

(12) **Patentschrift**

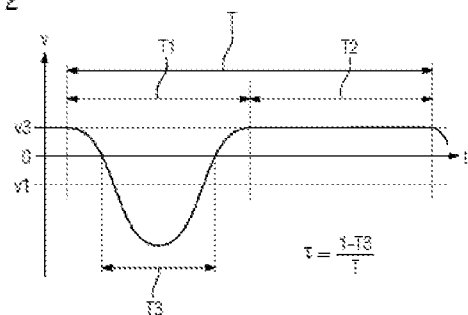
(21) Anmeldenummer: A 50273/2015 (51) Int. Cl.: **B22D 11/053** (2006.01)
(22) Anmeldetag: 07.04.2015 **B22D 11/16** (2006.01)
(45) Veröffentlicht am: 15.08.2018

(56) Entgegenhaltungen: DE 69401582 T2 DE 69303309 T3 CH 498675 A DE 102006001196 A1 EP 0325931 A1	(73) Patentinhaber: Primetals Technologies Austria GmbH 4031 Linz (AT) (72) Erfinder: Wahl Helmut Dipl.Ing. 4222 Luftenberg/Donau (AT) Wieser Philipp Dipl.Ing. 4521 Schiedlberg (AT) Wimmer Peter Paul Dipl.Ing. Dr. 4020 Leonding (AT) (74) Vertreter: Mikota Josef Dr. 4031 Linz (AT)
---	--

(54) **Stranggießen mit optimierter Oszillation der Stranggießkokille**

(57) Flüssiges Metall (2) wird in eine Stranggießkokille (1) der Stranggießanlage gegossen. Das flüssige Metall (2) erstarrt an Seitenwänden (3) der Stranggießkokille (1) zu einer Strangschale (4). Die Strangschale (4) wird mittels einer Abzugseinrichtung (6) der Stranggießanlage mit oder ohne noch flüssigen Kern (5) in einer Gießrichtung (x) mit einer Gießgeschwindigkeit (vG) aus der Stranggießkokille (1) abgezogen. Die Stranggießkokille (1) wird mittels einer Oszillationseinrichtung (8) der Stranggießanlage in der Gießrichtung (x) periodisch bewegt. Die Oszillationseinrichtung (8) wird von einer Steuereinrichtung (9) der Stranggießanlage gesteuert. Die Bewegung der Stranggießkokille (1) ist in einem ersten Zeitabschnitt (T1) der Periode eine harmonische Schwingung, der ein Geschwindigkeitsoffset (v1) überlagert ist. In einem zweiten Zeitabschnitt (T2) der Periode erfolgt die Bewegung mit konstanter Geschwindigkeit (v3).

FIG 2



Beschreibung

STRANGGIEßEN MIT OPTIMIERTER OSZILLATION DER STRANGGIEßKOKILLE

[0001] Die vorliegende Erfindung geht aus von einem Betriebsverfahren für eine Stranggießanlage,

[0002] - wobei flüssiges Metall in eine Stranggießkokille der Stranggießanlage gegossen wird,

[0003] - wobei das flüssige Metall an Seitenwänden der Stranggießkokille zu einer Strangschale erstarrt,

[0004] - wobei die Strangschale mittels einer Abzugseinrichtung der Stranggießanlage mit oder ohne noch flüssigen Kern in einer Gießrichtung mit einer Gießgeschwindigkeit aus der Stranggießkokille abgezogen wird,

[0005] - wobei die Stranggießkokille mittels einer von einer Steuereinrichtung der Stranggießanlage gesteuerten Oszillationseinrichtung der Stranggießanlage in der Gießrichtung periodisch bewegt wird.

[0006] Die vorliegende Erfindung geht weiterhin aus von einer Steuereinrichtung für eine Stranggießanlage, wobei die Steuereinrichtung eine Oszillationseinrichtung der Stranggießanlage derart ansteuert, dass die Stranggießkokille in der Gießrichtung periodisch bewegt wird.

[0007] Die vorliegende Erfindung geht weiterhin aus von einer Stranggießanlage,

[0008] - wobei die Stranggießanlage eine Stranggießkokille aufweist, in die flüssiges Metall gegossen wird,

[0009] - wobei das flüssige Metall an Seitenwänden der Stranggießkokille zu einer Strangschale erstarrt,

[0010] - wobei die Stranggießanlage eine Abzugseinrichtung aufweist, mittels derer die Strangschale mit oder ohne noch flüssigen Kern in einer Gießrichtung mit einer Gießgeschwindigkeit aus der Stranggießkokille abgezogen wird,

[0011] - wobei die Stranggießanlage eine Oszillationseinrichtung aufweist, mittels derer die Stranggießkokille in der Gießrichtung periodisch bewegt wird,

[0012] - wobei die Stranggießanlage eine Steuereinrichtung aufweist, von der die Oszillationseinrichtung gesteuert wird.

[0013] Beim Stranggießen von Metall besteht die Gefahr, dass die frisch erstarrte Strangschale an den Seitenwänden der gekühlten Stranggießkokille anhaftet (anbackt). Um diese Gefahr zu minimieren bzw. zu vermeiden, wird die Stranggießkokille mittels der Oszillationseinrichtung periodisch bewegt. Die Parameter der Oszillationsbewegung wie beispielsweise deren Amplitude, deren Frequenz oder Periode und dergleichen mehr werden von einem übergeordneten System entsprechend der aktuellen Betriebsparameter der Stranggießanlage wie beispielsweise der Gießgeschwindigkeit und der chemischen Zusammensetzung des Metalls (im Falle von Stahl beispielsweise der Stahlsorte) vorgegeben. Eine der Wirkungen der Bewegung der Stranggießkokille besteht darin, dass sich zwischen den Seitenwänden der Stranggießkokille und der erstarrten Strangschale eine Schicht aus Schlacke bildet. Die Schlacke besteht zumindest im Wesentlichen aus Gießpulver. Die Schicht ist in der Regel noch geschmolzen, obwohl der Metallstrang zumindest an seiner Außenseite bereits erstarrt ist. Diese Schicht wirkt schmierend und verhindert insbesondere das Anhaften der Strangschale an den Seitenwänden der Stranggießkokille.

