

(19)



REPUBLIK
ÖSTERREICH
Patentamt

(10) Nummer: **AT 406 587 B**

(12)

PATENTSCHRIFT

(21) Anmeldenummer: 1171/97
(22) Anmeldetag: 08.07.1997
(42) Beginn der Patentdauer: 15.11.1999
(45) Ausgabetag: 26.06.2000

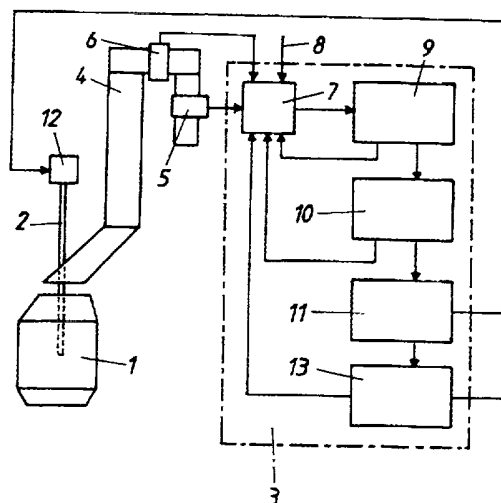
(51) Int. Cl.⁷: **C21C 5/30**

(56) Entgegenhaltungen:
DE 2836694C2 R. DESSAU ET AL.:
RECHNEREINSATZ ZUR
DATENERFASSUNG,
DATENVERARBEITUNG UND
AUTOMATISIERUNG IN STAHLWERKEN,
STAHL UND EISEN, BAND 91 (1971),
SEITEN 754 - 760

(73) Patentinhaber:
VOEST-ALPINE STAHL LINZ GMBH
A-4020 LINZ, OBERÖSTERREICH (AT).

(54) VERFAHREN ZUM BESTIMMEN DES BLASEENDES WÄHREND DES FRISCHENS EINER STAHLSCHELZE IN EINEM KONVERTER

(57) Es wird ein Verfahren zum Bestimmen des Blaseendes während des Frischens einer Stahlschmelze in einem Konverter beschrieben, wobei die Kohlenstoffabbrandrate aus dem durch eine Abgasanalyse des Konverters gemessenen Kohlenmonoxid- und Kohlendioxidanfall im Abgasstrom ermittelt und das für einen vorgegebenen Kohlenstoffgehalt der Stahlschmelze vorgesehene Blaseende beim Absinken der Kohlenstoffabbrandrate unter einen vorgegebenen Grenzwert aus der Kohlenstoffabbrandrate entsprechend einer für kleine Kohlenstoffrestgehalte vorgebbaren Abhängigkeit der Kohlenstoffabbrandrate vom Kohlenstoffrestgehalt rechnerisch bestimmt wird. Um die Genauigkeit des Verfahrens zu verbessern, wird vorgeschlagen, daß der Kohlenstoffrestgehalt der Stahlschmelze nach einem Absinken des auf den Abgasstrom bezogenen Kohlenmonoxid- bzw. Kohlendioxidanfalles unter einen von der Analysezeit der Abgasanalyse abhängigen, empirisch bestimmten, oberen Grenzwert aus der Kohlenstoffabbrandrate entsprechend der vorgegebenen Abhängigkeit zwischen Kohlenstoffabbrandrate und Kohlenstoffrestgehalt laufend berechnet und mit dem vorgegebenen Sollwert für den Kohlenstoffgehalt zur Bestimmung des Endes des Frischvorganges verglichen wird.



AT 406 587 B

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zum Bestimmen des Blaseendes während des Frischens einer Stahlschmelze in einem Konverter, wobei die Kohlenstoffabbrandrate aus dem durch eine im Abgasstrom ermittelt und das für einen vorgegebenen Kohlenstoffendgehalt der Stahlschmelze vorgesehene Blaseende beim Absinken der Kohlenstoffabbrandrate unter einen vorgegebenen Grenzwert aus der Kohlenstoffabbrandrate entsprechend einer für kleine Kohlenstoffrestgehalte vorgebbaren Abhängigkeit der Kohlenstoffabbrandrate vom Kohlenstoffrestgehalt rechnerisch bestimmt wird.

