



(12) Ausschließungspatent

(11) DD 294 732 A5

Erteilt gemäß § 17 Absatz 1
Patentgesetz der DDR
vom 27. 10. 1983
in Übereinstimmung mit den entsprechenden
Festlegungen im Einigungsvertrag

5(51) C 21 C 7/10

DEUTSCHES PATENTAMT

In der vom Anmelder eingereichten Fassung veröffentlicht

(21) DD C 21 C / 341 031 5 (22) 28.05.90 (44) 10.10.91

(71) VEB Bandstahlkombinat „Hermann Matern“, Werkstraße 1, O - 1220 Eisenhüttenstadt, DE

(72) Brock, Burghard, Dr.-Ing.; Goller, Torsten; Rosch, Ines, DE

(73) VEB Eisenhüttenkombinat Ost, O - 1220 Eisenhüttenstadt, DE

(54) Verfahren zur Steuerung der Vakuummentkohlung von Stahlschmelzen

(55) Vakuummentkohlung, Stahlschmelze; Kohlenstoffgehalt $< 0,01\%$ Abgasmenge; Spül- und Trärgasmenge; Leckstrommenge; Kohlenmonoxidsmenge

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Steuerung der Vakuummentkohlung von Stahlschmelzen zur Herstellung von Stählen mit Kohlenstoffgehalten $< 0,01\%$ unter Verwendung von in einem Konverter oder E-Ofen erzeugten Rohstahl, der anschließend einer pfannometallurgischen und Vakuumbehandlung unterzogen wird. Aufgabe der Erfindung ist es, ein Verfahren zu finden, mit dem der Entkohlungsprozeß einer Stahlschmelze in einer Vakuumbehandlungsanlage so gesteuert werden kann, daß Kohlenstoffgehalte $< 0,01\%$ mit hoher Treffsicherheit und geringem Aufwand für die Analyse der Abgaszusammensetzung erreichbar sind. Erfindungsgemäß erfolgt während des ersten Drittels der Entkohlungsbehandlung zu einem Zeitpunkt Z_p eine Probenahme, anhand der der C-Gehalt der Schmelze ermittelt wird. Die ab dem Probenahmezeitpunkt Z_p bis zu einem aktuellen Zeitpunkt Z_x aus der Stahlschmelze entfernte Kohlenstoffmenge wird nachfolgend aus der in dieser Zeit über die Vakuumanlage abgesaugte Kohlenmonoxidsmenge ermittelt. Durch eine kontinuierliche Erfassung des Abgasmassenstromes und des in die Stahlschmelze eingeleiteten Spül- bzw. Trärgases sowie der Einbeziehung des ermittelten anlagenbezogenen Falschlufmassenstromes erfolgt nach der vorgenannten Verfahrensweise die Ermittlung des aktuellen Kohlenstoffgehaltes der Stahlschmelze ab dem Probenahmezeitpunkt Z_p für den jeweils aktuellen Behandlungszeitpunkt Z_x , so daß die Vakuummentkohlung bei Erreichen eines vorgegebenen Kohlenstoffgehaltes beendet werden kann.

Patentansprüche:

