigstens einer dieser Walzzustände über eine Erfassung der an dem Walzgerüst momentan vorliegenden Walzkraft erfasst werden, indem ein vorab bestimmter Walzkraftwert dem jeweiligen Walzzustand zugeordnet wird und der momentan erfasste Walzkraftwert mit dem vorab bestimmten Walzkraftwert verglichen wird.

[0024] Gemäß einer vorteilhaften Ausgestaltung wird die Vorsteuerungsdrehgeschwindigkeit ab dem Kontakt des Walzguts mit der angetriebenen Arbeitswalze mittels einer Vorsteuerungsfunktion variiert, die zumindest unter Berücksichtigung einer zu erwartenden Walzkraft und/oder eines zu erwartenden Walzmoments und/oder einer Einlaufgeschwindigkeit des Walzguts und/oder der Walzspaltgeometrie ermittelt wird. Hierdurch kann eine optimale Vorsteuerfunktion $v=f(t)$ im zeitlichen und funktionalen Ablauf ermittelt werden, wozu Informationen aus üblichen Stichplanberechnungen, wie die zu erwartende Walzkraft, das zu erwartende Walzmoment und die Einlaufgeschwindigkeit des Walzguts, herangezogen werden können. In diesem Fall müssen diese Informationen für die Berechnung der Vorsteuerfunktion zur Verfügung

stehen und in einer geeigneten Berechnungseinheit für den jeweiligen Stichplan berechnet werden.

[0025] Gemäß einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung wird die Vorsteuerungsdrehgeschwindigkeit derart vorgegeben, dass von dem Kontakt des Walzguts mit der angetriebenen Arbeitswalze bis zum Erreichen der stationären Solldrehgeschwindigkeit das zeitliche Integral zwischen der Vorsteuerungsdrehgeschwindigkeit und der stationären Solldrehgeschwindigkeit eine Fläche ergibt, die eine vorgebbare Kompensationslänge beschreibt, die der erwarteten Massenflussstörung am Walzspalteintritt beim Walzbeginn entspricht. Die Kompensationslänge wird vorzugsweise aus der Fläche berechnet. Die Kompensationslänge kann unter Berücksichtigung der Drehgeschwindigkeit der Arbeitswalze und weiteren massenflussbeeinflussenden Anteilen beim Walzbeginn berechnet werden. Die Kompensationslänge kann insbesondere unter Berücksichtigung der Drehgeschwindigkeit der Arbeitswalze beim Walzbeginn, dem Einziehverhalten ab dem Kontakt des Walzguts mit der Arbeitswalze und der vertikalen Bewegung der zusammenwirkenden Arbeitswalzen beim Anstich berechnet werden.

[0026] Gemäß einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung wird eine Walzgutgeschwindigkeit des Walzguts an einem Gerüsteinlauf des Walzgerüsts gemessen und bei der Variation der Vorsteuerungsdrehgeschwindigkeit ab dem Kontakt des Walzguts mit der angetriebenen Arbeitswalze berücksichtigt. Eine trotz der Drehgeschwindigkeitsvorsteuerung verbleibende Störung, die beispielsweise durch wechselnde und unbekannte Reibverhältnisse im Walzspalt verursacht sein kann, kann durch die Messung der tatsächlichen Walzgutgeschwindigkeit am Gerüsteinlauf und eine Anpassung der Variation der Vorsteuerungsdrehgeschwindigkeit der angetriebenen Arbeitswalze unter Berücksichtigung der gemessenen Walzgutgeschwindigkeit weiter reduziert werden.

[0027] Gemäß einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung wird bei der Variation der Vorsteuerungsdrehgeschwindigkeit ab dem Kontakt des Walzguts mit der angetriebenen Arbeitswalze eine Stromaufnahme von Gießmaschinenantrieben einer dem Walzwerk vorgeschalteten Gießmaschine berücksichtigt. Eine trotz der Drehgeschwindigkeitsvorsteuerung verbleibende Störung, die beispielsweise durch wechselnde und unbekannte Reibverhältnisse im Walzspalt verursacht sein kann, kann durch die Messung der Stromaufnahme der Gießmaschinenantriebe und Anpassung der Variation der Vorsteuerungsdrehgeschwindigkeit der angetriebenen Arbeitswalze unter Berücksichtigung der gemessenen Stromaufnahme weiter reduziert werden.

[0028] Ein erfindungsgemäßes Walzwerk zum Walzen eines Walzguts umfasst wenigstens ein Walzgerüst und wenigstens eine das Walzgerüst ansteuernde Steuer- und/oder Regeleinheit, wobei die Steuer- und/oder Regeleinheit eingerichtet ist, eine Spalthöhe eines zwischen Arbeitswalzen des Walzgerüsts angeordneten Walzspalts vor einem Kontakt des Walzguts mit diesen

Arbeitswalzen kleiner als eine Einlaufdicke des Walzguts einzustellen, wenigstens eine angetriebene Arbeitswalze des Walzgerüsts mit einer Soll Drehgeschwindigkeit zu betreiben, nachdem das Walzgut den Walzspalt erreicht hat, und die angetriebene Arbeitswalze mit einer von der Soll Drehgeschwindigkeit abweichenden Vorsteuerungsdrehgeschwindigkeit zu betreiben, bis das Walzgut den Walzspalt erreicht. Erfindungsgemäß ist die Steuer- und/oder Regelelektronik eingerichtet, die Vorsteuerungsdrehgeschwindigkeit ab dem Kontakt des Walzguts mit der angetriebenen Arbeitswalze derart zu variieren, dass die Vorsteuerungsdrehgeschwindigkeit monoton ansteigt oder monoton abfällt, wobei die Steuer- und/oder Regelelektronik eingerichtet ist, die Vorsteuerungsdrehgeschwindigkeit derart vorzugeben, dass der monotone Verlauf der Vorsteuerungsdrehgeschwindigkeit sich zeitlich innerhalb einer Walzspaltfüllzeit, die mit dem Kontakt des Walzguts mit der angetriebenen Arbeitswalze beginnt und mit dem Erreichen der stationären Soll Drehgeschwindigkeit endet, erstreckt.

