

12 **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

21 Anmeldenummer: 85103680.6

51 Int. Cl.⁴: **C 23 C 8/06**
C 23 C 8/22

22 Anmeldetag: 27.03.85

30 Priorität: 29.03.84 DE 3411605

43 Veröffentlichungstag der Anmeldung:
02.10.85 Patentblatt 85/40

84 Benannte Vertragsstaaten:
AT CH FR GB IT LI SE

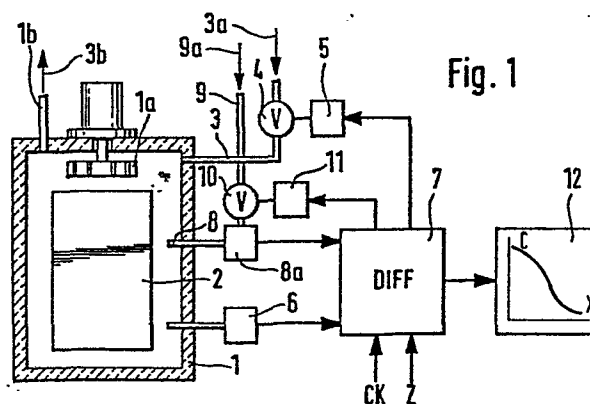
71 Anmelder: Wunning, Joachim, Dr.-Ing.
Berghalde 20
D-7250 Leonberg 7 (Warmbronn)(DE)

72 Erfinder: Wunning, Joachim, Dr.-Ing.
Berghalde 20
D-7250 Leonberg 7 (Warmbronn)(DE)

74 Vertreter: Wilhelm, Hans-Herbert, Dr.-Ing. et al,
Patentanwälte Dr.-Ing. Hans-Herbert Wilhelm Dipl.-Ing.
Hanjörg Dauster Gymnasiumstrasse 31B
D-7000 Stuttgart 1(DE)

54 Verfahren und Einrichtung zur Gasaufkohlung von Stahl.

57 Beschrieben wird ein Verfahren zur Gasaufkohlung von Stahl, bei dem das Stahlteil in einer kohlenstoffangereicherten Atmosphäre eines Ofens o.dgl. einem Diffusionsprozeß zur Bildung eines Randbereiches mit erhöhtem und abhängig vom Randabstand bestimmten Kohlenstoffgehalt ausgesetzt wird. Bei diesem Verfahren werden in gewissen Zeitabständen die für den Diffusionsvorgang wichtigen Meßgrößen einschließlich der Temperatur ermittelt und als Steuergrößen für die Beeinflussung des Diffusionsvorganges verwendet. Als Meßgröße dient dabei der unmittelbar durch die Oberfläche des Stahlteiles diffundierende C-Strom. In Abhängigkeit davon wird die Kohlungsgaszufuhr gesteuert. Dieses Verfahren weist den Vorteil auf, daß es nicht nur anwendbar ist, wenn sogenannte Gleichgewichtsatmosphären vorliegen, für die das C-Potential definiert und gemessen werden kann. Das neue Verfahren läßt sich vielmehr auch für mit Kohlenwasserstoffen übersättigte Atmosphären einsetzen, deren Verwendung eine Rohstoff- und Energieersparnis bringen kann.



Verfahren und Einrichtung zur Gasaufkohlung von Stahl

=====

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Gasaufkohlung von Stahl, bei dem das Stahlteil in einer kohlenstoffangereicherten Gasatmosphäre eines Ofens o.dgl. einem Diffusionsprozeß zur Bildung eines Randbereiches mit erhöhtem und abhängig vom Randabstand bestimmten Kohlenstoffgehalt ausgesetzt wird und bei dem in gewissen Zeitabständen die für den Diffusionsvorgang wichtigen Meßgrößen einschließlich der Temperatur ermittelt und als Steuergrößen für die Beeinflussung des Diffusionsvorganges verwendet werden.