[0014] Das Ausbilden der Schicht aus Schlacke erfolgt insbesondere während derjenigen Zeiten, während derer die Abwärtsbewegung der Stranggießkokille schneller ist als die Abwärtsbewegung des Strangs. Das Ausbilden der Schicht aus Schlacke erfolgt also während Zeiten, während derer die Stranggießkokille nach unten bewegt wird und die Geschwindigkeit der

Stranggießkokille größer als die Gießgeschwindigkeit ist.

[0015] Als einfachste Bewegung für die Stranggießkokille bietet sich eine Sinusschwingung an. Im Stand der Technik sind jedoch auch andere Bewegungen der Stranggießkokille bekannt. Hierzu werden meist, ausgehend von einer sinusförmigen Bewegung, nicht sinusförmige Oszillationskurven verwendet. Unabhängig von der konkreten Art der Bewegung ist das Bestreben jedoch stets, die Schmierwirkung zu optimieren, den Verbrauch an Gießpulver zu minimieren und Oszilliermarken am gegossenen Strang möglichst zu vermeiden.

[0016] Beispielsweise ist aus dem Fachvortrag „Theoretical Studies to Adjust Proper Mold Oscillation Parameters“ von Karl Moerwald et al., gehalten auf der AISE 2000, Pittsburgh, PA, USA, eine derartige nicht sinusförmige Bewegung bekannt.

[0017] Aus der EP 0 697 930 B1 ist ein Betriebsverfahren für eine Stranggießanlage bekannt, bei dem flüssiges Metall in eine Stranggießkokille gegossen wird und das flüssige Metall an Seitenwänden der Stranggießkokille zu einer Strangschale erstarrt. Die Strangschale wird mittels einer Abzugseinrichtung mit einer Gießgeschwindigkeit in einer Gießrichtung aus der Stranggießkokille abgezogen. Die Stranggießkokille wird mittels einer Oszillationseinrichtung in der Gießrichtung periodisch bewegt. Die Periode der Bewegung der Stranggießkokille weist einen ersten und einen zweiten Zeitabschnitt auf. Im ersten Zeitabschnitt sinkt die Geschwindigkeit, mit der die Stranggießkokille bewegt wird, von einem Maximalwert unter die Gießgeschwindigkeit ab und steigt sodann wieder auf den Maximalwert an. Im zweiten Zeitabschnitt weist die Geschwindigkeit konstant den Maximalwert auf.

[0018] Aus der EP 0 564 316 B2 ist ein Betriebsverfahren für eine Stranggießanlage bekannt, bei dem flüssiges Metall in eine Stranggießkokille gegossen wird und das flüssige Metall an Seitenwänden der Stranggießkokille zu einer Strangschale erstarrt. Die Strangschale wird mittels einer Abzugseinrichtung mit einer Gießgeschwindigkeit in einer Gießrichtung aus der Stranggießkokille abgezogen. Die Stranggießkokille wird mittels einer Oszillationseinrichtung in der Gießrichtung periodisch bewegt.

[0019] Aus der DE 10 2006 001 196 A1 ist ein Betriebsverfahren für eine Stranggießanlage bekannt, bei dem flüssiges Metall in eine Stranggießkokille gegossen wird und das flüssige Metall an Seitenwänden der Stranggießkokille zu einer Strangschale erstarrt. Die Strangschale wird mittels einer Abzugseinrichtung mit einer Gießgeschwindigkeit in einer Gießrichtung aus der Stranggießkokille abgezogen. Die Stranggießkokille wird mittels einer Oszillationseinrichtung in der Gießrichtung periodisch bewegt. Die Bewegung der Stranggießkokille ist eine harmonische Schwingung. Ein gleichgelagerter Offenbarungsgehalt ist der CH 498 675 A zu entnehmen.

[0020] Aus der EP 0 325 931 A ist ein Betriebsverfahren für eine Stranggießanlage bekannt, bei dem flüssiges Metall in eine Stranggießkokille gegossen wird und das flüssige Metall an Seitenwänden der Stranggießkokille zu einer Strangschale erstarrt. Die Strangschale wird mittels einer Abzugseinrichtung mit einer Gießgeschwindigkeit in einer Gießrichtung aus der Stranggießkokille abgezogen. Die Stranggießkokille wird mittels einer Oszillationseinrichtung in der Gießrichtung periodisch bewegt. Die Bewegung der Stranggießkokille erfolgt sägezahnförmig. Die Geschwindigkeit, mit der die Stranggießkokille bewegt wird, weist in einem ersten Zeitabschnitt einen ersten Wert und in einem zweiten Zeitabschnitt einen zweiten Wert auf. Der erste und der zweite Wert sind konstant.

[0021] Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht darin, eine optimierte Bewegungsform für die Stranggießkokille anzugeben.

[0022] Die Aufgabe wird durch ein Betriebsverfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen des erfindungsgemäßen Betriebsverfahrens sind Gegenstand der abhängigen Ansprüche 2 bis 4.

[0023] Erfindungsgemäß wird ein Betriebsverfahren der eingangs genannten Art dadurch ausgestaltet, dass die Bewegung der Stranggießkokille in einem ersten Zeitabschnitt der Periode

eine harmonische Schwingung ist, der ein Geschwindigkeitsoffset überlagert ist, und in einem zweiten Zeitabschnitt der Periode mit konstanter Geschwindigkeit erfolgt.

[0024] Die harmonische Schwingung weist eine Amplitude auf. Vorzugsweise sind die Amplitude der harmonischen Schwingung, der Geschwindigkeitsoffset und die konstante Geschwindigkeit derart aufeinander abgestimmt, dass der zeitliche Verlauf der Geschwindigkeit beim Übergang vom ersten Zeitabschnitt zum zweiten Zeitabschnitt und beim Übergang vom zweiten Zeitabschnitt einer Periode zum ersten Zeitabschnitt der nachfolgenden Periode stetig differenzierbar ist. Dadurch ergibt sich eine weiche Bewegung der Stranggießkokille, die ruckartige Bewegungen vermeidet. Die mechanische Belastung der Stranggießkokille und der Oszillationseinrichtung sowie der damit verbundenen Maschinenelemente können dadurch minimiert werden. Weiterhin wird eine unkontrollierte Anregung von unerwünschten Schwingungen vermieden.