[0029] Mit dem Walzwerk sind die oben mit Bezug auf das Verfahren genannten Vorteile entsprechend verbunden. Insbesondere kann das Walzwerk zur Durchführung des Verfahrens nach einer der oben genannten Ausgestaltungen oder einer beliebigen Kombination von wenigstens zwei dieser Ausgestaltungen miteinander verwendet werden. Das Walzwerk kann auch zwei oder mehrere Walzgerüste aufweisen, die mit der Steuer- und/oder Regeleinheit ansteuerbar sind. Die Steuer- und/oder Regeleinheit kann wenigstens eine Datenverarbeitungseinheit, beispielsweise einen Mikroprozessor, und wenigstens einen Datenspeicher aufweisen. Vorzugsweise ist die Länge der Walzspaltfüllzeit größer als 50 ms.

[0030] Gemäß einer vorteilhaften Ausgestaltung ist die Steuer- und/oder Regelelektronik eingerichtet, die Vorsteuerungsdrehgeschwindigkeit ab dem Kontakt des Walzguts mit der angetriebenen Arbeitswalze mittels einer Vorsteuerungsfunktion zu variieren und vorab die Vorsteuerungsfunktion zumindest unter Berücksichtigung einer zu erwartenden Walzkraft und/oder eines zu erwartenden Walzmoments und/oder einer Einlaufgeschwindigkeit des Walzguts zu ermitteln. Mit dieser Ausgestaltung sind die oben mit Bezug auf die entsprechende Ausgestaltung des Verfahrens genannten Vorteile entsprechend verbunden.

[0031] Gemäß einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung ist die Steuer- und/oder Regelelektronik eingerichtet, die Vorsteuerungsdrehgeschwindigkeit derart vorzugeben, dass von dem Kontakt des Walzguts mit der angetriebenen Arbeitswalze bis zum Erreichen der stationären Soll Drehgeschwindigkeit das zeitliche Integral zwischen der Vorsteuerungsdrehgeschwindigkeit und der stationären Soll Drehgeschwindigkeit eine Fläche ergibt, die eine vorgebbare Kompensationslänge beschreibt, die der erwarteten Massenflussstörung am Walzspalteintritt beim Walzbeginn entspricht. Die Steuer- und/oder Regelelektronik ist vorzugsweise eingerichtet, die Kom-

pensationslänge aus der Fläche zu berechnen. Die Steuer- und/oder Regelelektronik kann eingerichtet sein, die Kompensationslänge kann unter Berücksichtigung der Drehgeschwindigkeit der Arbeitswalze und weiteren massenflussbeeinflussenden Anteilen beim Walzbeginn zu berechnen. Die Steuer- und/oder Regelelektronik kann eingerichtet sein, die Kompensationslänge kann insbesondere unter Berücksichtigung der Drehgeschwindigkeit der Arbeitswalze beim Walzbeginn, dem Einziehverhalten ab dem Kontakt des Walzguts mit der Arbeitswalze und der vertikalen Bewegung der zusammenwirkenden Arbeitswalzen beim Anstich zu berechnen.

[0032] Gemäß einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung umfasst das Walzwerk wenigstens eine an einem Gerüsteinlauf des Walzgerüsts angeordnete, mit der Steuer- und/oder Regeleinheit verbundene Messeinheit zum Messen einer Walzgutgeschwindigkeit des Walzguts an dem Gerüsteinlauf, wobei die Steuer- und/oder Regeleinheit eingerichtet ist, die gemessene Walzgutgeschwindigkeit bei der Variation der Vorsteuerungsdrehgeschwindigkeit ab dem Kontakt des Walzguts mit der angetriebenen Arbeitswalze zu berücksichtigen. Mit dieser Ausgestaltung sind die oben mit Bezug auf die entsprechende Ausgestaltung des Verfahrens genannten Vorteile entsprechend verbunden.

[0033] Gemäß einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung ist die Steuer- und/oder Regeleinheit eingerichtet, bei der Variation der Vorsteuerungsdrehgeschwindigkeit ab dem Kontakt des Walzguts mit der angetriebenen Arbeitswalze eine gemessene Stromaufnahme von Gießmaschinenantrieben einer dem Walzwerk vorgeschalteten Gießmaschine zu berücksichtigen. Mit dieser Ausgestaltung sind die oben mit Bezug auf die entsprechende Ausgestaltung des Verfahrens genannten Vorteile entsprechend verbunden.

[0034] Im Folgenden wird die Erfindung unter Bezugnahme auf die anliegenden Figuren anhand einer bevorzugten Ausführungsform exemplarisch erläutert, wobei die nachfolgend erläuterten Merkmale sowohl jeweils für sich genommen als auch in unterschiedlicher Kombination miteinander einen vorteilhaften oder weiterbildenden Aspekt der Erfindung darstellen können. Es zeigen:

Figur 1 eine beispielhafte Darstellung eines Drehgeschwindigkeitsverlaufs bei einem herkömmlichen Walzwerk ohne Drehgeschwindigkeitsvorsteuerung;

Figur 2 eine beispielhafte Darstellung eines Drehgeschwindigkeitsverlaufs bei einem herkömmlichen Walzwerk mit Drehgeschwindigkeitsvorsteuerung;

Figur 3 eine schematische Darstellung von Geschwindigkeitsverhältnissen beim Anstich eines Walzguts mit einem herkömmlichen Walzwerk; und

Figur 4 eine beispielhafte Darstellung eines Drehge-

schwindigkeitsverlaufs bei einem Ausführungsbeispiel für ein erfindungsgemäßes Walzwerk.