1. Verfahren zur Steuerung der Vakuumentkohlung von Stahlschmelzen zur Herstellung von Stählen mit Kohlenstoffgehalten $< 0,01\%$, bei dem unter Ausnutzung der Druckabhängigkeit des Kohlenstoff-Sauerstoff-Gleichgewichtes der im Stahl gelöste Kohlenstoff entfernt und der durch eine Vakuumanlage abgesaugte Abgasmassenstrom erfaßt wird, dadurch gekennzeichnet, daß der Stahlschmelze während des ersten Drittels der Vakuumentkohlung eine Stahlprobe entnommen und diese hinsichtlich ihres C-Gehaltes analysiert wird und anschließend aus der Kohlenstoffanalyse und dem seit dem Zeitpunkt der Probenahme Z_p erfaßten Gasvolumen- bzw. Gasmassenstromverlaufs der aktuelle Kohlenstoffgehalt der Stahlschmelze zu einem Zeitpunkt Z_x in der Weise bestimmt wird, daß beginnend vom Zeitpunkt der Probenahme Z_p an, die in Form von gasförmigen Kohlenmonoxid aus der Stahlschmelze entfernte Kohlenstoffmasse ermittelt wird durch Erfassung einer seit dem Probenahmezeitpunkt Z_p entfernten Gesamtabgasmenge, einer seit der Probenahme in die Schmelze eingeleiteten Spülgas- bzw. Trägergasmenge (1) sowie einer seit Probenahme abgesaugten Leckstrommenge (2) und einer nachfolgenden aus den Teilmengen (1) und (2) sowie der Gesamtabgasmenge durch Differenzbildung ermittelten Kohlenmonoxidmenge (3), deren C-Gehalt errechnet und diese so erhaltene Kohlenstoffmenge für den aktuellen Zeitpunkt Z_x durch Differenzbildung mit dem zum Zeitpunkt Z_p in der Schmelze vorhandenen C-Gehalt ermittelt wird und danach die Dauer der Vakuumentkohlung und/oder die Zugabe von Sauerstoff bzw. Sauerstoffträgern zur Erreichung des C-Gehaltes gesteuert wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Ermittlung des aktuellen Kohlenstoffgehaltes der Stahlschmelze fortlaufend erfolgt und in Abhängigkeit vom Verlauf der Entkohlung und dem vorgegebenen Zielkohlenstoffgehalt die Zugabe von Sauerstoff bzw. Sauerstoffträgern in die Schmelze gesteuert wird.

Hierzu 1 Seite Zeichnung

Anwendungsgebiet der Erfindung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Steuerung der Vakuumentkohlung von Stahlschmelzen zur Herstellung von Stählen mit Kohlenstoffgehalten $< 0,01\%$ unter Verwendung von in einem Konverter oder E-Ofen erzeugten Rohstahl, der anschließend einer pfannenmetallurgischen und Vakuumbehandlung unterzogen wird.

Charakteristik des bekannter Standes der Technik

Zur Herstellung von Stählen mit Kohlenstoffgehalten $< 0,01\%$ C ist es bekannt, in einem LD-Konverter oder E-Ofen erzeugte Stahlschmelzen nachfolgend einer pfannenmetallurgischen und Vakuumbehandlung zu unterziehen. Die Vakuumbehandlung wird dabei vorzugsweise in einer Teilmengenentgasungsanlage (z. B. RH- bzw. DH-Anlage) durchgeführt. Die Steuerung der Entgasungsbehandlung wird entweder nach Erfahrungswerten vollzogen oder mit steuerungstechnisch aufwendigen Verfahren durchgeführt. Des weiteren gibt es die Möglichkeit, die Strömungsgeschwindigkeit des Abgases zu erfassen und dazu den Unterdruck im Rezipienten speziell bei sauerstoffzuführenden Verfahren einzustellen. Das Abzweigen und Verdichten eines Teilabgasstromes mit anschließender Analyse ist eine weitere Möglichkeit der Prozeßsteuerung. Ein derartiges Verfahren ist in der DE-OS 3706742 beschrieben. Gemäß dieser Veröffentlichung wird vom Abgasstrom einer Vakuumanlage ein Gasstrom abgezweigt, auf einen Absolutdruck verdichtet und anschließend dieser Teilstrom mittels Infrarot-Analysator die einzelnen Prozeßgrößen Kohlenmonoxid, Kohlendioxid und Wasserstoff analysiert. In Abhängigkeit von den einzelnen Prozeßgrößen erfolgt eine Steuerung des Entgasungsverfahrens.

Ein weiteres Verfahren zur Herstellung von Stählen mit niedrigen Kohlenstoffgehalten ist in der DE-OS 2228462 beschrieben. Entsprechend dieser Veröffentlichung erfolgt die Steuerung des Prozesses dadurch, daß das Abgas laufend nach der Menge erfaßt und nach der chemischen Zusammensetzung analysiert wird. Erreichen diese Steuergrößen einen Grenzwert, wird der Entkohlungsprozeß abgebrochen.