[0025] In einer bevorzugten Ausgestaltung der vorliegenden Erfindung ist vorgesehen,

[0026] - dass der Steuereinrichtung von einer Bedienperson oder einem übergeordneten System drei Größen vorgegeben werden und

[0027] - dass die Steuereinrichtung anhand der ihr vorgegebenen Größen die Periodendauer, den ersten Zeitabschnitt, den zweiten Zeitabschnitt, die Amplitude der harmonischen Schwingung, den Geschwindigkeitsoffset und die konstante Geschwindigkeit ermittelt.

[0028] Dadurch ist auf komfortable Weise eine Vorgabe der Parameter der Bewegung der Stranggießkokille möglich.

[0029] Beispielsweise ist es möglich,

[0030] - dass eine erste der drei Größen eine der Zeiten Periodendauer, erster Zeitabschnitt und zweiter Zeitabschnitt oder eine hierzu äquivalente Größe ist,

[0031] - dass eine zweite der drei Größen eine der Geschwindigkeiten Amplitude der harmonischen Schwingung, Geschwindigkeitsoffset und konstante Geschwindigkeit oder eine hierzu äquivalente Größe ist und

[0032] - dass eine dritte der drei Größen eine weitere der genannten Zeiten oder eine Beziehung von zwei der Zeiten zueinander oder eine weitere der genannten Geschwindigkeiten oder eine Beziehung von zwei der Geschwindigkeiten zueinander oder eine Zeitspanne oder ein Zeitanteil ist, während dessen die Geschwindigkeit der Oszillation der Stranggießkokille in oder entgegen der Gießrichtung gerichtet ist.

[0033] Die Beziehung von zwei der Zeiten zueinander kann beispielsweise das Verhältnis (= der Quotient) oder die Differenz der beiden Zeiten sein. Auch eine andere Beziehung ist möglich. Entscheidend ist, dass anhand der Beziehung und der einen dieser beiden Zeiten die jeweils andere Zeit eindeutig ermittelt werden kann. Analoge Ausführungen gelten, wenn eine Beziehung von zwei der Geschwindigkeiten zueinander vorgegeben wird. Eine zur Periodendauer äquivalente Größe ist beispielsweise die Frequenz. Eine für die Geschwindigkeiten äquivalente Größe ist beispielsweise die maximale Auslenkung der Stranggießkokille aus einer Ruhelage. Die Zeitspanne oder ein Zeitanteil, während dessen die Geschwindigkeit der Oszillation der Stranggießkokille in oder entgegen der Gießrichtung gerichtet ist, ist Fachleuten allgemein als sogenannter nonsinus-Parameter bekannt.

[0034] Alternativ ist es möglich,

[0035] - dass der Steuereinrichtung von einer Bedienperson oder einem übergeordneten System maximal zwei der Größen Periodendauer, erster Zeitabschnitt, zweiter Zeitabschnitt, Amplitude der harmonischen Schwingung, Geschwindigkeitsoffset und konstante Geschwindigkeit vorgegeben werden und

[0036] - dass die Steuereinrichtung die Periodendauer, den ersten Zeitabschnitt, den zweiten Zeitabschnitt, die Amplitude der harmonischen Schwingung, den Geschwindigkeitsoffset und die konstante Geschwindigkeit unter Verwendung der Gießgeschwindigkeit

und/oder metallurgischer Eigenschaften des flüssigen Metalls selbsttätig ermittelt.

[0037] In diesem Fall kann die Steuereinrichtung die Parameter der Bewegung der Stranggießkokille - gegebenenfalls unter Berücksichtigung der vorgegebenen Größen - automatisch optimal wählen. Beispielsweise kann die Steuereinrichtung die Parameter der Bewegung der Stranggießkokille anhand oder unter Verwendung unter anderem der Gießgeschwindigkeit bestimmen.

[0038] Die Aufgabe wird weiterhin durch eine Steuereinrichtung mit den Merkmalen des Anspruchs 6 gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen der erfindungsgemäßen Steuereinrichtung sind Gegenstand der abhängigen Ansprüche 7 bis 10.

[0039] Erfindungsgemäß ist die Bewegung der Stranggießkokille in einem ersten Zeitabschnitt der Periode eine harmonische Schwingung, der ein Geschwindigkeitsoffset überlagert ist, und erfolgt in einem zweiten Zeitabschnitt der Periode mit konstanter Geschwindigkeit.

[0040] Die vorteilhaften Ausgestaltungen der Steuereinrichtung korrespondieren im wesentlichen mit den vorteilhaften Ausgestaltungen des Betriebsverfahrens.

[0041] Die Aufgabe wird weiterhin durch eine Stranggießanlage mit den Merkmalen des Anspruchs 11 gelöst. Erfindungsgemäß ist eine Stranggießanlage der eingangs genannten Art dadurch ausgestaltet, dass die Steuereinrichtung als erfindungsgemäße Steuereinrichtung ausgebildet ist.

[0042] Die oben beschriebenen Eigenschaften, Merkmale und Vorteile dieser Erfindung sowie die Art und Weise, wie diese erreicht werden, werden klarer und deutlicher verständlich im Zusammenhang mit der folgenden Beschreibung der Ausführungsbeispiele, die in Verbindung mit den Zeichnungen näher erläutert werden. Hierbei zeigen in schematischer Darstellung:

[0043] FIG 1 eine Stranggießanlage und

[0044] FIG 2 und 3 je ein Zeitdiagramm.

[0045] Gemäß FIG 1 weist eine Stranggießanlage eine Stranggießkokille 1 auf. In die Stranggießkokille 1 wird flüssiges Metall 2 gegossen. Das flüssige Metall 2 kann beispielsweise flüssiger Stahl oder flüssiges Aluminium sein.

[0046] Die Stranggießkokille 1 weist Seitenwände 3 auf, die mit einem Kühlmedium intensiv gekühlt werden. In der Regel bestehen die Seitenwände 3 aus Kupfer und ist das Kühlmedium Wasser. Das flüssige Metall 2 erstarrt an den Seitenwänden 3 der Stranggießkokille 1 zu einer Strangschale 4. Die Strangschale 4 umgibt einen zunächst noch flüssigen Kern 5, der erst später erstarrt.