Beim Frischen einer Stahlschmelze in einem Konverter soll im wesentlichen der eingesetzte Kohlenstoff, nicht aber Eisen oxidiert werden. Da im Bereich des Blaseendes zufolge des dann vergleichsweise kleinen Kohlenstoffgehaltes der Stahlschmelze mit einer steigenden Reaktion von Eisen und Sauerstoff gerechnet werden muß, wenn der Kohlenstoffgehalt weiter abgesenkt wird, kommt dem zeitgerechten Abschalten der Sauerstoffzufuhr eine besondere Bedeutung zu. Bestimmend für das Blaseende ist somit der vorgegebene Kohlenstoffendgehalt der Stahlschmelze, der jedoch einer unmittelbaren Messung nicht zugänglich ist. Aus dem Kohlenmonoxid- und dem Kohlendioxidgehalt des Abgasstromes aus dem Konverter läßt sich die Kohlenstoffabbrandrate, also die jeweilige Entkohlungs geschwindigkeit, und damit die nach einer bestimmten Zeit abgebrannte Kohlenstoffmenge aus der insgesamt eingesetzten Kohlenstoffmenge berechnen. Der aus der insgesamt eingesetzten Kohlenstoffmenge und dem aus dem gemessenen Kohlenmonoxid- und Kohlendioxidanfall errechnete Kohlenstoffrestgehalt der Stahlschmelze ist jedoch zur sicheren Bestimmung des Blaseendes zu ungenau. Einschlägige Untersuchungen haben gezeigt, daß im Bereich vergleichsweise kleiner Kohlenstoffgehalte eine angenähert rechnerisch erfaßbare Abhängigkeit der Kohlenstoffabbrandrate vom Kohlenstoffgehalt vorliegt. Dieser bei sinkender Entkohlungs geschwindigkeit feststellbare Zusammenhang zwischen der Kohlenstoffabbrandrate und dem Kohlenstoffrestgehalt in der Stahlschmelze kann zur genaueren Berechnung des Blaseendes herangezogen werden. Zu diesem Zweck ist es bekannt (AT 370 773 B), die Kohlenstoffabbrandrate nach verschiedenen, unterschiedlich zu bewertenden Näherungsbeziehungen zu berechnen, um den Zeitpunkt, in dem ein vorgegebener Kohlenstoffendgehalt in der Stahlschmelze vorliegt, genauer angeben zu können. Bei einem anderen bekannten Verfahren zur Bestimmung des Endes des Frischvorganges (DE 42 17 933 A1) wird der Umstand ausgenützt, daß gegen das Ende des Frischvorganges hin aufgrund des abnehmenden Abgasstromes aus dem Konverter der Falschlufanteil ansteigt, was mit einem auffälligen Abfall des Kohlenmonoxidanteiles und einem Ansteigen des Stickstoffanteiles verbunden ist, so daß zur Steuerung des Frischvorganges gegen das Ende hin die Gradienten der zeitlichen Änderung dieser Abgasanteile zur Ermittlung des Blaseendes herangezogen werden können. Es hat sich jedoch herausgestellt, daß alle diese bekannten Bestimmungsverfahren, die auf einer angenommenen Abhängigkeit des Kohlenstoffrestgehaltes von verschiedenen meßbaren Parametern beruhen, nicht geeignet sind, daß Blaseende mit der notwendigen Genauigkeit vorzugeben, weil in der Praxis stets mit Unregelmäßigkeiten gerechnet werden muß, die in den vorgegebenen Näherungsbeziehungen nicht berücksichtigt werden.

Schließlich ist es bekannt (DE 28 36 694 C2) die Entkohlungsrate des Frischvorganges aus einer Abgasanalyse nach einer Differentialgleichung zu ermitteln, in der die Zeitdifferenz zwischen dem Auftreten der Entkohlungsreaktion im Konverter und der Erfassung der Prozeßdaten aus dieser Reaktion durch die Abgasanalyse berücksichtigt wird. Der Endpunkt des Frischvorganges ist dann erreicht, wenn der aus dem Sollwert für den Kohlenstoffgehalt errechnete Wert der Entkohlungsrate mit den aus den Abgasanalysen erhaltenen Entkohlungsratewerten übereinstimmt. Da auch bei diesem bekannten Verfahren zum Bestimmen des Blaseendes in der Praxis unvermeidbare Unregelmäßigkeiten nicht berücksichtigt werden, ist beim Auftreten von solchen Unregelmäßigkeiten das Blaseende nicht mit der erforderlichen Genauigkeit zu bestimmen.