[0035] Figur 1 zeigt eine beispielhafte Darstellung eines Drehgeschwindigkeitsverlaufs bei einem herkömmlichen Walzwerk ohne Drehgeschwindigkeitsvorsteuerung. Es ist die Drehgeschwindigkeit v einer angetriebenen Arbeitswalze eines Walzgerüsts des Walzwerks gegenüber der Zeit t aufgetragen. Zum Zeitpunkt t_A erfolgt ein Anstich eines Walzguts mit dem Walzgerüst. Zudem ist die Istdrehgeschwindigkeit v_{ist} gezeigt, wobei ab dem Anstich eine zeitweilige Abnahme der Istdrehgeschwindigkeit v_{ist} zu sehen ist. Durch den Anstich wird das Walzgutmaterial aufgestaut, wobei sich die Länge des aufgestauten Walzgutmaterials aus der Fläche F zwischen der Solldrehgeschwindigkeit v_0 und der Istdrehgeschwindigkeit v_{ist} ergibt.

[0036] Figur 2 zeigt eine beispielhafte Darstellung eines Drehgeschwindigkeitsverlaufs bei einem herkömmlichen Walzwerk mit Drehgeschwindigkeitsvorsteuerung. Es ist die Drehgeschwindigkeit v einer angetriebenen Arbeitswalze eines Walzgerüsts des Walzwerks gegenüber der Zeit t aufgetragen. Zum Zeitpunkt t_A erfolgt ein Anstich eines Walzguts mit dem Walzgerüst. Die angetriebene Arbeitswalze wird bis zu einem Zeitpunkt t_E mit einer Vorsteuerungsdrehgeschwindigkeit v_v betrieben, die um Δv höher als die Solldrehgeschwindigkeit v_0 ist. Ab dem Zeitpunkt t_E wird die Vorsteuerungsdrehgeschwindigkeit v_v an die Solldrehgeschwindigkeit v_0 angepasst. Zudem ist die Istdrehgeschwindigkeit v_{ist} gezeigt. Wie zu sehen ist, wird der Drehgeschwindigkeitseinbruch beim Anstich des Walzguts mit dem Walzgerüst durch diese Drehgeschwindigkeitsvorsteuerung kompensiert.

[0037] Figur 3 zeigt eine schematische Darstellung von Geschwindigkeitsverhältnissen beim Anstich eines Walzguts mit einem herkömmlichen Walzwerk 1, von dem in Figur 3 lediglich eine angetriebene Arbeitswalze 2 eines nicht weitergehender gezeigten Walzgerüsts des Walzwerks 1 gezeigt ist. Ein Walzgut 3 läuft mit einer Einlaufdicke h_1 und einer Einlaufgeschwindigkeit v_1 in das Walzgerüst ein und kommt zum Zeitpunkt t_1 in einen Kontakt mit der angetriebenen Arbeitswalze 2. Die angetriebene Arbeitswalze 2 dreht sich mit der Drehgeschwindigkeit v_0 und einem Drehmoment $M_{Roll}(t)$. Zum Zeitpunkt t_2 erreicht das Walzgut 3 den Walzspalt mit der Spalthöhe h_2 . Das Walzgut 3 läuft aus dem Walzspalt mit der Auslaufgeschwindigkeit v_2 aus, die sich aus der Gleichung $v_2 = v_0 \cdot f_v$ ergibt, wobei f_v die Materialvoreilung am Walzspaltaustritt ist.

[0038] Die Massenflussverhältnisse beim Anstich im Walzgerüst sind komplex und lassen sich nicht allein durch das Drehzahlverhalten des Antriebs der angetriebenen Arbeitswalze 2 beschreiben. Die angetriebene Arbeitswalze 2 wartet mit der Arbeitswalzendrehgeschwindigkeit v_0 , die für den stationären Walzprozess erforderlich ist. Da die Materialgeschwindigkeit und die Arbeitswalzendrehgeschwindigkeit am Austritt aus dem Walz-

spalt des Walzgerüsts nahezu übereinstimmen, ist bei einer großen Dickenabnahme von beispielweise 50 % die Drehgeschwindigkeit der angetriebenen Arbeitswalze v_0 nahezu doppelt so groß wie die Oberflächengeschwindigkeit v_1 des ankommenden Walzguts 3 ($v_0 = v_1 \cdot h_1 / h_2 / f_v$ mit h_1 =Einlaufdicke des Walzguts, h_2 =Auslaufdicke des Walzguts, f_v =Materialvoreilung am Walzspaltaustritt). Stößt das einlaufende Walzgut 3 zum Zeitpunkt t_1 an die angetriebene Arbeitswalze 2 des Walzgerüsts, wird der an die Arbeitswalze 2 anstoßende Kopfabschnitt des Walzguts 3 durch die hohe Oberflächengeschwindigkeit der Arbeitswalze 2 beschleunigt und schneller in den Walzspalt gezogen. Zu dem Zeitpunkt t_2 ist der Walzspalt vollständig gefüllt.

[0039] Dieser Effekt ist abhängig von den Reibverhältnissen im Walzspalt und der Walzspaltgeometrie, aber nicht vom auftretenden Walzmoment.

