

(19) BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND



Patent beschränkt
aufrechterhalten nach
§ 12 Abs. 3 ErstrG

(12) **PATENTSCHRIFT**
(11) **DD 294 282 B5**

(51) Int. Cl.⁵: C21 C7/10**DEUTSCHES PATENTAMT**

innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Aufrechterhaltung kann Einspruch eingelegt werden

(21) Aktenzeichen:	(22) Anmeldetag:	(44) Veröff.-tag der DD-Patentschrift:	(45) Veröff.-tag der Aufrechterhaltung:
DD C 21 C / 340 413 2	07.05.90	26.09.91	14.04.94

(30) Unionspriorität:

(72) Erfinder: Mieck, Burkhard, Dr.-Ing., 15295 Ziltendorf, DE; Gäler, Torsten, 15890 Eisenhüttenstadt, DE
(73) Patentinhaber: Eisenhüttenkombinat Ost, Stahl AG, Werkstr. 1, 15890 Eisenhüttenstadt, DE

(54) Verfahren zur Steuerung der Vakuumentkohlung von Stahlschmelzen

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht gezogene Druckschriften:

DE-OS 2 030 996

Burghardt, Helmut und Neuhoof, Gerd: Stahlerzeugung, 1. Auflage, VEB Deutscher Verlag
für Grundstoffindustrie, Leipzig, 1983, S. 429 und 430

Patentansprüche:

1. Verfahren zur Steuerung der Vakuumentkohlung von Stahlschmelzen, bei dem unter Ausnutzung der Druckabhängigkeit des Kohlenstoff-Sauerstoff-Gleichgewichts in einer Vakuumanlage Stahl mit einem Kohlenstoffgehalt von $< 0,01\%$ erzeugt werden kann, **dadurch gekennzeichnet**, daß unmittelbar vor Beginn und gegen Ende des ersten Drittels der Vakuumentkohlung je einmal der Kohlenstoff- und Sauerstoffgehalt der Stahlschmelze gleichzeitig bestimmt wird und dadurch der ohne Einbringen von Sauerstoff in die Stahlschmelze durch eine reine Vakuumbehandlung erreichbare Kohlenstoffgehalt durch die Ermittlung eines Schnittpunktes (3) bestimmt wird, welcher sich aus einer durch die Kohlenstoff- und Sauerstoffanalyse der Stahlschmelze vor und während der Vakuumbehandlung durch die Punkte (1; 2) fixierten Geraden (a) und einer für den bei der Vakuumbehandlung eingestellten Druck anlagentypischen Kohlenstoff-Sauerstoff-Gleichgewichtskennlinie (b) ergibt und in Abhängigkeit davon die Zufuhr von Sauerstoff bzw. Sauerstoffträgern in die Schmelze zur Einhaltung eines vorgegebenen Zielkohlenstoffgehaltes gesteuert wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß zur Vakuumentkohlung eine Stahlschmelze von C $< 0,10\%$;
Mn $< 0,30\%$;
Si $< 0,02\%$
verwendet wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 und 2, **dadurch gekennzeichnet**, daß bei einer notwendigen Zuführung von Sauerstoff bzw. Sauerstoffträgern zur Einhaltung eines vorgegebenen Zielkohlenstoffgehaltes in der Schmelze die zur Verschiebung des Kohlenstoff-Sauerstoff-Gleichgewichtes entlang der Gleichgewichtskurve erforderliche Sauerstoffmenge ermittelt wird.

Hierzu 1 Seite Zeichnung

Anwendungsgebiet

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Vakuumentkohlung von Stahlschmelzen zur Erzeugung von Stählen mit Kohlenstoffgehalten $< 0,01\%$.

Charakteristik des bekannten Standes der Technik

Zur Herstellung von Stählen mit sehr kleinen Kohlenstoffgehalten ist es bekannt, daß die dazu eingesetzten Stahlschmelzen einer Vakuumbehandlung unterzogen werden. Die Steuerung der Vakuumentkohlung erfolgt dabei anhand von Erfahrungswerten oder durch eine kontinuierliche Bestimmung von Abgaskennwerten. Gemäß der DE-OS 3 706 742 wird die Vakuumentkohlung einer Stahlschmelze so gesteuert, daß während der Vakuumbehandlung eine Probenahme und Analyse der Schmelze erfolgt und der damit ermittelte Ist-Kohlenstoffgehalt der Schmelze mit dem aus der Abgasanalyse berechneten Kohlenstoffgehalt verglichen wird. Die Erfassung der Prozeßgrößen CO, CO₂, O₂, H₂ sowie die Strömungsgeschwindigkeit des Abgases werden dabei mittels Abgasanalysator bzw. Abgasströmungsmesser gemessen und anhand der ermittelten Parameter der Oxydations- und Entkohlungsprozeß über ein Rechnermodell gesteuert.