[0047] Die Stranggießanlage weist weiterhin eine Abzugseinrichtung 6 auf. Mittels der Abzugseinrichtung 6 wird die Strangschale 4 in einer Gießrichtung x mit einer Gießgeschwindigkeit v_G aus der Stranggießkokille 1 abgezogen. In der Regel erfolgt das Abziehen der Strangschale 4, während der Kern 5 noch flüssig ist. Eine Sumpfspitze 7 des flüssigen Kerns 5 liegt also im Regelfall außerhalb der Stranggießkokille 1. Dies ist im Rahmen der vorliegenden Erfindung jedoch von untergeordneter Bedeutung.

[0048] Insbesondere ist die vorliegende Erfindung auch dann anwendbar, wenn das Erstarren des flüssigen Kerns 5 noch in der Stranggießkokille 1 erfolgt, die Sumpfspitze 7 also innerhalb der Stranggießkokille 1 liegt.

[0049] Die Stranggießanlage weist weiterhin eine Oszillationseinrichtung 8 auf. Mittels der Oszillationseinrichtung 8 wird die Stranggießkokille 1 periodisch bewegt. Die periodische Bewegung der Stranggießkokille 1 erfolgt in der Gießrichtung x . In der Regel weist die Oszillationseinrichtung 8 einen oder mehrere Hydraulikzylinder auf, mittels derer die Bewegung der Stranggießkokille 1 bewirkt wird. Alternativ kann die Oszillationseinrichtung ein andersartiges Antriebssystem für die Stranggießkokille 1 aufweisen.

[0050] In vielen Fällen ist die Stranggießkokille 1 als gerade Kokille ausgebildet. In diesem Fall

erfolgt die Oszillation der Stranggießkokille 1 parallel zur Gießrichtung x. Alternativ kann die Stranggießkokille 1 als gebogene Kokille ausgebildet sein. In diesem Fall erfolgt die Oszillation der Stranggießkokille 1 entsprechend der durch die Biegung der Kokille definierten Gießrichtung x.

[0051] Die Oszillationseinrichtung 8 wird von einer Steuereinrichtung 9 der Stranggießanlage gesteuert. Oftmals werden von der Steuereinrichtung 9 - zusätzlich zur Ansteuerung der Oszillationseinrichtung 8 - auch andere Komponenten der Stranggießanlage 1 gesteuert, beispielsweise die Abzugseinrichtung 6 oder eine Gießeinrichtung, mittels derer das flüssige Metall 2 in die Stranggießkokille 1 gegossen wird. Die Steuereinrichtung 9 ist in der Regel als softwareprogrammierbare Steuereinrichtung ausgebildet. Ihre Wirkungsweise wird durch ein Computerprogramm 10 festgelegt, mit dem die Steuereinrichtung 9 programmiert ist. Das Computerprogramm 10 kann der Steuereinrichtung 9 beispielsweise über einen Datenträger 11 zugeführt werden, auf dem das Computerprogramm 10 in maschinenlesbarer Form - insbesondere in elektronischer Form - gespeichert ist. Der Datenträger 11 kann beispielsweise entsprechend der Darstellung in FIG 1 als USB-Memorystick ausgebildet sein. Es sind jedoch ebenso beliebige andere Ausgestaltungen des Datenträgers 11 möglich.

[0052] Das Computerprogramm 10 umfasst Maschinencode 12, der von der Steuereinrichtung 9 unmittelbar abarbeitbar ist. Die Abarbeitung des Maschinencodes 12 durch die Steuereinrichtung 9 bewirkt, dass die Steuereinrichtung 9 zumindest die Oszillationseinrichtung 8 gemäß einem Betriebsverfahren steuert, das nachstehend näher erläutert wird.

[0053] Aufgrund der Steuerung der Oszillationseinrichtung 8 durch die Steuereinrichtung 9 führt die Oszillationseinrichtung 8 eine periodische Bewegung aus. Die periodische Bewegung weist gemäß FIG 2 eine Periodendauer T auf. Die Periodendauer T zerfällt in einen ersten Zeitabschnitt T1 und einen zweiten Zeitabschnitt T2. Die Zeitabschnitte T1 und T2 bilden zusammen die Periodendauer T. Es gilt also die Beziehung

$$T1 + T2 = T \quad (1)$$

[0054] Im ersten Zeitabschnitt T1 ist die Bewegung der Stranggießkokille 1, also die durch die Oszillationseinrichtung 8 bewirkte Bewegung, eine harmonische Schwingung, der ein Geschwindigkeitsoffset $v1$ überlagert ist. Im ersten Zeitabschnitt T1 gilt also als Funktion der Zeit t die Beziehung

$$v(t) = v1 + v2 \cdot \cos(2n\pi t/T1 + \varphi0) \quad (2)$$

[0055] $v2$ ist die Amplitude der harmonischen Schwingung. n ist eine natürliche Zahl. Meist weist n entsprechend der Darstellung in

[0056] FIG 2 den Wert 1 auf. $\varphi0$ ist entweder 0 oder π .

[0057] Im zweiten Zeitabschnitt T2 erfolgt die Bewegung der Stranggießkokille 1 mit konstanter Geschwindigkeit $v3$. Im zweiten Zeitabschnitt T2 gilt also als Funktion der Zeit t die Beziehung

$$v(t) = v3 \quad (3)$$

[0058] Nachfolgend wird der Fall behandelt, dass der Phasenversatz $\varphi0$ den Wert 0 aufweist. Der Fall, dass der Phasenversatz $\varphi0$ den Wert π aufweist, gestaltet sich analog bzw. kann mit einer Vorzeichenumkehr der Amplitude $v2$ gleichgesetzt werden.