[0040] Figur 4 zeigt eine beispielhafte Darstellung eines Drehgeschwindigkeitsverlaufs bei einem Ausführungsbeispiel für ein erfindungsgemäßes Walzwerk. Es ist die Drehgeschwindigkeit v einer angetriebenen Arbeitswalze eines Walzgerüsts des Walzwerks gegenüber der Zeit t aufgetragen. Zum Zeitpunkt t_1 kommt ein in das Walzgerüst einlaufendes Walzgut in einen Kontakt mit der angetriebenen Arbeitswalze, wie es in Figur 3 gezeigt ist. Zum Zeitpunkt t_2 erreicht das Walzgut den Walzspalt. Hierbei wird eine Spalthöhe eines zwischen Arbeitswalzen des Walzgerüsts angeordneten Walzspalts vor dem Kontakt des Walzguts mit diesen Arbeitswalzen kleiner als eine Einlaufdicke des Walzguts eingestellt, wie es in Figur 3 gezeigt ist. Die angetriebene Arbeitswalze des Walzgerüsts wird mit einer Solldrehgeschwindigkeit v_0 betrieben wird, nachdem das Walzgut den Walzspalt erreicht hat. Die angetriebene Arbeitswalze wird mit einer von der Solldrehgeschwindigkeit v_0 abweichenden Vorsteuerungsdrehgeschwindigkeit v_v betrieben, bis das Walzgut den Walzspalt erreicht, wobei die Vorsteuerungsdrehgeschwindigkeit v_v um Δv geringer ist als die Solldrehgeschwindigkeit v_0 . Die Vorsteuerungsdrehgeschwindigkeit v_v wird ab dem Kontakt des Walzguts mit der angetriebenen Arbeitswalze über einen Zeitraum t_v derart variiert, dass die Vorsteuerungsdrehgeschwindigkeit v_v monoton ansteigt. Hierbei wird die Vorsteuerungsdrehgeschwindigkeit v_v ab dem Kontakt des Walzguts mit der angetriebenen Arbeitswalze mittels einer Vorsteuerungsfunktion variiert, die zumindest unter Berücksichtigung einer zu erwartenden Walzkraft und/oder eines zu erwartenden Walzmoments und/oder einer Einlaufgeschwindigkeit des Walzguts und/oder der Walzspaltgeometrie, insbesondere in Abhängigkeit der Einlaufdicke des Walzguts und der Walzspalthöhe, ermittelt wird. Die Fläche F_v zwischen der Solldrehgeschwindigkeit v_0 und der Vorsteuerungsdrehgeschwindigkeit v_v zwischen den Zeitpunkten t_1 und t_2 ist proportional zu der Längenstörung durch den Anstich des Walzguts mit dem Walzgerüst.

[0041] Die Vorsteuerungsdrehgeschwindigkeit kann derart vorgegeben werden, dass von dem Kontakt des

Walzguts mit der angetriebenen Arbeitswalze bis zum Erreichen der stationären Solldrehgeschwindigkeit das zeitliche Integral zwischen der Vorsteuerungsdrehgeschwindigkeit und der stationären Solldrehgeschwindigkeit eine Fläche ergibt, die eine vorgebbare Kompensationslänge beschreibt, die der erwarteten Massenflussstörung am Walzspalteintritt beim Walzbeginn entspricht. Die Kompensationslänge kann aus der Fläche berechnet werden. Die Kompensationslänge kann unter Berücksichtigung der Drehgeschwindigkeit der Arbeitswalze und weiteren massenflussbeeinflussenden Anteilen beim Walzbeginn berechnet werden. Die Kompensationslänge kann insbesondere unter Berücksichtigung der Drehgeschwindigkeit der Arbeitswalze beim Walzbeginn, dem Einziehverhalten ab dem Kontakt des Walzguts mit der Arbeitswalze und der vertikalen Bewegung der zusammenwirkenden Arbeitswalzen beim Anstich berechnet werden.

[0042] Die Vorsteuerungsdrehgeschwindigkeit wird erfindungsgemäß derart vorgegeben, dass der monotone Verlauf der Vorsteuerungsdrehgeschwindigkeit (v_v) sich zeitlich innerhalb einer Walzspaltfüllzeit, die mit dem Kontakt des Walzguts (3) mit der angetriebenen Arbeitswalze (2) beginnt und mit dem Erreichen der stationären Solldrehgeschwindigkeit (v_0) endet, erstreckt. Die Länge der Walzspaltfüllzeit kann größer als 50 ms gewählt werden.

[0043] Es kann eine Walzgutgeschwindigkeit des Walzguts an einem Gerüsteinlauf des Walzgerüsts gemessen und bei der Variation der Vorsteuerungsdrehgeschwindigkeit ab dem Kontakt des Walzguts mit der angetriebenen Arbeitswalze berücksichtigt werden. Alternativ oder additiv kann bei der Variation der Vorsteuerungsdrehgeschwindigkeit ab dem Kontakt des Walzguts mit der angetriebenen Arbeitswalze eine Stromaufnahme von Gießmaschinenantrieben einer dem Walzwerk vorgeschalteten Gießmaschine berücksichtigt werden.

Bezugszeichenliste

[0044]

1	Walzwerk
2	Arbeitswalze
3	Walzgut
f_v	Materialvoreilung
F	Fläche
F_v	Fläche
h_1	Einlaufdicke
h_2	Auslaufdicke
M_{Roll}	Drehmoment
t	Zeit
t_A	Zeitpunkt des Anstichs
t_E	Zeitpunkt
t_v	Zeitdauer der Variation der Vorsteuerungsdrehgeschwindigkeit
t_1	Zeitpunkt des Kontakts
t_2	Zeitpunkt des Erreichens des Walzspalts

v	Drehgeschwindigkeit der Arbeitswalze
v_0	Solldrehgeschwindigkeit
v_{Ist}	Istdrehgeschwindigkeit
v_v	Vorsteuerungsdrehgeschwindigkeit
Δv	Geschwindigkeitsdifferenz