Solche Gasaufkohlungsverfahren, wie sie der Einsatzhärtung von Stahlteilen vorausgehen, sind bekannt (Zeitschrift für wirtschaftliche Fertigung, Heft 9, September 1968, Seite 456 bis 464). Bei der Aufkohlung von Werkstücken aus Stahl wird dabei deren Randschicht mit Kohlenstoff angereichert. Für das Prozeßende wird ein bestimmter Kohlenstoffverlauf angestrebt, mit den Zielgrößen "Aufkohlungstiefe", "Randkohlenstoffgehalt" und "C-Verlauf am Rand". Dieser Vorgang kann aufgrund der Diffusionsgesetze berechnet werden, weil neben der Temperatur und der Zeit sogenannte Randbedingungen als Variable eingehen, mit denen das Kohlenstoffangebot an der Oberfläche definiert wird.

Während man in den Anfängen der Aufkohlungstechnik davon ausging, daß der Rand-C-Gehalt während der gesamten Prozeßdauer angenähert konstant bleibt und daß demnach die Aufkohlungstiefe mit der Wurzel aus der Zeit wächst, wurden mit zunehmenden Genauigkeitsansprüchen die Prozeßparameter "Kohlenstoffpotential" und "Reaktionsgeschwindigkeit" an der Oberfläche eingeführt. Abhängig von den jeweils gemessenen Werten, dem mathematischen Zusammenhang und den anderen Prozeßwerten kann daher der C-Verlauf im Werkstück vorausberechnet werden, wobei die Aufkohlung des Randbereiches

darauf beruht, daß das C-Potential der Gasatmosphäre in der zur Aufkohlung verwendeten Ofenkammer so geregelt wird, daß die gewünschten Zielgrößen erreicht werden. Es ist zudem auch bekannt, mit Hilfe einer Recheneinheit das C-Potential während der Aufkohlung zu verändern, um mit geringstmöglichem Zeitaufwand Karbidbildung am Rand des Werkstückes zu vermeiden (DE-PS 31 39 622).

Diese Art der Regelung von Aufkohlungsprozessen läßt sich aber nur dann durchführen, wenn sogenannte Gleichgewichtsatmosphären vorliegen, weil nur dann das C-Potential definiert ist und auch gemessen werden kann. Mit Kohlenwasserstoffen übersättigte Atmosphären werden in der Regel wegen ihrer eingeschränkten Regelfähigkeit vermieden, obwohl sie, weil sie ein noch größeres Kohlenstoffangebot mit sich bringen, eine Rohstoff- und Energieersparnis bringen können.

Der vorliegenden Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren der eingangs genannten Art so auszubilden, daß auch mit Kohlenwasserstoffen übersättigte Atmosphären für Aufkohlungsprozesse so eingesetzt werden können, daß eine eindeutige Steuerung und Bestimmung des Kohlenstoffverlaufes am Rand der Werkstücke möglich ist.

Zur Lösung dieser Aufgabe wird erfindungsgemäß bei einem Verfahren der eingangs genannten Art vorgeschlagen, unmittelbar dadurch die Oberfläche des Stahlteils diffundierenden C-Strom als Meßgröße zu verwenden und in Abhängigkeit davon die Kohlungsgaszufuhr zu steuern. Ein solches Verfahren läßt sich durchführen, obwohl die theoretisch für den Kohlenstoffstrom an der Oberfläche der Werkstücke bekannten Zusammenhänge nicht ohne weiteres in die Praxis umzusetzen sind, weil dieser C-Strom im Gegensatz zum C-Potential während des Aufkohlungsprozesses in komplizierter Weise verändert werden muß, wenn am Ende ein bestimmter Kohlenstoffverlauf vorliegen soll. Dies läßt sich aber, ebenso wie bei bekannten Verfahren, durch Rechner laufend oder in bestimmten kurzen Zeitabschnitten so bestimmen, daß die gewünschte Regelung möglich ist, wenn Werte für

den C-Strom zur Verfügung gestellt werden.

Dies ist in einfacher Weise dadurch zu erreichen, daß der C-Strom direkt über die zeitliche Änderung des elektrischen Widerstandes eines Eisenfühlers gemessen wird.