Der Erfindung liegt somit die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren der eingangs geschilderten Art zum Bestimmen des Blaseendes so auszugestalten, daß der Frischvorgang mit einer ausreichenden Genauigkeit bezüglich des Kohlenstoffendgehaltes weitgehend unabhängig von auftretenden Unregelmäßigkeiten beendet werden kann.

Die Erfindung löst die gestellte Aufgabe dadurch, daß der Kohlenstoffrestgehalt der Stahlschmelze nach einem Absinken des auf den Abgasstrom bezogenen Kohlenmonoxid- bzw. Kohlendioxidanfalles unter einen von der Analysezeit der Abgasanalyse abhängigen, empirisch bestimmten, oberen Grenzwert aus der Kohlenstoffabbrandrate entsprechend der vorgegebenen Abhängigkeit zwischen Kohlenstoffabbrandrate und Kohlenstoffrestgehalt laufend berechnet und

mit dem vorgegebenen Sollwert für den Kohlenstoffendgehalt zur Bestimmung des Endes des Frischvorganges verglichen wird.

Da der aus dem Anfall an Kohlenmonoxid und Kohlendioxid im Abgasstrom ermittelte Kohlenstoffabbbrand von der Strömungsgeschwindigkeit des Abgases abhängt und die Abgasströmungsgeschwindigkeit zufolge der Abgasregelung nicht zwingend der Entstehungsgeschwindigkeit des Abgasstromes entsprechend muß - es kommt in diesem Zusammenhang immer wieder zu Abgasschwingungen -, können die aus dem gemessenen Kohlenmonoxid- und Kohlendioxidanfall errechneten Kohlenstoffabbbrandraten mit erheblichen Fehlern belastet sein, die sich bei der Bestimmung des Blaseendes entsprechend auswirken, so daß eine Steuerung des Frischvorganges auf der Grundlage der auf diese Weise ermittelten, ungeprüften Kohlenstoffabbbrandraten höheren Anforderungen nicht genügen kann. Durch die erfindungsgemäße Maßnahme, den auf den Abgasstrom bezogenen Kohlenmonoxid- bzw. Kohlendioxidanfall zu überwachen und erst dann mit der Bestimmung des Blaseendes aus der Kohlenstoffabbbrandrate zu beginnen, wenn der Kohlenmonoxid- bzw. Kohlendioxidanfall unter einen oberen Grenzwert gefallen ist, können diese Einflüsse beispielsweise des Schwingverhaltens des Abgasstromes auf die Bestimmung des Blaseendes weitgehend unterdrückt werden. Insbesondere der Kohlenmonoxidanteil des Abgasstromes zeigt gegen das Blasende hin einen auffälligen Abfall, der nicht wie beim Stand der Technik zur Bestimmung des Blaseendes, sondern lediglich zur Bestimmung einer Zeitspanne ausgenützt wird, in der der Kohlenstoffrestgehalt sinnvoll aus der vorgegebenen Abhängigkeit der Kohlenstoffabbbrandrate vom Kohlenstoffrestgehalt rechnerisch ermittelt werden kann, ohne eine wesentliche Beeinflussung des Rechenergebnisses von auftretenden Unregelmäßigkeiten im Bereich des Abgasstromes befürchten zu müssen. Da die Abgasanalyse zur Bestimmung des Jeweiligen Kohlenmonoxid- bzw. Kohlendioxidanfalles eine entsprechende Analysezeit benötigt, ist beim Festlegen des oberen Grenzwertes für den auf den Abgasstrom bezogenen Kohlenmonoxid- bzw. Kohlendioxidanfall zu berücksichtigen, daß sich in der Analysezeit der Anteil des Kohlenmonoxids bzw. Kohlendioxids im Abgasstrom weiter verändert. Die Genauigkeit der Bestimmung des Blaseendes wird außerdem dadurch erhöht, daß nicht von einem gegebenen Verlauf der Kohlenstoffabbbrandrate ausgegangen wird, sondern der Kohlenstoffrestgehalt laufend aus den durch die Abgasanalyse bestimmten Kohlenstoffabbbrandraten berechnet und mit dem vorgegebenen Sollwert für den Kohlenstoffendgehalt verglichen wird, so daß durch die Summe dieser Maßnahmen der Frischvorgang dann beendet werden kann, wenn der Kohlenstoffendgehalt erreicht ist, und zwar in einem engen Toleranzbereich.