[0059] Der Cosinus der harmonischen Schwingung weist sowohl am Anfang als auch am Ende des ersten Zeitabschnitts T1 den Wert +1 auf. An den Grenzen des ersten Zeitabschnitts T1 ergibt sich also für die Überlagerung von harmonischer Schwingung und Geschwindigkeitsoffset $v1$ der Wert $v1 + v2$. Da der Übergang zwischen den beiden Zeitabschnitten T1 und T2 stetig sein soll, muss daher gelten

$$v1 + v2 = v3 \quad (4)$$

[0060] Weiterhin gilt für die Beschleunigung a als Funktion der Zeit t im ersten Zeitabschnitt T1 die Beziehung

$$\alpha(t) = -\frac{2n\pi v_2}{T_1} \sin(2n\pi t/T_1 + \varphi_0) \quad (5)$$

[0061] Da die Beschleunigung a - siehe FIG 3 - im zweiten Zeitabschnitt T_2 den Wert 0 aufweist, muss die harmonische Schwingung als solche betrachtet eine volle Anzahl von Oszillationen ausführen.

[0062] Weiterhin muss für den zurückgelegten Weg über eine volle Periodendauer T gelten, dass er den Wert 0 aufweist. Es muss also gelten:

$$\int_0^T v(t) dt = 0 \quad (6)$$

[0063] Durch abschnittswises Integrieren ergibt sich daher, dass die Beziehung

$$v_1 \cdot T_1 + v_1 \cdot T_2 + v_2 \cdot t_2 = 0 \quad (7)$$

[0064] gelten muss. Diese Beziehung kann umgeformt werden zu

$$\frac{v_1}{v_2} = -\frac{T_2}{T} \quad (8)$$

[0065] Wenn diese Bedingungen eingehalten werden, sind die Amplitude v_2 der harmonischen Schwingung, der Geschwindigkeitsoffset v_1 und die konstante Geschwindigkeit v_3 derart aufeinander abgestimmt sind, dass der zeitliche Verlauf der Geschwindigkeit v beim Übergang vom ersten Zeitabschnitt T_1 zum zweiten Zeitabschnitt T_2 und beim Übergang vom zweiten Zeitabschnitt T_2 einer Periode zum ersten Zeitabschnitt T_1 der nachfolgenden Periode sowohl als solcher stetig ist als auch stetig differenzierbar ist.

[0066] Im Ergebnis weist die Oszillation der Stranggießkokille 1 somit insgesamt sechs Parameter auf, nämlich die drei Zeiten T , T_1 und T_2 und die drei Geschwindigkeiten v_1 , v_2 und v_3 . Diese sechs Parameter sind jedoch nicht unabhängig voneinander wählbar. Vielmehr sind sie durch die Gleichungen 1, 4 und 8 miteinander verknüpft.

[0067] Wenn von den sechs Parametern eine der Zeiten T , T_1 und T_2 (oder eine hierzu äquivalente Größe) und eine der Geschwindigkeiten v_1 , v_2 und v_3 (oder eine hierzu äquivalente Größe) vorgegeben werden, ist lediglich eine weitere Größe erforderlich, um die verbleibenden vier Parameter eindeutig zu bestimmen. Diese weitere Größe kann beispielsweise eine der beiden verbleibenden Zeiten oder eine der beiden verbleibenden Geschwindigkeiten sein. Auch kann es sich um eine Beziehung von zwei der Zeiten zueinander oder um eine Beziehung von zwei der Geschwindigkeiten zueinander handeln. Alternativ kann es sich bei der weiteren Größe beispielsweise um eine Zeitspanne T_3 (absolute Größe) oder einen Zeitanteil t (relative Größe) handeln, während dessen die Geschwindigkeit v der Oszillation der Stranggießkokille 1 in oder entgegen der Gießrichtung x gerichtet ist. Insbesondere der Zeitanteil t ist Fachleuten allgemein als sogenannter nonsinus-Parameter bekannt.

[0068] Es ist daher möglich, dass der Steuereinrichtung 9 von einer Bedienperson 13 oder einem übergeordneten System 14 eine der Zeiten T , T_1 und T_2 (oder eine hierzu äquivalente Größe) und eine der Geschwindigkeiten v_1 , v_2 und v_3 (oder eine hierzu äquivalente Größe) und zusätzlich eine weitere Größe vorgegeben werden. In diesem Fall kann die Steuereinrichtung 9 anhand der ihr vorgegebenen Größen die Periodendauer T , den ersten Zeitabschnitt T_1 , den zweiten Zeitabschnitt T_2 , die Amplitude v_2 der harmonischen Schwingung, den Geschwindigkeitsoffset v_1 und die konstante Geschwindigkeit v_3 ermitteln. Es ist lediglich erforderlich, dass die weitere Größe, also die dritte vorgegebene Größe, eine weitere der genannten Zeiten T , T_1 , T_2 oder eine Beziehung von zwei der Zeiten $ca.$ T , T_1 , T_2 oder eine weitere der genannten Geschwindigkeiten v_1 , v_2 , v_3 oder eine Beziehung von zwei der Geschwindigkeiten v_1 , v_2 , v_3 zueinander ist. Alternativ kann es sich bei der weiteren Größe beispielsweise um die Zeitspanne T_3 oder den Zeitanteil τ handeln. In der Praxis werden der Steuereinrichtung 9 oftmals die Frequenz (d.h. der Kehrwert der Periodendauer T), die maximale Auslenkung der Oszillation der Stranggießkokille 1 und der Zeitanteil τ vorgegeben.

[0069] Es sind auch andere Vorgehensweisen möglich. Insbesondere ist es alternativ möglich, dass der Steuereinrichtung 9 von der Bedienperson 13 oder dem übergeordneten System 14 maximal zwei der Größen Periodendauer T , erster Zeitabschnitt T_1 , zweiter Zeitabschnitt T_2 , Amplitude v_2 der harmonischen Schwingung, Geschwindigkeitsoffset v_1 und konstante Geschwindigkeit v_3 vorgegeben werden. Dies umfasst insbesondere nicht nur den Fall, dass der Steuereinrichtung 9 von der Bedienperson 13 oder dem übergeordneten System 14 exakt zwei der genannten Größen vorgegeben werden. Es umfasst auch die Fälle, dass der Steuereinrichtung 9 von der Bedienperson 13 oder dem übergeordneten System 14 nur eine der genannten Größen oder sogar gar keine der genannten Größen vorgegeben wird. In diesen Fällen ist es jedoch möglich, dass die Steuereinrichtung 9 die Periodendauer T , den ersten Zeitabschnitt T_1 , den zweiten Zeitabschnitt T_2 , die Amplitude v_2 der harmonischen Schwingung, den Geschwindigkeitsoffset v_1 und die konstante Geschwindigkeit v_3 unter Verwendung der Gießgeschwindigkeit v_G und/oder metallurgischer Eigenschaften des flüssigen Metalls 2 selbsttätig ermittelt. Die der Steuereinrichtung 9 von der Bedienperson 13 oder dem übergeordneten System 14 gegebenenfalls vorgegebenen Größen werden von der Steuereinrichtung 9 bei der Ermittlung berücksichtigt.