Um hierbei keine Gefahr zu laufen, daß der Kohlenstoffgehalt des Fühlers dem Kohlenstoffgehalt am Rand des aufzukohlenden Werkstückes davonläuft, wird jeweils vorteilhaft dafür gesorgt, daß der mittlere Kohlenstoffgehalt des Eisenfühlers durch schrittweise kurz-zeitige Entkohlungsphasen dem für den Randkohlenstoffgehalt des Stahlteiles in bekannter Weise rechnerisch ermittelten Wert nachgeführt wird. Erreicht daher der vom C-Fühler ermittelte Wert den für den Randkohlenstoffgehalt am Werkstück angestrebten Wert, so muß die Zufuhr von Kohlengas so zurückgenommen werden, daß beispielsweise die schädliche Karbidbildung vermieden wird.

Der C-Strom kann nicht nur unmittelbar über einen Fühler gemessen werden. Er kann auch indirekt über die Differenz der gemessenen, in den Ofen eingeführten und der daraus wieder abgeführten bzw. nicht verbrauchten Kohlenstoffmenge ermittelt werden. Zweckmäßig ist es dabei, wenn die zugeführte Kohlenstoffmenge aus der in einer bestimmten Zeit zugeführten Gasmenge und deren Kohlenstoffgehalt, die abgeführte Kohlenstoffmenge aus der in derselben Zeit abgeführten Fackelgasmenge und deren Kohlenstoffgehalt und die nicht verbrauchte Kohlenstoffmenge aus dem im Ofen verbleibenden Rußanteil bestimmt wird. Für die Praxis ausreichend hat es sich dabei erwiesen, wenn die abgeführte Kohlenstoffmenge und die nicht verbrauchte in Form von Ruß im Ofen verbleibende Kohlenstoffmenge zu einem ofenspezifischen Ausnutzungsfaktor zusammengefaßt werden und wenn der C-Strom dann aus der zugeführten Kohlenstoffmenge, der Werkstückoberfläche und dem Ausnutzungsfaktor bestimmt wird. Alle diese Meßgrößen und Prozeßwerte können, wie an sich bekannt, einer Recheneinheit zugeführt werden, die hieraus und aus den für die Berechnung des Verlaufes des Randkohlenstoffgehaltes wichtigen und

abgespeicherten Daten, wie Geometrie des Stahlteiles, Kern-C-Gehalt und Diffusionskoeffizient den zum jeweiligen Zeitpunkt vorliegenden Verlauf des C-Gehaltes im Stahlteil berechnet und abhängig davon Signale zur Steuerung der Kohlungsgaszufuhr gibt. Dies kann sowohl durchgeführt werden, wenn der C-Strom direkt über einen Fühler gemessen wird, oder wenn er, wie beschrieben, aus der zu- und abgeführten Kohlenstoffmenge bestimmt wird. Ein Vorteil dabei ist, daß auf die Berücksichtigung der Werte für den Kohlenstoffübergangskoeffizienten und weitgehend auch auf die Legierungszusammensetzung verzichtet werden kann.

Zur Durchführung des Verfahrens mit direkter C-Strom-Messung wird vorteilhaft eine Einrichtung vorgesehen, die in bekannter Weise einen Aufkohlungssofen mit mindestens einer beheizbaren Kammer, mit Fühlern zum Erfassen der Kammertemperatur, mit einer Kohlungsmittelzuführleitung, in der ein steuerbares Regelventil angeordnet ist und mit einem in die Kammer hereinreichenden Fühler vorgesehen, der mindestens einen der Ofenatmosphäre ausgesetzten elektrischen Meßwiderstand aufweist, wie das beispielsweise in der Zeitschrift Stahl und Eisen 80 (1960, Heft 26, Seiten 1952 bis 1954) beschrieben ist. Bei einer solchen Einrichtung wird erfindungsgemäß jedoch vorgesehen, daß der Meßwiderstand als C-Strom-Fühler wirkt und in einer Fühlerkammer angeordnet ist, die an eine Zuführleitung für ein Entkohlungsgas angeschlossen ist, und daß in diese Zuführleitung ein in Abhängigkeit von den ermittelten Werten steuerbares Absperrventil angeordnet ist. Dieses Entkohlungsgas kann bei Einrichtungen mit einem Fühler, der einen von einem Vergleichsgas umströmten Vergleichswiderstand zur Temperaturkompensation aufweist, gleichzeitig das Vergleichsgas sein, das für den Kompensations-Vergleichswiderstand vorgesehen ist. Die das Absperrventil enthaltende Zuleitung kann dabei in einfacher Weise von der Anschlußleitung zum Vergleichswiderstand abzweigen. Dieses Absperrventil enthält seine Steuerimpulse zum Öffnen und Schließen in einfacher Weise schrittweise von der Recheneinheit, die damit den Kohlenstoffgehalt des Meßwiderstandes dem Kohlenstoffgehalt am Rand des aufzukohlenden Werkstücks nachführt. Der zeitliche Verlauf des C-Gehaltes des Meßfühlers entspricht daher dem Aufkohlungsverlauf am Rand des Werkstückes.