Da die Kohlenstoffabbbrandrate auch von zusätzlichen Parametern abhängt, die auf den Sauerstoffhaushalt Einfluß nehmen, kann der Kohlenstoffrestgehalt der Stahlschmelze aus der Kohlenstoffabbbrandrate unter Berücksichtigung dieser zusätzlichen, die Kohlenstoffabbbrandrate beeinflussenden Parameter, wie z. B. des Mangangehalts, des Einsatzes eines Spülgases, des Siliciumgehalts, der Schlackenmenge u. dgl., laufend rechnerisch ermittelt werden.

Wird beim Erreichen eines unteren in Abhängigkeit von der Analysezeit der Abgasanalyse empirisch bestimmten Grenzwertes für den auf den Abgasstrom bezogenen Kohlenmonoxid- bzw. Kohlendioxidanfall der Frischvorgang unabhängig vom berechneten Kohlenstoffrestgehalt beendet, so kann eine zusätzliche Sicherheit dafür gewonnen werden, daß der Frischvorgang rechtzeitig beendet wird, selbst wenn die rechnerische Ermittlung des Kohlenstoffrestgehaltes noch nicht das Erreichen des Kohlenstoffendgehaltes angezeigt hat.

Durch eine falsche Abgasanalyse oder aber auch aufgrund von Temperaturänderungen kann der ermittelte Wert für den Kohlenmonoxid- bzw. Kohlendioxidanteil in einem Maße verfälscht werden, das keine genauere Berechnung des Kohlenstoffrestgehaltes auf der Basis der ermittelten Kohlenstoffabbbrandrate zuläßt. Um solche Fehler ausschließen zu können, kann der Restgehalt des Kohlenstoffes in der Stahlschmelze zunächst in an sich bekannter Weise aus der eingesetzten Kohlenstoffmenge und dem aus dem laufend gemessenen Kohlenmonoxid- und Kohlendioxidgehalt des Abgasstromes ermittelten Kohlenstoffabbbrand bestimmt und der Kohlenstoffrestgehalt erst bei einem aus dem Kohlenstoffabbbrand ermittelten Kohlenstoffrestgehalt von höchstens 20 %, vorzugsweise 10 %, der eingesetzten Kohlenstoffmenge aus der Kohlenstoffabbbrandrate errechnet werden. Durch diese Maßnahme wird sichergestellt, daß erst nach einem Kohlenstoffabbbrand von 80 bzw. 90 % der insgesamt eingesetzten Kohlenstoffmenge die Bestimmung des Blaseendes zugelassen wird. Der für eine Bestimmung des Blaseendes unzulässig hohe Toleranzbereich bei einer solchen Bestimmung des Kohlenstoffabbbrandes spielt in

diesem Zusammenhang keine Rolle, weil mit dieser Bestimmung des Kohlenstoffabbrandes lediglich die für die Bestimmung des Blaseendes maßgebende Zeitspanne festgelegt wird.

Anhand der Zeichnung, die eine Vorrichtung zum Bestimmen des Blaseendes während des Frischens einer Stahlschmelze in einem Konverter in einem schematischen Blockschaltbild zeigt, wird das erfindungsgemäße Verfahren näher erläutert.