Die genannten Verfahren weisen den Nachteil auf, daß zur Analyse der Abgaszusammensetzung ein sehr großer Aufwand hinsichtlich der erforderlichen Analysetechnik und deren Wartung erforderlich ist.

Ziel der Erfindung

Ziel der Erfindung ist es, die genannten Mängel zu beseitigen.

Darlegung des Wesens der Erfindung

Aufgabe der Erfindung ist es, ein Verfahren zu finden, mit dem der Entkohlungsprozeß einer Stahlschmelze in einer Vakuumbehandlungsanlage so gesteuert werden kann, daß Kohlenstoffgehalte $< 0,01\%$ mit hoher Treffsicherheit und geringem Aufwand für die Analyse der Abgaszusammensetzung erreichbar sind.

Erfindungsgemäß wird die Aufgabe dadurch gelöst, daß eine Rohstahlschmelze mit $C < 0,10\%$, $Mn < 0,30\%$, $Si < 0,02\%$ ohne Zugabe von Desoxydationsmitteln unberührt in eine Gießpfanne abgestochen wird und diese Stahlschmelze anschließend einer Vakuumbehandlung unterzogen wird, bei der zunächst unter Ausnutzung der Druckabhängigkeit des Kohlenstoff-Sauerstoff-Gleichgewichtes und ohne zusätzliche Zugabe von Sauerstoff in die Schmelze der im Stahl gelöste Kohlenstoff durch die Reaktion mit dem im Stahl gelösten Sauerstoff entfernt wird. Verfahrensgemäß erfolgt während des ersten Drittels der Entkohlungsbehandlung zu einem Zeitpunkt Z_p eine Probenahme anhand derer der Kohlenstoffgehalt der Schmelze ermittelt wird. Der Zeitpunkt der Probenahme wird bestimmt durch den Zeitpunkt, bei dem die vor Behandlungsbeginn im Entgasungsgefäß befindliche Luft abgesaugt ist. Die ab dem Probenahmezeitpunkt Z_p bis zu einem aktuellen Zeitpunkt Z_x aus der Stahlschmelze entfernte Kohlenstoffmenge wird nachfolgend aus der in dieser Zeit über die Vakuumanlage abgesaugte Kohlenmonoxydmenge ermittelt. Dazu wird von der in dieser Zeit abgesaugten Abgasmenge die in dieser Zeit in die Stahlschmelze eingeleitete Träger- bzw. Spülgasmenge und die durch die Anlage angesaugte Falschlufthmenge subtrahiert. Das Ergebnis, die aus mehr als 99% CO bestehende, während der Zeitspanne $Z_x - Z_p$ aus der Stahlschmelze entfernte Gasmenge, entspricht in guter Näherung der entfernten Kohlenmonoxydmenge, aus der nunmehr die bis zu diesem Zeitraum aus der Stahlschmelze entfernte Kohlenstoffmenge ermittelt wird. Aus dem zum Probenahmezeitpunkt Z_p analytisch bestimmten Kohlenstoffgehalt der Stahlschmelze und der in der Zeitspanne $Z_p - Z_x$ aus dem Stahl entfernten Kohlenstoffmenge wird anschließend der aktuelle Kohlenstoffgehalt der Schmelze zum Zeitpunkt Z_x berechnet.