Natürlich läßt sich der Kohlenstoffgehalt des Fühlers analog der eben beschriebenen Art in umgekehrter Weise auch bei absinkendem Kohlenstoffgehalt in der Atmosphäre nachführen. Die Entkohlungsphasen werden dann durch Aufkohlungsphasen ersetzt.

Zur Durchführung des vorher erwähnten, zweiten Verfahrens, bei dem die zu- und abgeführten Kohlenstoffmengen ermittelt werden, wird vorteilhaft eine ebenfalls bekannte Einrichtung mit einem Aufkohlungssofen mit mindestens einer beheizten Kammer, mit Kühlern zum Erfassen der Kammertemperatur, mit einer Kohlunungsmittelzuführleitung in der ein steuerbares Regelventil angeordnet ist und mit einer aus der Kammer herausführenden Abzugsleitung mit einer Fackel vorgesehen. Erfindungsgemäß wird bei einer solchen Einrichtung dem steuerbaren Regelventil in der Kohlunungsmittelzuführleitung ein die durchströmende Menge erfassendes Meßglied nachgeschaltet und auch in der Abzugsleitung eine die abströmende C-Menge erfassende Meßeinrichtung vorgesehen. Diese Ausgestaltung ermöglicht es, insbesondere wenn gewisse ofenspezifische Größen zu einem Ausnutzungsfaktor zusammengefaßt sind, die von dem Meßglied und der Meßeinrichtung erfaßten Werte und die Werte der Temperaturmessung von der Recheneinheit auswerten zu lassen, der auch Werte über die Oberfläche und den Anfangs-C-Gehalt des Werkstückes sowie Daten der zu erreichenden Zielgrößen und des Ausnutzungsfaktors eingegeben sind.

Natürlich ist es auch bei den neuen Verfahren und mit den neuen Einrichtungen möglich, nicht nur Aufkohlungsprozesse, sondern beispielsweise auch Verfahren zum Karbonitrieren durchzuführen. Bei Aufkohlungsprozessen kann in der Schlußphase zur genauen Einstellung des Rand-C-Gehaltes an den Werkstücken auch auf die bekannte C-Potential-Regelung umgeschaltet werden. Der Vorteil der neuen Verfahren und Einrichtungen ist das höhere Kohlenstoffangebot in der Anfangsphase, jedoch ohne die Gefahr der Überkohlung.

Die Erfindung ist anhand von zwei Ausführungsbeispielen von Einrichtungen zur Durchführung der neuen Verfahren in der Zeichnung dargestellt und wird im folgenden auch anhand eines Beispiels erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 die schematische Darstellung einer erfindungsgemäßen Einrichtung zur Stahlaufkohlung, bei der ein C-Strom-Fühler zur Steuerung des Aufkohlungsvorganges eingesetzt ist,

- Fig. 2 die schematische und vergrößerte Darstellung des C-Strom-Fühlers der Fig. 1,
- Fig. 3 eine diagrammartige Darstellung, die den Verlauf des C-Gehaltes des Fühlers der Fig. 2 und dessen Steuerung in Abhängigkeit von der Zeit,
- Fig. 4 Diagramme mit dem Verlauf der Temperatur, des Randkohlenstoffgehaltes, der Aufkohlungstiefe und des C-Stromes jeweils anhand eines auch beschriebenen Beispiels und über dem Zeitverlauf aufgetragen,
- Fig. 5 die diagrammartige Darstellung des Kohlenstoffverlaufes bei Prozeßende in Abhängigkeit des Abstandes vom Rand und
- Fig. 6 die schematische Darstellung einer anderen Einrichtung zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens, bei dem ohne C-Strom-Fühler gearbeitet wird.