Patentansprüche

- Verfahren zum Walzen eines Walzguts (3) in einem Walzwerk (1) mit wenigstens einem Walzgerüst, wobei eine Spalthöhe eines zwischen Arbeitswalzen (2) des Walzgerüsts angeordneten Walzspalts vor einem Kontakt des Walzguts (3) mit diesen Arbeitswalzen (2) kleiner als eine Einlaufdicke (h_1) des Walzguts (3) eingestellt wird, wobei wenigstens eine angetriebene Arbeitswalze (2) des Walzgerüsts mit einer Solldrehgeschwindigkeit (v_0) betrieben wird, nachdem das Walzgut (3) den Walzspalt erreicht hat, und wobei die angetriebene Arbeitswalze (2) mit einer von der Solldrehgeschwindigkeit (v_0) abweichenden Vorsteuerungsdrehgeschwindigkeit (v_v) betrieben wird, bis das Walzgut (3) den Walzspalt erreicht, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Vorsteuerungsdrehgeschwindigkeit (v_v) ab dem Kontakt des Walzguts (3) mit der angetriebenen Arbeitswalze (2) derart variiert wird, dass die Vorsteuerungsdrehgeschwindigkeit (v_v) monoton ansteigt oder monoton abfällt, wobei die Vorsteuerungsdrehgeschwindigkeit derart vorgegeben wird, dass der monotone Verlauf der Vorsteuerungsdrehgeschwindigkeit (v_v) sich zeitlich innerhalb einer Walzspaltfüllzeit, die mit dem Kontakt des Walzguts (3) mit der angetriebenen Arbeitswalze (2) beginnt und mit dem Erreichen der stationären Solldrehgeschwindigkeit (v_0) endet, erstreckt.
- Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Vorsteuerungsdrehgeschwindigkeit (v_v) ab dem Kontakt des Walzguts (3) mit der angetriebenen Arbeitswalze (2) mittels einer Vorsteuerungsfunktion variiert wird, die zumindest unter Berücksichtigung einer zu erwartenden Walzkraft und/oder eines zu erwartenden Walzmoments und/oder einer Einlaufgeschwindigkeit (v_1) des Walzguts (3) und/oder einer Walzspaltgeometrie ermittelt wird.
- Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Vorsteuerungsdrehgeschwindigkeit (v_v) derart vorgegeben wird, dass von dem Kontakt des Walzguts (3) mit der angetriebenen Arbeitswalze (2) bis zum Erreichen der stationären Solldrehgeschwindigkeit (v_0) das zeitliche Integral zwischen der Vorsteuerungsdrehgeschwindigkeit (v_v) und der stationären Solldrehgeschwindigkeit (v_0) eine Fläche (F_v) ergibt, die eine vorgebbare Kompensationslänge beschreibt, die der erwarteten

Massenflussstörung am Walzspalteintritt beim Walzbeginn entspricht.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Länge der Walzspaltfüllzeit größer als 50 ms gewählt wird.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine Walzgutgeschwindigkeit des Walzguts (3) an einem Gerüsteinlauf des Walzgerüsts gemessen und bei der Variation der Vorsteuerungsdrehgeschwindigkeit (v_v) ab dem Kontakt des Walzguts (3) mit der angetriebenen Arbeitswalze (2) berücksichtigt wird.
6. Walzwerk (1) zum Walzen eines Walzguts (3), aufweisend wenigstens ein Walzgerüst und wenigstens eine das Walzgerüst ansteuernde Steuer- und/oder Regeleinheit, wobei die Steuer- und/oder Regelelektronik eingerichtet ist, eine Spalthöhe eines zwischen Arbeitswalzen (2) des Walzgerüsts angeordneten Walzspalts vor einem Kontakt des Walzguts (3) mit diesen Arbeitswalzen (2) kleiner als eine Einlaufdicke (h_1) des Walzguts (3) einzustellen, wenigstens eine angetriebene Arbeitswalze (2) des Walzgerüsts mit einer Solldrehgeschwindigkeit (v_0) zu betreiben, nachdem das Walzgut (3) den Walzspalt erreicht hat und die angetriebene Arbeitswalze (2) mit einer von der Solldrehgeschwindigkeit (v_0) abweichenden Vorsteuerungsdrehgeschwindigkeit (v_v) zu betreiben, bis das Walzgut (3) den Walzspalt erreicht, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Steuer- und/oder Regelelektronik eingerichtet ist, die Vorsteuerungsdrehgeschwindigkeit (v_v) ab dem Kontakt des Walzguts (3) mit der angetriebenen Arbeitswalze (2) derart zu variieren, dass die Vorsteuerungsdrehgeschwindigkeit (v_v) monoton ansteigt oder monoton abfällt, wobei die Steuer- und/oder Regelelektronik eingerichtet ist, die Vorsteuerungsdrehgeschwindigkeit (v_v) derart vorzugeben, dass der monotone Verlauf der Vorsteuerungsdrehgeschwindigkeit (v_v) sich zeitlich innerhalb einer Walzspaltfüllzeit, die mit dem Kontakt des Walzguts (3) mit der angetriebenen Arbeitswalze (2) beginnt und mit dem Erreichen der stationären Solldrehgeschwindigkeit (v_0) endet, erstreckt
7. Walzwerk (1) nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Steuer- und/oder Regelelektronik eingerichtet ist, die Vorsteuerungsdrehgeschwindigkeit (v_v) ab dem Kontakt des Walzguts (3) mit der angetriebenen Arbeitswalze (2) mittels einer Vorsteuerungsfunktion zu variieren und vorab die Vorsteuerungsfunktion zumindest unter Berücksichtigung einer zu erwartenden Walzkraft und/oder eines zu erwartenden Walzmoments und/oder einer Einlaufgeschwindigkeit (v_1) des Walzguts (3) zu ermitteln.

8. Walzwerk (1) nach Anspruch 6 oder 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Steuer- und/oder Regelelektronik eingerichtet ist, die Vorsteuerungsdrehgeschwindigkeit (v_v) derart vorzugeben, dass von dem Kontakt des Walzguts (3) mit der angetriebenen Arbeitswalze (2) bis zum Erreichen der stationären Solldrehgeschwindigkeit (v_0) das zeitliche Integral zwischen der Vorsteuerungsdrehgeschwindigkeit (v_v) und der stationären Solldrehgeschwindigkeit (v_0) eine Fläche (F_v) ergibt, die eine vorgebbare Kompensationslänge beschreibt, die der erwarteten Massenflussstörung am Walzspalteintritt beim Walzbeginn entspricht.

9. Walzwerk (1) nach einem der Ansprüche 6 bis 8, **gekennzeichnet durch** wenigstens eine an einem Gerüsteinlauf des Walzgerüsts angeordnete, mit der Steuer- und/oder Regeleinheit verbundene Messeinheit zum Messen einer Walzgutgeschwindigkeit des Walzguts (3) an dem Gerüsteinlauf, wobei die Steuer- und/oder Regeleinheit eingerichtet ist, die gemessene Walzgutgeschwindigkeit bei der Variation der Vorsteuerungsdrehgeschwindigkeit (v_v) ab dem Kontakt des Walzguts (3) mit der angetriebenen Arbeitswalze (2) zu berücksichtigen.