Wie dem dargestellten Ausführungsbeispiel zu entnehmen ist, wird in einem Konverter 1 über eine Lanze 2 Sauerstoff in die Stahlschmelze geblasen und dieser Frischvorgang über eine Steuereinrichtung 3 gesteuert. Zu diesem Zweck ist in der Abgasleitung 4 des Konverters 1 eine Einrichtung 5 zur Gasanalyse, vorzugsweise ein Massenspektrometer, vorgesehen, mit dessen Hilfe zumindest der Kohlenmonoxid- und der Kohlendioxidgehalt des Abgasstromes bestimmt werden kann. Da außerdem über eine Meßeinrichtung 6 die durch die Abgasleitung 4 strömende Abgasmenge gemessen wird, kann in einem mit diesen Meßwerten gespeisten Rechner 7 entsprechend einem vorgegebenen Programm der jeweilige auf das Abgasvolumen bezogene Kohlenmonoxid- und Kohlendioxidanfall, die Kohlenstoffabbrandrate und aus den über eine Eingabe 8 eingegebenen Werten für die insgesamt eingesetzte Kohlenstoffmenge und allfälliger zusätzlicher, sich auf die Kohlenstoffabbrandrate auswirkender Parameter der jeweilige Kohlenstoffrestgehalt in der Stahlschmelze ermittelt werden. In einer Vergleicherstufe 9 wird zunächst überwacht, ob der laufend aus den in der Abgasanalyseeinrichtung 5 gemessenen und den über die Eingabe 8 eingegebenen Werten errechnete Kohlenstoffrestgehalt der Stahlschmelze einen vorgebbaren Höchstwert von 20 %, vorzugsweise 10 %, der insgesamt eingesetzten Kohlenstoffmenge erreicht hat. Erst wenn 80 % bzw. 90 % des eingesetzten Kohlenstoffes abgebrannt sind, wird in einer nachfolgenden Vergleicherstufe 10 überprüft, ob der auf den Abgasstrom bezogene Kohlenmonoxid- bzw. Kohlendioxidanfall unter einen von der Analysezeit der Abgasanalyse abhängigen, empirisch bestimmten, oberen Grenzwert abgesunken ist, weil mit dem Absinken des bezogenen Kohlen-monoxid- bzw. Kohlendioxidanfalles unter einen solchen Grenzwert der Beginn der Endphase des Frischvorganges angezeigt werden kann, in der der Kohlenstoffabbrand bereits weitgehend fortgeschritten ist. Da in der Endphase des Frischvorganges darauf geachtet werden muß, daß der Kohlenstoffrestgehalt der Stahlschmelze keinesfalls unter den vorgegebenen Kohlenstoffendgehalt absinkt, ist der Frischvorgang bei einem entsprechend niedrigen Kohlenmonoxid- bzw. Kohlendioxidanfall sofort zu beenden. Aus diesem Grunde wird der Kohlenmonoxid- bzw. Kohlendioxidanfall in einer weiteren Vergleicherstufe 11 hinsichtlich des Unterschreitens eines solchen unteren Grenzwertes überwacht, um die Stelleinrichtung 12 zum Beenden des Frischvorganges über die Vergleicherstufe 11 im Bedarfsfall unmittelbar ansteuern zu können.

Das Blaseende wird allerdings im allgemeinen aus einer in der Endphase des Frischvorganges gegebenen Abhängigkeit zwischen der Kohlenstoffabbrandrate und dem Kohlenstoffrestgehalt errechnet. Mit Hilfe dieser näherungsweise in einem Rechnerprogramm erfaßbaren Abhängigkeit lassen sich die Kohlenstoffrestgehalte erheblich genauer errechnen, als dies über eine Auswertung des gemessenen Kohlenmonoxid- bzw. Kohlendioxidanfalles durch eine Kohlenstoffbilanz möglich ist. Deshalb werden die auf eine solche Art laufend errechneten Kohlenstoffrestgehalte in einer weiteren Vergleicherstufe 13 mit einem für den Kohlenstoffendgehalt vorgegebenen Sollwert verglichen, um die Stelleinrichtung 12 zum Beenden des Frischvorganges so ansteuern zu können, daß der vorgegebene Kohlenstoffendwert in einem geringen Toleranzbereich erreicht wird. Voraussetzung für eine solche Berechnung des Kohlenstoffrestgehaltes ist allerdings, daß der Kohlenstoffrestgehalt bereits unter 0,1 Gew. % abgesunken ist.