In der EP-PS 281 504 ist ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Entgasungsbehandlung einer Stahlschmelze in einer Vakuumanlage beschrieben, bei denen aus dem Abgas der Entgasungsanlage ein Gasstrom abgezweigt und verdichtet wird. Der verdichtete Gasstrom oder ein Teilstrom davon werden auf den Gehalt relevanter Bestandteile des Abgases untersucht. Die Entgasungsbehandlung ist nach diesem Verfahren beendet, sobald ein oder mehrere Bestandteile des aus dem Abgas verdichteten Gasstromes einen vorbestimmten Minimalwert erreicht haben. Zur Analyse des Abgasstromes werden Massenspektrometer, Wärmeleit- und Infrarotanalysatoren verwendet. Die genannten Verfahren weisen den Nachteil auf, daß zur Analyse der Abgaszusammensetzung und zur Bestimmung des Abgasstromes ein sehr hoher Aufwand hinsichtlich der einzusetzenden Analysen- und Meßtechnik sowie deren Wartung erforderlich ist.

Ziel der Erfindung

Ziel der Erfindung ist es, den Aufwand für die Steuerung der Vakuumentkohlung von Stahlschmelzen zu vermindern.

Darlegung des Wesens der Erfindung

Aufgabe der Erfindung ist es, ein Verfahren zu finden, mit dem der Vakuumentkohlungsprozeß von Stahlschmelzen so gesteuert werden kann, daß Kohlenstoffgehalte $< 0,01\%$ mit geringem Aufwand und hoher Treffsicherheit eingestellt werden können. Erfindungsgemäß wird die Aufgabe dadurch gelöst, daß eine in einem Stahlschmelzaggregat erschmolzene Rohstahlmenge mit C $< 0,10\%$; Mn $< 0,30\%$; Si $< 0,02\%$ ohne Zugabe von Desoxidationsmitteln unberührt in eine Gießpfanne abgestochen wird.

und diese Schmelze anschließend einer Vakuumbehandlung unterzogen wird. Die Behandlung der Stahlschmelze erfolgt zunächst unter Ausnutzung der Druckabhängigkeit des Kohlenstoff-Sauerstoff-Gleichgewichts ohne Zugabe von Sauerstoff, um den im Stahl gelösten Kohlenstoff durch eine Reaktion mit dem im Stahl gelösten Sauerstoff zu entfernen. Zur Fixierung des Ausgangszustandes der Schmelze wird unmittelbar vor Beginn der Vakuumbehandlung der Kohlenstoffgehalt der Stahlschmelze anhand einer Probe und der Sauerstoffgehalt elektrochemisch bestimmt. Ein zweiter Fixpunkt zur Charakterisierung des Verlaufes der Vakuummentkohlung wird durch eine weitere Bestimmung des Kohlenstoff- und Sauerstoffgehaltes, vorzugsweise am Ende des ersten Drittels der Vakuummentkohlung ermittelt, wobei die Messungen in beiden Fällen zweckmäßigerweise jeweils gleichzeitig erfolgen. Anhand dieser beiden Fixpunkte wird der Entkohlungsweg der Stahlschmelze in einem Kohlenstoff-Sauerstoff-Diagramm bestimmt und durch eine Kennlinie a charakterisiert. Der ohne zusätzliches Einbringen von Sauerstoff in die Stahlschmelze durch eine reine Vakuumbehandlung erreichbare Kohlenstoffgehalt wird anschließend durch die Ermittlung eines Schnittpunktes bestimmt, der sich durch die mittels der beiden Fixpunkte festgelegten Geraden a mit einer anlagenspezifischen druck- und temperaturabhängigen Kohlenstoff-Sauerstoff-Kennlinie b ergibt. Ist dieser ermittelte Kohlenstoffgehalt kleiner als der angestrebte Kohlenstoffgehalt, wird die Vakuummentkohlung ohne Zugabe von Sauerstoff in die Stahlschmelze zu Ende geführt. Ergibt sich aus der Lage des Schnittpunktes im Kohlenstoff-Sauerstoff-Diagramm, daß sich unter den gegebenen Bedingungen ein größerer als der angestrebte Kohlenstoffgehalt in der Schmelze einstellt, so wird die zum Erreichen des angestrebten Kohlenstoffgehaltes notwendige Sauerstoffmenge bestimmt. Dazu wird unter Berücksichtigung des Ausbringens die erforderliche Sauerstoffmenge, welche sich aus der zur Abbindung des Kohlenstoffs zu Kohlenmonoxyd und der zur Verschiebung des Kohlenstoff-Sauerstoff-Gleichgewichts entlang der Kennlinie b im Kohlenstoff-Sauerstoff-Diagramm notwendigen Sauerstoffmenge zusammensetzt, auf der Basis der anlagenspezifischen Kohlenstoff-Sauerstoff-Kennlinie ermittelt und vorgegeben. Diese Sauerstoffmenge wird dann entsprechend den jeweiligen anlagentechnischen Gegebenheiten in Form fester Sauerstoffträger, z.B. Erz oder Zunder, bzw. als gasförmiger Sauerstoff während der Vakuumbehandlung in die Schmelze eingebracht. Verfahrensgemäß stellt sich danach der vorgegebene niedrige Kohlenstoffgehalt von $< 0,01\%$ in der Stahlschmelze ein.