Claims

1. Method of rolling a rolling material (3) in a rolling mill (1) with at least one roll stand, wherein a gap height of a rolling gap, which is arranged between work rolls (2) of the roll stand, is set before contact of the rolling material (3) with these work rolls (2) so as to be less than an entry thickness (h_1) of the rolling material (3), wherein at least one driven work roll (2) of the roll stand is operated at a target rotational speed (v_0) after the rolling material (3) has reached the rolling gap and wherein the driven work roll (2) is operated at a pre-control rotational speed (v_v) differing from the target rotational speed (v_0) until the rolling material (3) has reached the rolling gap, **characterised in that** the pre-control rotational speed (v_v), from the contact of the rolling material (3) with the driven work roll (2), is varied in such a way that the pre-control rotational speed (v_v) rises monotonically or falls monotonically, wherein the pre-control rotational speed is predetermined in such a way that the monotonic plot of the pre-control rotational speed (v_v) extends in terms of time within a rolling gap filling time which begins with contact of the rolling material (3) with the driven work roll (2) and ends with reaching the stationary target rotational speed (v_0).
2. Method according to claim 1, **characterised in that** the pre-control rotational speed (v_v) from the contact of the rolling material (3) with the driven work roll (2) is varied by means of a pre-control function which is

determined at least with consideration of an anticipated rolling force and/or an anticipated rolling moment and/or an entry speed (v_1) of the rolling material (3) and/or a rolling gap geometry.

3. Method according to claim 1 or 2, **characterised in that** the pre-control rotational speed (v_v) is predetermined in such a way that from the contact of the rolling material (3) with the driven work roll (2) up to reaching the stationary target rotational speed (v_0) the time integral between the pre-control rotational speed (F_v) and the stationary target rotational speed (v_0) gives an area (F_v) describing a predeterminable compensation length which corresponds with the anticipated mass flow disruption at rolling gap entry when rolling begins.
4. Method according to any one of claims 1 to 3, **characterised in that** the length of the rolling gap filling time is selected to be greater than 50 milliseconds.
5. Method according to any one of claims 1 to 4, **characterised in that** a rolling material speed of the rolling material (3) is measured at a stand inlet of the roll stand and in the case of variation of the pre-control rotation speed (v_v) is taken into consideration from the contact of the rolling material (3) with the driven work roll (2).
6. Rolling mill (1) for rolling a rolling material (3), comprising at least one roll stand and at least one controlling and/or regulating unit providing drive control of the roll stand, wherein the electronic controlling and/or regulating system is arranged to set a gap height of a rolling gap, which is arranged between work rolls (2) of the roll stand, before contact of the rolling material (3) with these work rolls (2) so as to be smaller than an entry thickness (h_1) of the rolling material (3), to operate at least one driven work roll (2) of the roll stand at a target rotational speed (v_0) after the rolling material (3) has reached the rolling gap and to operate the driven work roll (2) at a pre-control rotational speed (v_v), which differs from the target rotational speed (v_0), until the rolling material (3) reaches the rolling gap, **characterised in that** the electronic controlling and/or regulating system is arranged to vary the pre-control rotational speed (v_v) from the contact of the rolling material (3) with the driven work roll (2) in such a way that the pre-control rotational speed (v_v) rises monotonically or falls monotonically, wherein the electronic controlling and/or regulating system is arranged to predetermine the pre-control rotation speed (v_v) in such a way that the monotonic plot of the pre-control rotational speed (v_v) extends in time within a rolling gap filling time which begins with contact of the rolling material (3) with the driven work roll (2) and ends with reaching the stationary target rotational speed (v_0).

7. Rolling mill (1) according to claim 6, **characterised in that** the electronic controlling and/or regulating system is arranged to vary the pre-control rotational speed (v_v), by means of a pre-control function, from the contact of the rolling material (3) with the driven work roll (2) and to determine the pre-control functional in advance at least with consideration of an anticipated rolling force and/or an anticipated rolling moment and/or an entry speed (v_1) of the rolling material (3).
8. Rolling mill (1) according to claim 6 or 7, **characterised in that** the electronic controlling and/or regulating system is arranged to predetermine the pre-control rotational speed (v_v) in such a way that from the contact of the rolling material (3) with the driven work roll (2) up to reaching the stationary target rotational speed (v_0) the time integral between the pre-control rotational speed (v_v) and the stationary target rotational speed (v_0) gives an area (F_v) describing a predeterminable compensation length which corresponds with the anticipated mass flow disruption at the rolling gap entry when rolling begins.
9. Rolling mill (1) according to any one of claims 6 to 8, **characterised by** at least one measuring unit, which is arranged at a stand inlet of the roll stand and is connected with the controlling and regulating unit, for measuring a rolling material speed of the rolling material (3) at the stand inlet, wherein the controlling and/or regulating unit is arranged to take into consideration the measured rolling material speed in the case of variation of the pre-control rotational speed (v_v) from the contact of the rolling material (3) with the driven work roll (2).