Durch eine kontinuierliche Erfassung des Abgasmassenstromes und des in die Stahlschmelze eingeleiteten Spül- bzw. Trägergases sowie der Einbeziehung des ermittelten anlagenbezogenen Falschlufthmassenstromes erfolgt nach der vorgenannten Art und Weise die Ermittlung des aktuellen Kohlenstoffgehalts der Stahlschmelze ab dem Probenahmezeitpunkt Z_p für den jeweils aktuellen Behandlungszeitpunkt Z_x , so daß die Vakuummentkohlung bei Erreichen eines vorgegebenen Kohlenstoffgehaltes beendet werden kann. Ist bis zu einem Zeitpunkt Z_e , dem Ende der Entkohlung in der Stahlschmelze, der vorgegebene Kohlenstoffgehalt nicht erreicht, so wird die zum Erreichen des vorgegebenen Kohlenstoffgehaltes in die Stahlschmelze einzubringende Sauerstoffmenge auf der Basis einer vorher ermittelten anlagenspezifischen Kohlenstoff-Sauerstoff-Gleichgewichtskennlinie bestimmt und vorgegeben. Diese Sauerstoffmenge wird dann entsprechend den jeweiligen anlagentechnischen Gegebenheiten in Form fester Sauerstoffträger, z. B. Erz oder Zunder, der Stahlschmelze zugegeben oder als gasförmiger Sauerstoff in die Schmelze eingebracht.

Ausführungsbeispiel

Das erfindungsgemäße Verfahren soll nachfolgend an einem Ausführungsbeispiel näher erläutert werden. In der dazugehörigen Zeichnung zeigt

Fig. 1: Verlauf des Abgasmassenstromes in Abhängigkeit von der Behandlungszeit.

Das Beispiel bezieht sich auf die Herstellung eines Stahles mit einem Kohlenstoffgehalt $< 0,01\%$ unter Verwendung einer Ausgangsschmelze mit folgender Analyse:

Bestandteil	C	Mn	Si	P	S	O
Gehalt %	0,037	0,20	0,003	0,015	0,008	0,057

Zur verfahrensgemäßen Behandlung in einer RH-Vakuumanlage kommt eine Rohstahlmasse von 233t zum Einsatz, die in einem Konverter erschmolzen und ohne Zugabe von Desoxydationsmitteln in eine Gießpfanne abgestochen wurde. In der Fig. 1 ist der für eine RH-Anlage typische Verlauf des Abgasmassenstromes in Abhängigkeit von der Behandlungszeit dargestellt. Es wird verdeutlicht, daß sich der Abgasmassenstrom aus drei Teilströmen zusammensetzt. Gemäß Fig. 1 sind eine Träger- bzw. Spülgasmenge mit 1, eine durch Vakuumtest ermittelte anlagenspezifische Falschlufthmenge mit 2 und ein weiterer Teilstrom mit 3 bezeichnet. Der Teilstrom 3 besteht aus den durch die Vakuumbehandlung aus der Schmelze entfernten Komponenten Wasserstoff, Stickstoff und Kohlenstoff in Verbindung mit Sauerstoff als Kohlenmonoxid, wobei Kohlenmonoxid zu mehr als 99% vorhanden ist. Lediglich zu Beginn der Vakuumbehandlung kommt als zusätzliche Komponente noch die zuvor im Rezipienten befindliche Luft hinzu, die aber bereits in der ersten Behandlungsminute restlos abgesaugt wird. Während der Vakuumbehandlung wird ein konstanter Trägergasstrom von $45 \text{ m}^3 (\text{i. N.})/\text{h}$ in die Stahlschmelze eingeleitet, wobei als Trägergas Argon verwendet wird. Die ebenfalls bei konstantem Behandlungsdruck konstante Falschlufthmenge beträgt bei dieser Charge 345 kg/h . Verfahrensgemäß wird während des ersten Drittels der Entkohlungsbehandlung, in diesem Beispiel 4 Minuten nach Behandlungsbeginn, eine Probe der Stahlschmelze entnommen und deren Kohlenstoffgehalt analysiert. Die Probe wies einen C-Gehalt von $0,022\%$ aus. Der Zeitpunkt der Probenahme ist in Fig. 1 mit Z_p gekennzeichnet. Von dieser Bezugsprobe ausgehend wurde aus dem Abgasmassenstrom für einen gewählten Zeitpunkt Z_x von 9 min nach Behandlungsbeginn ein Kohlenstoffgehalt der Schmelze von $0,0132\%$ errechnet. Eine Kontrollmessung an einer zu diesem Zeitpunkt der Stahlschmelze entnommenen Probe ergab einen Kohlenstoffgehalt von $0,0130\%$. Ausgehend vom Ergebnis dieser Kontrollmessung und in Anwendung der anlagenspezifischen Kohlenstoff-Sauerstoff-Kennlinie wurde ermittelt, daß nach einer Behandlungsdauer von 15 min der vorgegebene C-Gehalt von $< 0,01\%$ ohne Zugabe von Sauerstoff oder eines Sauerstoffträgers erreicht ist. Zum Zeitpunkt Z_e wurde für diese Schmelze ein C-Gehalt von $0,007\%$ berechnet. Nach Abbruch der Vakuumbehandlung erfolgt entsprechend der Zielstahlmarke die Zugabe eines Desoxydationsmittels sowie der erforderlichen Legierungsbestandteile. Die zu diesem Zeitpunkt der Schmelze entnommene Stahlprobe wies einen C-Gehalt von $0,008\%$ aus.