[0070] Beispielsweise werden in der Praxis die Größen, anhand derer die Zeiten T , T_1 und T_2 sowie die Geschwindigkeiten v_1 , v_2 , v_3 ermittelt werden, oftmals anhand der Gießgeschwindigkeit v_G ermittelt. Beispielsweise können folgende Beziehungen bestehen:

$$s = c_1 + c_2 \cdot v_G \quad (9)$$

$$f = c_3 + c_4 \cdot v_G + c_5 \cdot v_G / 2s \quad (10)$$

$$\tau = c_6 \quad (11)$$

[0071] Die Koeffizienten c_1 bis c_6 sind in der Regel Konstanten. Alternativ kann es sich um Variable handeln. Weiterhin ist alternativ zu der obenstehend erläuterten Vorgehensweise auch eine anderweitige Ermittlung der Frequenz, der maximalen Auslenkung der Oszillation der Stranggießkokille 1 und des Zeitanteils τ möglich.

[0072] Zusammengefasst betrifft die vorliegende Erfindung somit folgenden Sachverhalt:

[0073] Flüssiges Metall 2 wird in eine Stranggießkokille 1 der Stranggießanlage gegossen. Das flüssige Metall 2 erstarrt an Seitenwänden 3 der Stranggießkokille 1 zu einer Strangschale 4. Die Strangschale 4 wird mittels einer Abzugseinrichtung 6 der Stranggießanlage mit oder ohne noch flüssigen Kern 5 in einer Gießrichtung x mit einer Gießgeschwindigkeit v_G aus der Stranggießkokille 1 abgezogen. Die Stranggießkokille 1 wird mittels einer Oszillationseinrichtung 8 der Stranggießanlage in der Gießrichtung x periodisch bewegt. Die Oszillationseinrichtung 8 wird von einer Steuereinrichtung 9 der Stranggießanlage gesteuert. Die Bewegung der Stranggießkokille 1 ist in einem ersten Zeitabschnitt T_1 der Periode eine harmonische Schwingung, der ein Geschwindigkeitsoffset v_1 überlagert ist. In einem zweiten Zeitabschnitt T_2 der Periode erfolgt die Bewegung mit konstanter Geschwindigkeit v_3 .

[0074] Die vorliegende Erfindung weist viele Vorteile auf. Insbesondere kann auf einfache Weise die so genannte negative strip time, das heißt diejenige Zeit, während derer die Stranggießkokille 1 sich schneller als die Strangschale 4 nach unten bewegt, optimiert werden. Dennoch können Rucke verhindert und vermieden werden.

[0075] Obwohl die Erfindung im Detail durch das bevorzugte Ausführungsbeispiel näher illustriert und beschrieben wurde, so ist die Erfindung nicht durch die offenbarten Beispiele eingeschränkt und andere Variationen können vom Fachmann hieraus abgeleitet werden, ohne den Schutzzumfang der Erfindung zu verlassen.

BEZUGSZEICHENLISTE

1	Stranggießkokille
2	flüssiges Metall
3	Seitenwände der Stranggießkokille
4	Strangschale
5	flüssiger Kern
6	Abzugseinrichtung
7	Sumpfspitze
8	Oszillationseinrichtung
9	Steuereinrichtung
10	Computerprogramm
11	Datenträger
12	Maschinencode
13	Bedienperson
14	übergeordnetes System
a	Beschleunigung
t	Zeit
T	Periodendauer
T1, T2	Zeitabschnitte
T3	Zeitspanne
v	Geschwindigkeit der Oszillation
v1	Geschwindigkeitsoffset
v2	Amplitude der harmonischen Schwingung
v3	konstante Geschwindigkeit
vG	Gießgeschwindigkeit
x	Gießrichtung
τ	Zeitanteil