In der Fig. 1 ist ein Aufkohlungsofen 1 mit einer durch ein Gebläse 1a gebildeten Umwälzeinrichtung vorgesehen, in den eine Werkstückcharge 2 zur Aufkohlung mit der Oberfläche A eingesetzt ist. In den Ofen mündet eine Kohlungsmittelzuführleitung 3, in die das Aufkohlungsgas in Richtung des Pfeiles 3a eingegeben wird. Aus dem Aufkohlungsofen 1, der in bekannter Weise mit einer wärmebeständigen Isolierwand versehen ist, heraus führt eine Abzugsleitung 1b, an der das in Richtung des Pfeiles 4 austretende Abgas abgefackelt wird. In den Ofen 1 hereingeführt ist auch ein Temperaturfühler 6, dessen Meßwerte einer Recheneinheit 7 zugeführt werden. In die Kohlungsmittelzuführleitung 3 ist ein steuerbares Regelventil 4 eingesetzt, das über ein Stellglied 5 betätigt werden kann, welches seine Steuerimpulse vom Rechner 7 erhält.

Ebenfalls in den Ofen 1 hereingeführt ist ein C-Strom-Fühler 8, dessen Fühlerkopf 8a mit dem Rechner 7 in Verbindung steht, so daß die vom C-Strom-Fühler 8 ermittelten Werte vom Rechner 7 ausgewertet werden können. Dieser Fühlerkopf 8a steht außerdem aber noch mit einer Zufuhrleitung 9 für ein Entkohlungsgas in Verbindung, das in Richtung des Pfeiles 9a zugeführt wird. In diese Zufuhrleitung 9 ist ein Absperrventil 10 eingesetzt, das über ein vom Rechner 7 gesteuertes Stellglied 11 geöffnet oder geschlossen werden kann. In den Rechner 7 werden außerdem die gewünschten Zielgrößen Z sowie der Wert für den Anfangs-C-Gehalt CK der Werkstückcharge 2 eingegeben. Der Rechner 7 steht mit einem Schreiber 12 für den Kohlenstoffverlauf C-X in Verbindung, welcher den Kohlenstoffverlauf im Werkstück in Abhängigkeit von Randabstand aufzeichnet. Dieser Verlauf wird vom Rechner 7 in bekannter Weise ermittelt.

Aus Fig. 2 wird deutlich, daß der C-Strom-Fühler 8 aus einem in zwei Kammern 8b und 8c durch die Wand 13 unterteilten Rohr besteht, die sich bis in den Fühlerkopf 8a fortsetzen. Die Kammer 8b enthält einen Meßwiderstand 14, der in nicht näher dargestellter Weise von einem elektrischen Strom durchflossen wird und über die Verbindungsleitung 14a mit einer im Rechner 7 angeordneten Auswertschaltung in Verbindung steht. Die Kammer 8b steht außerdem mit der Zufuhrleitung 9 für das Entkohlungsmittel in Verbindung, in der das Absperrventil 10 angeordnet ist.

Die Kammer 8a des C-Strom-Fühlers 8 steht über eine Anschlußleitung 16 mit der Zufuhrleitung 9 für das Entkohlungsmittel in Verbindung, so daß die Kammer 8a ständig mit einer gewissen Menge des beim Ausführungsbeispiel gleichzeitig als Vergleichsgas dienenden Entkohlungsmittel beaufschlagt ist.

Die Arbeitsweise der Einrichtung der Fig. 1 und 2 soll nun an einem Beispiel beschrieben werden.

In dem beispielsweise als Retortenofen ausgebildeten Aufkohlungs—
ofen 1 wird die Charge 2 von Werkstücken aus Stahl mit einem Anfangs-C-Gehalt von 0,20 %C und einer Gesamtoberfläche A von 10 m² bei 930°C aufgekohlt. Die Zielgrößen Z bei Prozeßende sind folgende:

Aufkohlungstiefe AT = 1 mm bei 0,35 %C;

Randkohlenstoffgehalt CR = 0,80 %C;

C-Verlauf am Rand soll flach sein.