Ausführungsbeispiel

Die Erfindung soll nachfolgend an einem Ausführungsbeispiel näher erläutert werden. In der dazugehörenden Zeichnung zeigt

Fig. 1: die Darstellung einer Kohlenstoff-Sauerstoff-Gleichgewichtskennlinie (b) einer RH-Anlage und des Entkohlungsverlaufes (a) in einem Kohlenstoff-Sauerstoff-Diagramm.

Das Beispiel bezieht sich auf die Herstellung eines Stahls mit einem Endkohlenstoffgehalt von $< 0,01\%$, für den eine Ausgangsschmelze mit folgender Analyse eingesetzt wird:

Bestandteil	C	Mn	Si	P	S	O
Gehalt (%)	0,052	0,11	0,005	0,005	0,012	0,048

Der Stahl wurde in einem Konverter erzeugt und mit einer Masse von 222t ohne Zugabe eines Desoxidationsmittels in eine Gießpfanne abgestochen. Unmittelbar vor Beginn der Vakuumbehandlung in einer RH-Anlage wird zur Fixierung des Ausgangszustandes der Kohlenstoffgehalt der Stahlschmelze anhand einer Probe und der Sauerstoffgehalt elektrochemisch bestimmt. Mit den dabei ermittelten Werten wird in einem Kohlenstoff-Sauerstoff-Diagramm (Fig. 1) ein erster Fixpunkt 1 festgelegt, der durch eine weitere 6 min nach Beginn der Vakuummentkohlung durchgeführte gleichzeitige Bestimmung des Kohlenstoff- bzw. Sauerstoffgehaltes von 0,020% C und 0,031% O durch einen weiteren Fixpunkt 2 ergänzt wird. Mit der durch die bei den Messungen ermittelten Fixpunkten im Kohlenstoff-Sauerstoff-Diagramm fixierten Geraden a ist der Entkohlungsweg dieser Stahlschmelze sehr gut charakterisiert. Der ohne zusätzliches Einbringen von Sauerstoff in die Stahlschmelze durch eine reine Vakuumbehandlung erreichbare Kohlenstoffgehalt wird nun durch die Berechnung des Schnittpunktes 3, der durch die beiden Fixpunkte festgelegten Geraden a mit der anlagenspezifischen druck- und temperaturabhängigen Kohlenstoff-Sauerstoff-Kennlinie b ermittelt. Die Berechnung des Schnittpunktes für den eingestellten Unterdruck im Rezipienten ergab einen ohne Sauerstoffzugabe erreichbaren Endkohlenstoffgehalt von 0,014%. Um den festgelegten niedrigen C-Gehalt der Stahlschmelze von 0,01% zu erreichen, wird die zur sicheren Unterschreitung des geforderten Endkohlenstoffgehaltes notwendige, in die Stahlschmelze einzubringende Sauerstoffmenge errechnet und vorgegeben. Die erforderliche Sauerstoffmenge setzt sich zusammen aus dem Anteil zur Abbindung des noch zu entfernenden Kohlenstoffs zu Kohlenmonoxyd und aus dem Anteil der zur Verschiebung des Kohlenstoff-Sauerstoff-Gleichgewichts entlang der Kennlinie b von Punkt 3 nach Punkt 4 im Diagramm (Fig. 1) notwendig ist. Diese Sauerstoffmenge wird noch während der Vakuummentkohlung in Form von Walzzunder in die Schmelze eingebracht. Für die Verminderung des C-Gehaltes von 0,014% auf $< 0,010\%$ wird eine Walzzundermenge von 190kg dieser Schmelze zugeführt. Der nach Beendigung der Vakuummentkohlung analysierte Kohlenstoffgehalt betrug 0,007%.