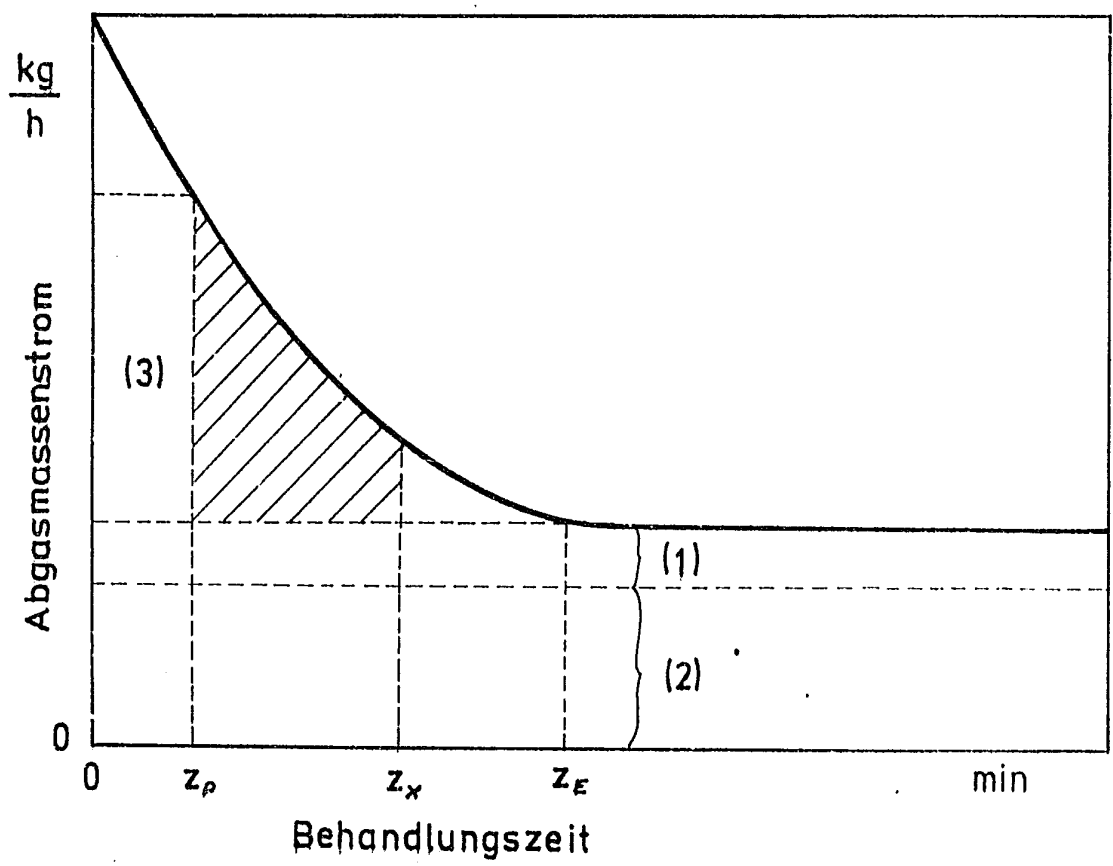


Fig. 1