Diese Zielgrößen ergeben einen Kohlenstoffbedarf - errechnet - von 35 g/m².

Aus wirtschaftlichen Gründen wird eine kurze Aufkohlungsdauer, d.h. ein hohes Kohlenstoffangebot angestrebt. Der Rand-C-Gehalt soll jedoch während der Aufkohlung 1,00 %C nicht überschreiten, um Carbidbildung zu vermeiden. Vor dem Ausfahren soll die Temperatur der Charge 2 auf die Härtetemperatur von 860°C abgesenkt werden.

Beim Aufheizen der Charge 2 wird der Ofen 1 mit Stickstoff gespült.

Ab 850°C wird etwas Methanol zur Bildung von CO und H₂ sowie Erdgas CH₄ als Kohlengas zugesetzt, was über die Kohlengasmittelzufuhrleitung 3 geschieht, und zwar in so hohem Anteil, daß eine C-Potentialmessung wegen Übersättigung nicht durchgeführt werden kann. In dem in der Fig. 4 gezeigten Abschnitt I ist der C-Strom begrenzt, um übermäßige Rußbildung im Ofen 1 zu vermeiden. Im Abschnitt II wird der C-Strom zurückgenommen, weil sonst der Rand-C-Gehalt über ein Prozent steigen würde.

Die Atmosphäre im Ofen 1 wird von dem C-Strom-Fühler 8 mit dem Meßwiderstand 14 überwacht, der beispielsweise aus einem Eisendraht mit einem Durchmesser von 0,2 mm bestehen kann, dessen Kohlenstoffgehalt sich um 0,26 %C/h verändert, wenn der C-Strom 1 g/m²h beträgt, was sich aus dem Oberflächen- / Volumenver-

hältnis des Fühlers 8 ergibt.

Der Kohlenstoffgehalt C des Fühlers wird, wie Fig. 3 zu entnehmen ist, durch vom Rechner 7 gesteuerte Entkohlungszyklen dem Rand-C-Gehalt der Werkstückcharge 2 nachgeführt. In Fig. 3 ist der C-Gehalt des Fühlers durchgehend ausgezogen. Diese sägezahnartige Linie ist mit 18 bezeichnet. Die jeweiligen Entkohlungsphasen 19 werden vom Rechner 7 gesteuert. In diesem Fall wird das Absperrventil 10 - vom Rechner gesteuert - geöffnet und es fließt kurzzeitig Entkohlungsmittel durch die Kammer 8b.

Der Mittelwert des Verlaufes des C-Gehaltes am Fühler entspricht so der gestrichelt dargestellten Linie 20, welche den Verlauf des Rand-C-Gehaltes am Werkstück 2 darstellt, der vom Rechner ermittelt wird.

Es ist aus Fig. 3 auch zu erkennen, daß die Zeit t_E für die Entkohlungsphasen nur sehr kurz ist. Sie reicht aber aus, um den Mittelwert des C-Gehaltes des Fühlers 8 dem Rand-C-Gehalt 20 nachzuführen.

Aus dem Wert $\frac{dC}{dt}$ wird der dazu proportionale C-Strom ermittelt.

Die Kohlengaszufuhr in Richtung des Pfeiles 3a wird abgebrochen, sobald die Summe des zugeführten Kohlenstoffes mit dem vorgegebenen Zielwert 35 g/m^2 übereinstimmt. Dies ist im Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 4 nach vier Stunden erreicht. Danach wird unter Stickstoffzufuhr diffundiert, bis der Rechner 7 den vorgegebenen Rand-C-Gehalt anzeigt, der etwa nach fünf Stunden und 20 Minuten gemäß Fig. 4 bei 0,8 %, wie gewünscht, liegt. (siehe in Fig. 4 Abschnitt III). In der Diffusionsphase wird gleichzeitig auf Härtetemperatur abgesenkt, wie das aus dem oberen Diagramm mit dem Temperaturverlauf zu ersehen ist.