Revendications

1. Procédé pour le laminage d'un produit à laminier (3) dans un laminoir (1) comprenant au moins une cage de laminoir ; dans lequel on règle une hauteur d'une emprise disposée entre des cylindres de travail (2) de la cage de laminoir, avant la mise en contact du produit à laminier (3) avec ces cylindres de travail (2), pour qu'elle soit inférieure à une épaisseur d'entrée (h_1) du produit à laminier (3) ; dans lequel au moins un cylindre de travail entraîné (2) de la cage de laminoir est entraîné avec une vitesse de rotation de consigne (v_0) après que le produit à laminier (3) a atteint l'emprise ; et dans lequel le cylindre de travail entraîné (2) est entraîné avec une vitesse de rotation de commande pilote (v_v) qui s'écarte de la vitesse de rotation de consigne (v_0) jusqu'à ce que le produit à laminier (3) atteigne l'emprise ; **caractérisé en ce que** la vitesse de rotation de commande pilote (v_v) est soumise à une variation à partir de la mise en contact du produit à laminier (3) avec le cy-

lindre de travail entraîné (2) d'une manière telle que la vitesse de rotation de commande pilote (v_v) s'élève de manière monotone ou diminue de manière monotone, dans lequel la vitesse de rotation de commande pilote est prédéfinie d'une manière telle que l'allure monotone de la vitesse de rotation de commande pilote (v_v) s'étend du point de vue temporel au sein d'un laps de temps de remplissage de l'emprise qui commence avec la mise en contact du produit à laminier (3) avec le cylindre de travail entraîné (2) et qui se termine une fois que la vitesse de rotation de consigne stationnaire (v_0) a été atteinte.

2. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** la vitesse de rotation de commande pilote (v_v) est soumise à une variation à partir de la mise en contact du produit à laminier (3) avec le cylindre de travail entraîné (2) au moyen d'une fonction de commande pilote que l'on détermine au moins en prenant en compte une force de laminage escomptée et/ou un couple de laminage escompté et/ou une vitesse d'entrée (v_1) du produit à laminier (3) et/ou une géométrie de l'emprise.
3. Procédé selon la revendication 1 ou 2, **caractérisé en ce que** la vitesse de rotation de commande pilote (v_v) est prédéfinie d'une manière telle, qu'à partir de la mise en contact du produit à laminier (3) avec le cylindre de travail entraîné (2) jusqu'à ce que l'on ait atteint la vitesse de rotation de consigne stationnaire (v_0), l'intégrale de temps entre la vitesse de rotation de commande pilote (v_v) et la vitesse de rotation de consigne stationnaire (v_0) fournit une surface (F_v) qui décrit une longueur de compensation prédéfinissable qui correspond à la perturbation attendue du débit massique à l'entrée de l'emprise au début du laminage.
4. Procédé selon l'une des revendications 1 à 3, **caractérisé en ce que** l'étendue du laps de temps de remplissage de l'emprise est sélectionnée pour être supérieure à 50 ms.
5. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, **caractérisé en ce que** l'on mesure une vitesse du produit à laminier (3) à une entrée de la cage de laminoir et on la prend en compte lors de la variation de la vitesse de rotation de commande pilote (v_v) à partir de la mise en contact du produit à laminier (3) avec le cylindre de travail entraîné (2).
6. Laminoir (1) destiné au laminage d'un produit à laminier (3), présentant au moins une cage de laminoir et au moins une unité de commande et/ou de réglage qui commande la cage de laminoir ; dans lequel l'électronique de commande et/ou de réglage est conçue pour régler une hauteur d'une emprise disposée entre des cylindres de travail (2) de la cage

de laminoir avant une mise en contact du produit à laminier (3) avec ces cylindres de travail (2) pour qu'elle soit inférieure à une épaisseur d'entrée (h_1) du produit à laminier (3) ; pour entraîner au moins un cylindre de travail entraîné (2) de la cage de laminoir avec une vitesse de rotation de consigne (v_0), après que le produit à laminier (3) a atteint l'emprise ; et pour entraîner le cylindre de travail entraîné (2) avec une vitesse de rotation de commande pilote (v_v) qui s'écarte de la vitesse de rotation de consigne (v_0) jusqu'à ce que le produit à laminier (3) atteigne l'emprise ; **caractérisé en ce que** l'électronique de commande et/ou de réglage est conçue pour soumettre la vitesse de rotation de commande pilote (v_v) à une variation à partir de la mise en contact du produit à laminier (3) avec le cylindre de travail entraîné (2) d'une manière telle que la vitesse de rotation de commande pilote (v_v) s'élève de manière monotone ou diminue de manière monotone, dans lequel que l'électronique de commande et/ou de réglage est conçue pour prédéfinir la vitesse de rotation de commande pilote d'une manière telle que l'allure monotone de la vitesse de rotation de commande pilote (v_v) s'étend du point de vue temporel au sein d'un laps de temps de remplissage de l'emprise, qui commence avec la mise en contact du produit à laminier (3) avec le cylindre de travail entraîné (2) et qui se termine une fois que la vitesse de rotation de consigne stationnaire (v_0) a été atteinte.

7. Laminoir (1) selon la revendication 6, **caractérisé en ce que** l'électronique de commande et/ou de réglage est conçue pour soumettre la vitesse de rotation de commande pilote (v_v) à une variation à partir de la mise en contact du produit à laminier (3) avec le cylindre de travail entraîné (2) au moyen d'une fonction de commande pilote et pour déterminer au préalable la fonction de commande pilote au moins en prenant en compte une force de laminage escomptée et/ou un couple de laminage escompté et/ou une vitesse d'entrée (v_1) du produit à laminier (3).
8. Laminoir (1) selon la revendication 6 ou 7, **caractérisé en ce que** l'électronique de commande et/ou de réglage est conçue pour prédéfinir la vitesse de rotation de commande pilote (v_v) d'une manière telle, qu'à partir de la mise en contact du produit à laminier (3) avec le cylindre de travail entraîné (2) jusqu'à ce que l'on ait atteint la vitesse de rotation de consigne stationnaire (v_0), l'intégrale de temps entre la vitesse de rotation de commande pilote (v_v) et la vitesse de rotation de consigne stationnaire (v_0) fournit une surface (F_v) qui décrit une longueur de compensation prédéfinissable qui correspond à la perturbation attendue du débit massique à l'entrée de l'emprise au début du laminage.

9. Laminoir (1) selon l'une quelconque des revendications 6 à 8, **caractérisé par** une unité de mesure disposée à l'entrée de la cage de laminoir, reliée à l'unité de commande et/ou de réglage, destinée à mesurer une vitesse du produit à laminer (3) à l'entrée de la cage de laminoir; dans lequel l'unité de commande et/ou de réglage est conçue pour prendre en compte la vitesse mesurée du produit à laminer lors de la variation de la vitesse de rotation de commande pilote (v_v) à partir de la mise en contact du produit à laminer (3) avec le cylindre de travail entraîné (2).