Patentansprüche

1. Betriebsverfahren für eine Stranggießanlage,
 - wobei flüssiges Metall (2) in eine Stranggießkokille (1) der Stranggießanlage gegossen wird,
 - wobei das flüssige Metall (2) an Seitenwänden (3) der Stranggießkokille (1) zu einer Strangschale (4) erstarrt,
 - wobei die Strangschale (4) mittels einer Abzugseinrichtung (6) der Stranggießanlage mit oder ohne noch flüssigen Kern (5) in einer Gießrichtung (x) mit einer Gießgeschwindigkeit (v_G) aus der Stranggießkokille (1) abgezogen wird,
 - wobei die Stranggießkokille (1) mittels einer von einer Steuereinrichtung (9) der Stranggießanlage gesteuerten Oszillationseinrichtung (8) der Stranggießanlage in der Gießrichtung (x) periodisch bewegt wird, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Bewegung der Stranggießkokille (1) in einem ersten Zeitabschnitt (T1) der Periode eine harmonische Schwingung ist, der ein Geschwindigkeitsoffset (v_1) überlagert ist, und in einem zweiten Zeitabschnitt (T2) der Periode mit konstanter Geschwindigkeit (v_3) erfolgt.
2. Betriebsverfahren nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet,
dass die harmonische Schwingung eine Amplitude (v_2) aufweist und dass die Amplitude (v_2) der harmonischen Schwingung, der Geschwindigkeitsoffset (v_1) und die konstante Geschwindigkeit (v_3) derart aufeinander abgestimmt sind, dass der zeitliche Verlauf der Geschwindigkeit (v) beim Übergang vom ersten Zeitabschnitt (T1) zum zweiten Zeitabschnitt (T2) und beim Übergang vom zweiten Zeitabschnitt (T2) einer Periode zum ersten Zeitabschnitt (T1) der nachfolgenden Periode stetig differenzierbar ist.
3. Betriebsverfahren nach Anspruch 1 oder 2,
dadurch gekennzeichnet,
 - dass der Steuereinrichtung (9) von einer Bedienperson (13) oder einem übergeordneten System (14) drei Größen vorgegeben werden und
 - dass die Steuereinrichtung (9) anhand der ihr vorgegebenen Größen die Periodendauer (T), den ersten Zeitabschnitt (T1), den zweiten Zeitabschnitt (T2), die Amplitude (v_2) der harmonischen Schwingung, den Geschwindigkeitsoffset (v_1) und die konstante Geschwindigkeit (v_3) ermittelt.
4. Betriebsverfahren nach Anspruch 3,
dadurch gekennzeichnet,
 - dass eine erste der drei Größen eine der Zeiten Periodendauer (T), erster Zeitabschnitt (T1) und zweiter Zeitabschnitt (T2) oder eine hierzu äquivalente Größe ist,
 - dass eine zweite der drei Größen eine der Geschwindigkeiten Amplitude der harmonischen Schwingung (v_2), Geschwindigkeitsoffset (v_1) und konstante Geschwindigkeit (v_3) oder eine hierzu äquivalente Größe ist und
 - dass eine dritte der drei Größen eine weitere der genannten Zeiten (T, T1, T2) oder eine Beziehung von zwei der Zeiten (T, T1, T2) zueinander oder eine weitere der genannten Geschwindigkeiten (v_1 , v_2 , v_3) oder eine Beziehung von zwei der Geschwindigkeiten (v_1 , v_2 , v_3) zueinander oder eine Zeitspanne (T3) oder ein Zeitanteil (τ) ist, während dessen die Geschwindigkeit (v) der Oszillation der Stranggießkokille (1) in oder entgegen der Gießrichtung (x) gerichtet ist.
5. Betriebsverfahren nach Anspruch 1 oder 2,
dadurch gekennzeichnet,
 - dass der Steuereinrichtung (9) von einer Bedienperson (13) oder einem übergeordneten System (14) maximal zwei der Größen Periodendauer (T), erster Zeitabschnitt (T1), zweiter Zeitabschnitt (T2), Amplitude (v_2) der harmonischen Schwingung, Geschwindigkeitsoffset (v_1) und konstante Geschwindigkeit (v_3) vorgegeben werden und
 - dass die Steuereinrichtung (9) die Periodendauer (T), den ersten Zeitabschnitt (T1), den zweiten Zeitabschnitt (T2), die Amplitude (v_2) der harmonischen Schwingung, den Ge-

schwindigkeitsoffset (v_1) und die konstante Geschwindigkeit (v_3) unter Verwendung der Gießgeschwindigkeit (v_G) und/oder metallurgischer Eigenschaften des flüssigen Metalls (1) selbsttätig ermittelt.

6. Steuereinrichtung für eine Stranggießanlage, wobei die Steuereinrichtung eine Oszillationseinrichtung (8) der Stranggießanlage derart ansteuert, dass die Stranggießkokille (1) in der Gießrichtung (x) periodisch bewegt wird und die Bewegung der Stranggießkokille (1) in einem ersten Zeitabschnitt (T1) der Periode eine harmonische Schwingung ist, der ein Geschwindigkeitsoffset (v_1) überlagert ist, und in einem zweiten Zeitabschnitt (T2) der Periode mit konstanter Geschwindigkeit (v_3) erfolgt.
7. Steuereinrichtung nach Anspruch 6,
dadurch gekennzeichnet,
dass die harmonische Schwingung eine Amplitude (v_2) aufweist und dass die Amplitude (v_2) der harmonischen Schwingung, der Geschwindigkeitsoffset (v_1) und die konstante Geschwindigkeit (v_3) derart aufeinander abgestimmt sind, dass der zeitliche Verlauf der Geschwindigkeit (v) beim Übergang vom ersten Zeitabschnitt (T1) zum zweiten Zeitabschnitt (T2) und beim Übergang vom zweiten Zeitabschnitt (T2) einer Periode zum ersten Zeitabschnitt (T1) der nachfolgenden Periode stetig differenzierbar ist.
8. Steuereinrichtung nach Anspruch 6 oder 7,
dadurch gekennzeichnet,
 - dass die Steuereinrichtung von einer Bedienperson (13) oder einem übergeordneten System (14) drei Größen entgegennimmt und
 - dass die Steuereinrichtung (9) anhand der ihr vorgegebenen Größen die Periodendauer (T), den ersten Zeitabschnitt (T1), den zweiten Zeitabschnitt (T2), die Amplitude (v_2) der harmonischen Schwingung, den Geschwindigkeitsoffset (v_1) und die konstante Geschwindigkeit (v_3) ermittelt.
9. Steuereinrichtung nach Anspruch 8,
dadurch gekennzeichnet,
 - dass eine erste der drei Größen eine der Zeiten Periodendauer (T), erster Zeitabschnitt (T1) und zweiter Zeitabschnitt (T2) oder eine hierzu äquivalente Größe ist,
 - dass eine zweite der drei Größen eine der Geschwindigkeiten Amplitude der harmonischen Schwingung (v_2), Geschwindigkeitsoffset (v_1) und konstante Geschwindigkeit (v_3) oder eine hierzu äquivalente Größe ist und
 - dass eine dritte der drei Größen eine weitere der genannten Zeiten (T, T1, T2) oder eine Beziehung von zwei der Zeiten (T, T1, T2) zueinander oder eine weitere der genannten Geschwindigkeiten (v_1 , v_2 , v_3) oder eine Beziehung von zwei der Geschwindigkeiten (v_1 , v_2 , v_3) zueinander oder eine Zeitspanne (T3) oder ein Zeitanteil (τ) ist, während dessen die Geschwindigkeit (v) der Oszillation der Stranggießkokille (1) in oder entgegen der Gießrichtung (x) gerichtet ist.
10. Steuereinrichtung nach Anspruch 6 oder 7,
dadurch gekennzeichnet,
 - dass die Steuereinrichtung von einer Bedienperson (13) oder einem übergeordneten System (14) maximal zwei der Größen Periodendauer (T), erster Zeitabschnitt (T1), zweiter Zeitabschnitt (T2), Amplitude (v_2) der harmonischen Schwingung, Geschwindigkeitsoffset (v_1) und konstante Geschwindigkeit (v_3) entgegennimmt und
 - dass die Steuereinrichtung die Periodendauer (T), den ersten Zeitabschnitt (T1), den zweiten Zeitabschnitt (T2), die Amplitude (v_2) der harmonischen Schwingung, den Geschwindigkeitsoffset (v_1) und die konstante Geschwindigkeit (v_3) unter Verwendung der Gießgeschwindigkeit (v_G) und/oder metallurgischer Eigenschaften des flüssigen Metalls (2) selbsttätig ermittelt.