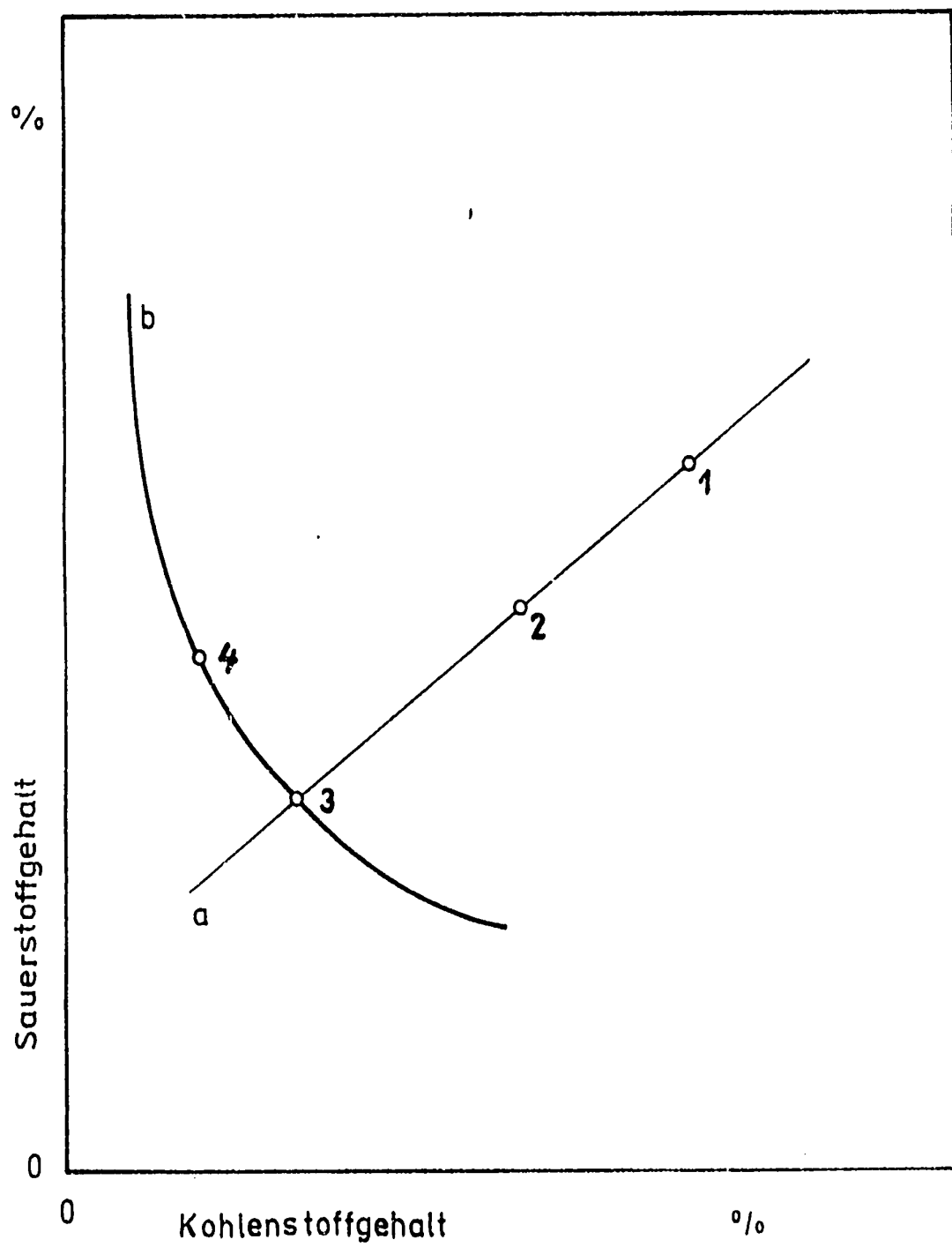


Fig.1