15

20

25

30

35

40

45

50

55

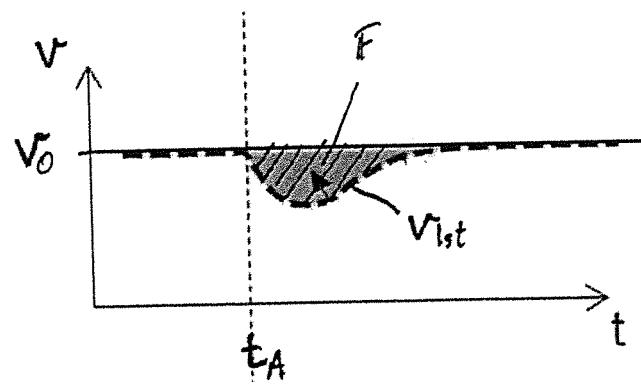


Fig. 1

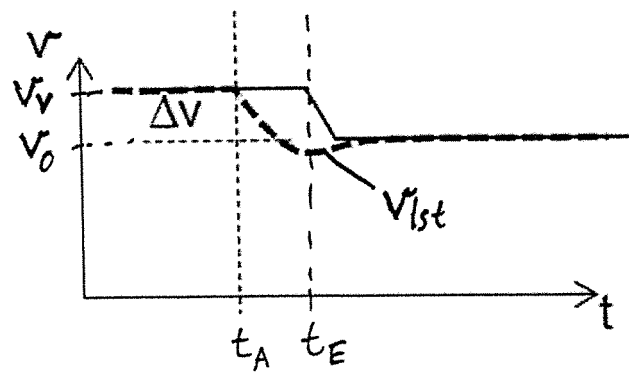


Fig. 2

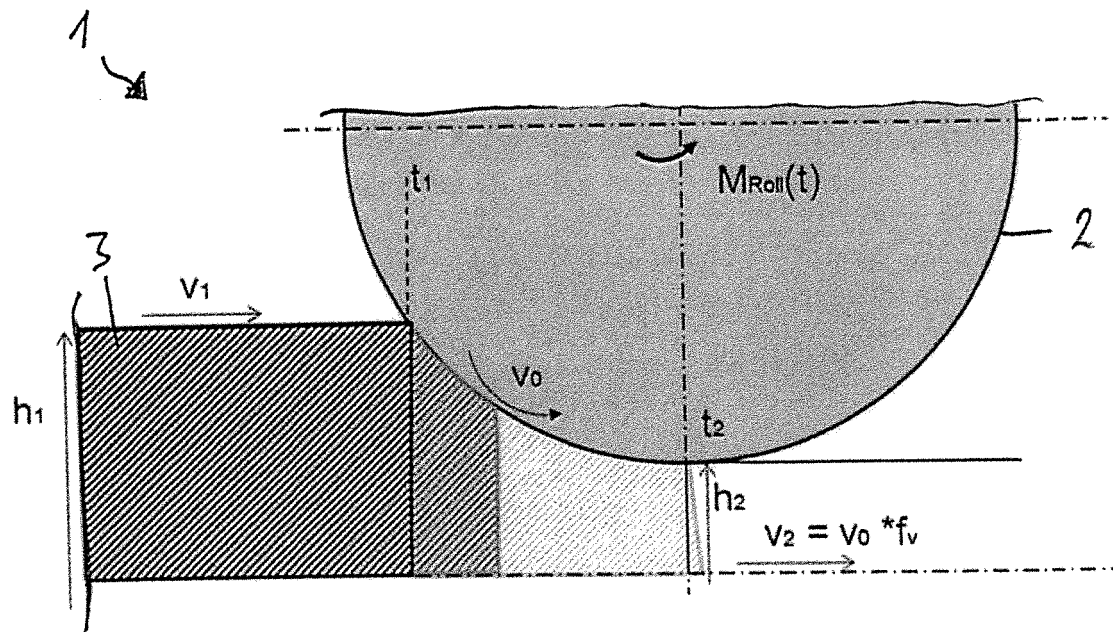


Fig. 3

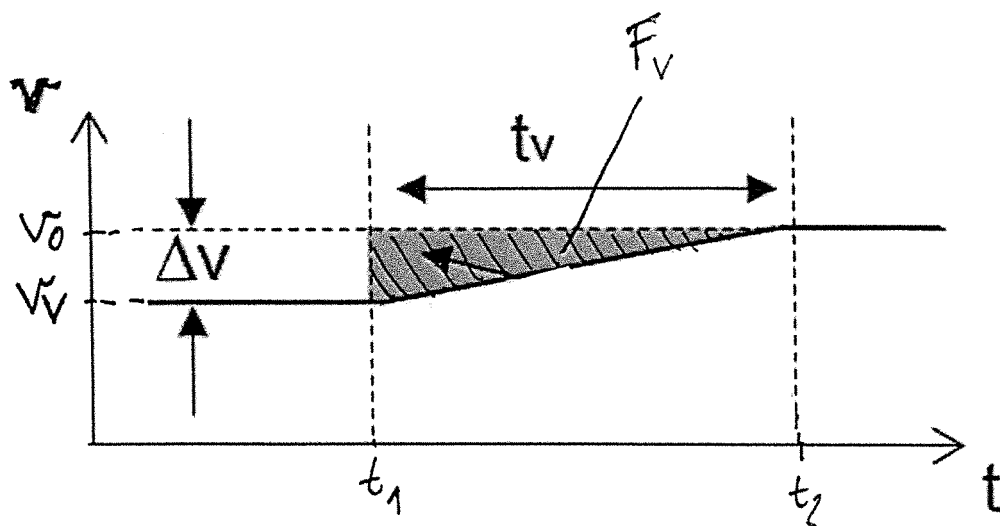


Fig. 4

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

- EP 2796217 A1 [0003]