11. Stranggießanlage,

- wobei die Stranggießanlage eine Stranggießkokille (1) aufweist, in die flüssiges Metall (2) gegossen wird,
- wobei das flüssige Metall (2) an Seitenwänden (3) der Stranggießkokille (1) zu einer Strangschale (4) erstarrt,
- wobei die Stranggießanlage eine Abzugseinrichtung (6) aufweist, mittels derer die Strangschale (4) mit oder ohne noch flüssigen Kern (5) in einer Gießrichtung (x) mit einer Gießgeschwindigkeit (vG) aus der Stranggießkokille (1) abgezogen wird,
- wobei die Stranggießanlage eine Oszillationseinrichtung (8) aufweist, mittels derer die Stranggießkokille (1) in der Gießrichtung (x) periodisch bewegt wird,
- wobei die Stranggießanlage eine Steuereinrichtung (9) aufweist, von der die Oszillationseinrichtung (8) gesteuert wird,

dadurch gekennzeichnet,

dass die Steuereinrichtung (9) als Steuereinrichtung nach einem der Ansprüche 6 bis 10 ausgebildet ist.

Hierzu 2 Blatt Zeichnungen

FIG 1

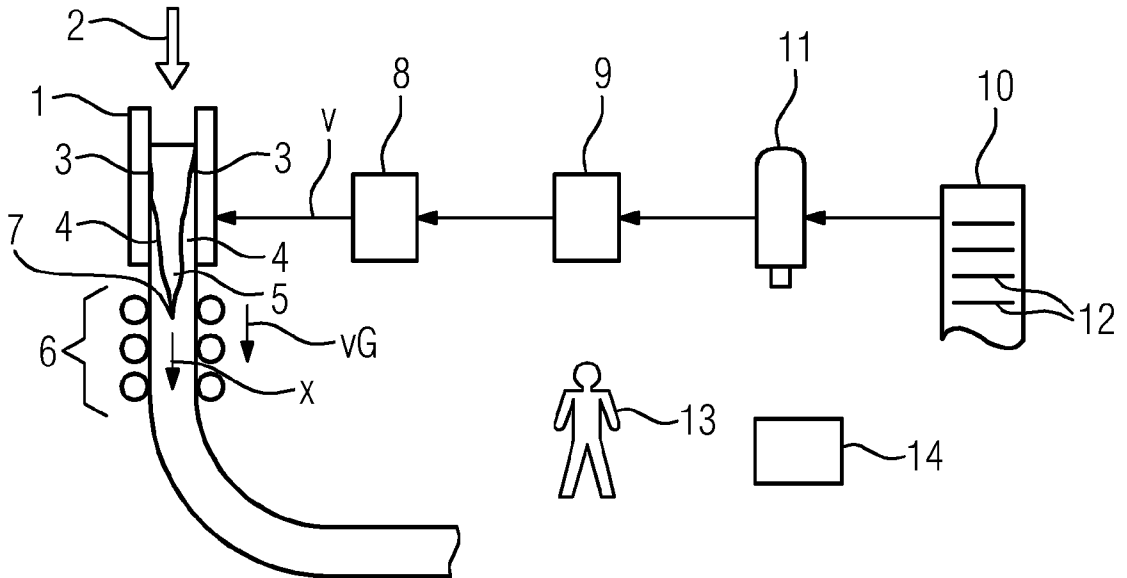


FIG 2

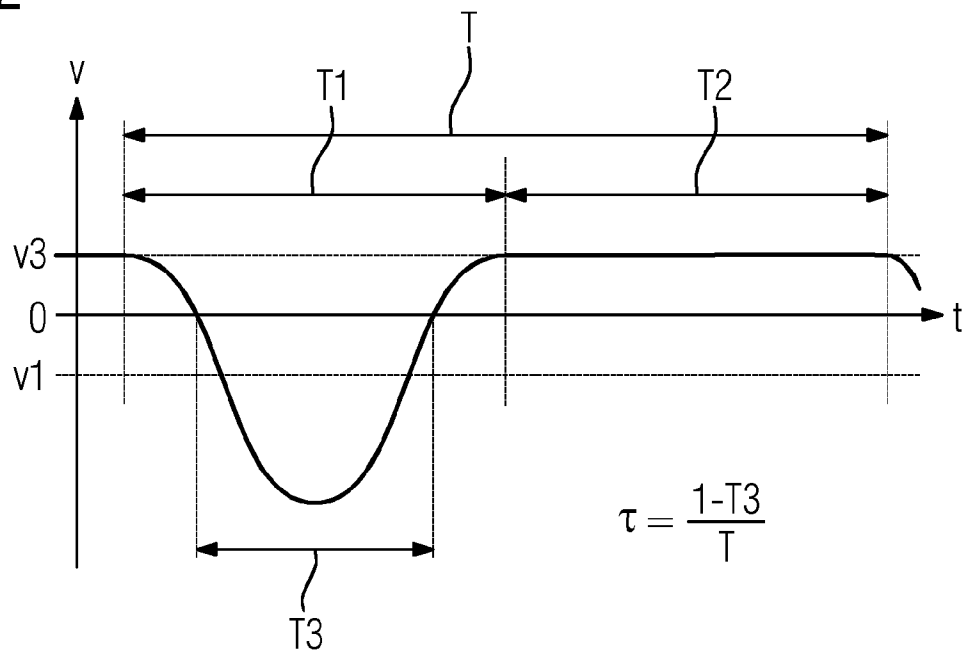


FIG 3