Bei dem geschilderten Verfahren zum Bestimmen des Blaseendes des Frischvorganges ist zu bedenken, daß die Abgasanalyse eine bestimmte Analysezeit für die Ermittlung der geforderten Abgaswerte benötigt, so daß dem Rechner 7 die Analysewerte um die Analysezeit verzögert zur Verfügung gestellt werden. Das bedeutet insbesondere bei der Überwachung der vorgegebenen Grenz- und Endwerte, daß dem Rechner eine Abgaszusammensetzung übermittelt wird, die sich während der Analysezeit wieder verändert hat. Da aber der zeitliche Verlauf der Änderungen zumindest im Bereich der Endphase des Frischvorganges bis zu einem gewissen Grad zufolge der gegebenen Zusammenhänge vorhersehbar ist, kann trotz dieser verzögerten Erfassung der Meßwerte eine ausreichend genaue Steuerung des Blaseendes erzielt werden. Es muß allerdings für eine beschränkte Analysezeit gesorgt werden. Kann die Analysezeit unter 20 s gehalten werden, was mit Hilfe bekannter Massenspektrometer durchaus möglich ist, so können in der Praxis die für die Bestimmung des Blaseendes erforderlichen Meßwerte mit einer für die Steuerung des Frischvorganges ausreichenden Geschwindigkeit zur Verfügung gestellt werden. Die laufende

Verrechnung der Meßwerte kann in einem solchen Fall zyklisch in einem Takt von 1 bis 2 s erfolgen.

Patentansprüche:

1. Verfahren zum Bestimmen des Blaseendes während des Frischens einer Stahlschmelze in einem Konverter, wobei die Kohlenstoffabbrandrate aus dem durch eine Abgasanalyse des Konverters gemessenen Kohlenmonoxid- und Kohlendioxidanfall im Abgasstrom ermittelt und das für einen vorgegebenen Kohlenstoffendgehalt der Stahlschmelze vorgesehene Blaseende beim Absinken der Kohlenstoffabbrandrate unter einen vorgegebenen Grenzwert aus der Kohlenstoffabbrandrate entsprechend einer für kleine Kohlenstoffrestgehalte vorgebbaren Abhängigkeit der Kohlenstoffabbrandrate vom Kohlenstoffrestgehalt rechnerisch bestimmt wird, dadurch gekennzeichnet, daß der Kohlenstoffrestgehalt der Stahlschmelze nach einem Absinken des auf den Abgasstrom bezogenen Kohlenmonoxid- bzw. Kohlendioxidanfalles unter einen von der Analysezeit der Abgasanalyse abhängigen, empirisch bestimmten, oberen Grenzwert aus der Kohlenstoffabbrandrate entsprechend der vorgegebenen Abhängigkeit zwischen Kohlenstoffabbrandrate und Kohlenstoffrestgehalt laufend berechnet und mit dem vorgegebenen Sollwert für den Kohlenstoffendgehalt zur Bestimmung des Endes des Frischvorganges verglichen wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Kohlenstoffrestgehalt der Stahlschmelze aus der Kohlenstoffabbrandrate unter Berücksichtigung zusätzlicher, die Kohlenstoffabbrandrate beeinflussender Parameter, wie z. B. Mangangehalt, Einsatz eines Spülgases, Siliciumgehalt, Schlackenmenge, laufend rechnerisch ermittelt wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß beim Erreichen eines unteren in Abhängigkeit von der Analysezeit der Abgasanalyse empirisch bestimmten Grenzwertes für den auf den Abgasstrom bezogenen Kohlenmonoxid- bzw. Kohlendioxidanfall der Frischvorgang unabhängig vom berechneten Kohlenstoffrestgehalt beendet wird.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß der Restgehalt des Kohlenstoffes in der Stahlschmelze zunächst in an sich bekannter Weise aus der eingesetzten Kohlenstoffmenge und dem aus dem laufend gemessenen Kohlenmonoxid- und Kohlendioxidgehalt des Abgasstromes ermittelten Kohlenstoffabbrand bestimmt und der Kohlenstoffrestgehalt erst bei einem aus dem Kohlenstoffabbrand ermittelten Kohlenstoffrestgehalt von höchstens 20 %, vorzugsweise 10%, der eingesetzten Kohlenstoffmenge aus der Kohlenstoffabbrandrate errechnet wird.

Hiezu 1 Blatt Zeichnungen