Das vom Rechner 7 ausgegebene Chargenprotokoll (Fig. 4) zeigt den über den C-Strom geregelten Aufkohlungsprozeß. Fig. 5 zeigt den endgültigen Kohlenstoffverlauf bei Prozeßende, der mit den vorgegebenen Zielgrößen übereinstimmt. Dabei ist in Fig. 5 auf der

Abszisse der Randabstand im Werkstück aufgetragen. Auf der Ordinate der C-Gehalt. Der Randkohlenstoffgehalt CR beträgt 0,180 %C. Bei der Aufkohlungstiefe 1mm beträgt der C-Gehalt 0,35 %C.

In der Fig. 6 ist eine andere Möglichkeit der Steuerung des Aufkohlungsprozesses mit Hilfe des C-Stromes gezeigt. Dort sind gleiche Bezugswerte für gleiche Teile verwendet. Abweichend von der Einrichtung der Fig. 1 ist hier dem steuerbaren Regelventil 4 in der Kohlungsmittelzuführleitung 3 eine durchströmende Menge erfassendes Meßglied 21 nachgeschaltet. Auch in der Abzugsleitung 1b wird eine die abströmende C-Menge erfassende Meßeinrichtung 22 angeordnet. Bei dieser Einrichtung wird die zugeführte Kohlenstoffmenge aus der in einer bestimmten Zeit zugeführten Kohlungsgasmenge und deren Kohlenstoffgehalt, der bekannt ist, die abgeführte Kohlenstoffmenge aus der in derselben Zeit durch die Leitung 1b abgeführten Fackelgasmenge und deren ebenfalls bestimmbaren Kohlenstoffgehalt ermittelt, sowie aus der nicht verbrauchten Kohlenstoffmenge, die aus dem im Ofen verbleibenden Rußanteil besteht. Die sich daraus ergebende Differenz des Kohlenstoffes ist in die Werkstückcharge 2 geströmt, deren Oberfläche A ebenfalls bekannt ist. In der Praxis wird nun so vorgegangen, daß die abgeführte Kohlenstoffmenge, die durch die Leitung 1b führt, und die nicht verbrauchte, in Form vom Ruß im Ofen 1 verbleibende Kohlenstoffmenge zu einem ofenspezifischen Ausnutzungsfaktor f zusammengefaßt werden und daß der C-Strom aus der zugeführten Kohlenstoffmenge, die mit dem Meßglied 21 erfaßt wird, der bekannten Werkstückoberfläche A und dem Ausnutzungsfaktor f bestimmt wird, so daß sich der Kohlenstoffstrom m ergibt $m = f \cdot \frac{K}{A}$. K ist dabei die zugeführte Kohlen-

stoffmenge in $\text{gC/m}^2\text{h}$. Diese Werte werden dem Rechner 7 zusätzlich zu den Werten für den Anfangsrandkohlenstoffgehalt CK des Werkstückes und den Zielgrößen Z eingegeben. Er ermittelt daraus den Kohlenstoffstrom in ähnlicher Weise, wie das auch anhand von Fig. 4 erläutert wurde. In Abhängigkeit von dieser Ermittlung wird die Zufuhr von Kohlungsmittel durch die Kohlungsmittelzuführleitung 3 über das Ventil 4 gesteuert.

Ansprüche
=====

1. Verfahren zur Gasaufkohlung von Stahl, bei dem das Stahlteil in einer kohlenstoffangereicherten Gasatmosphäre eines Ofens o.dgl. einem Diffusionsprozeß zur Bildung eines Randbereiches mit erhöhtem und abhängig vom Randabstand bestimmten Kohlenstoffgehalt ausgesetzt wird und bei dem in gewissen Zeitabständen die für den Diffusionsvorgang wichtigen Meßgrößen einschließlich der Temperatur ermittelt und als Steuergrößen für die Beeinflussung des Diffusionsvorganges verwendet werden, dadurch gekennzeichnet, daß unmittelbar der durch die Oberfläche des Stahlteils diffundierende C-Strom als Meßgröße dient und daß in Abhängigkeit davon die Kohlungsgaszufuhr gesteuert wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der C- Strom direkt über die zeitliche Änderung des elektrischen Widerstandes eines Eisenfühlers (8) gemessen wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 und 2, dadurch gekennzeichnet, daß der mittlere Kohlenstoffgehalt des Eisenfühlers (8) durch schrittweise, kurzzeitige Entkohlungsphasen (19) dem für den Rand-Kohlenstoffgehalt des Stahlteiles ermittelten Wert (20) nachgeführt wird.

4. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der C-Strom indirekt über die Differenz der gemessenen, in den Ofen eingeführten und der daraus wieder abgeführten bzw. nicht verbrauchten Kohlenstoffmenge ermittelt wird und daß die zugeführte Kohlenstoffmenge aus der in einer bestimmten Zeit zugeführten Gasmenge und deren Kohlenstoffgehalt, die abgeführte Kohlenstoffmenge aus der in derselben Zeit abgeführten Fackelgasmenge und deren Kohlenstoffgehalt und die nicht verbrauchte Kohlenstoffmenge aus dem im Ofen verbleibenden Rußanteil bestimmt wird.
5. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die abgeführte Kohlenstoffmenge und die nicht verbrauchte, in Form von Ruß im Ofen verbleibende Kohlenstoffmenge zu einem ofenspezifischen Ausnutzungsfaktor (f) zusammengefaßt werden und daß der C-Strom aus der zugeführten Kohlenstoffmenge, der Werkstückoberfläche (A) und dem Ausnutzungsfaktor bestimmt wird.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß alle Meßgrößen und Zielgrößen einer Recheneinheit (7) zugeführt werden, die hieraus und aus den für die Berechnung des Verlaufes des Randkohlenstoffgehaltes wichtigen und abgespeicherten Daten, wie Geometrie des Stahlteiles, Diffusionskoeffizient und Kern-C-Gehalt den zum jeweiligen Zeitpunkt vorliegenden Verlauf (20) des C-Gehaltes im Stahlteil berechnet und abhängig davon Signale zur Steuerung der Kohlengaszufuhr gibt.
7. Einrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach den Ansprüchen 1 bis 3 und 6, mit einem Aufkohlungssofen mit mindestens einer beheizbaren Kammer, mit Fühlern zum Erfassen der Kammertemperatur, mit einer Kohlungsmittelzuführleitung, in der ein steuerbares Regelventil angeordnet ist, und mit einem in die Kammer hereinreichenden Fühler, der mindestens einen, der Ofenatmosphäre ausgesetzten elektrischen Meßwiderstand aufweist, dadurch gekennzeichnet, daß der Meßwiderstand (8) als C-Stromfühler

wirkt und in einer Fühlerkammer (8b) angeordnet ist, die an eine Zufuhrleitung (9) für ein Entkohlungsgas (9a) angeschlossen ist, und daß in dieser Zufuhrleitung (9) ein in Abhängigkeit von den ermittelten Werten steuerbares Absperrventil (10) angeordnet ist.

- . Einrichtung nach Anspruch 7 mit einem Fühler, der zusätzlich zum Meßwiderstand einen von einem Vergleichsgas umspülten Vergleichswiderstand zur Temperaturkompensation aufweist, dadurch gekennzeichnet, daß als Entkohlungsgas das Vergleichsgas dient und daß die das Absperrventil (10) enthaltende Zuleitung (9) von der Anschlußleitung (16) zum Vergleichswiderstand (23) abzweigt.
- . Einrichtung nach Anspruch 8 und 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Steuerimpulse zum Öffnen und Schließen des Absperrventils (10) schrittweise von der Recheneinheit (7) gegeben werden.
- . Einrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach den Ansprüchen 1 und 4 bis 6 mit einem Aufkohlungssofen mit mindestens einer beheizten Kammer, mit Fühlern zum Erfassen der Kammertemperatur, mit einer Kohlungsmittelzufuhrleitung, in der ein steuerbares Regelventil angeordnet ist und mit einer aus der Kammer herausführenden Abzugsleitung mit einer Fackel, dadurch gekennzeichnet, daß dem steuerbaren Regelventil (4) in der Kohlungsmittelzufuhrleitung (3) ein die durchströmende Menge erfassendes Meßglied (21) nachgeschaltet ist, und daß auch in der Abzugsleitung (1b) eine die abströmende C-Menge erfassende Meßeinrichtung (22) angeordnet ist.
- . Einrichtung nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß die von dem Meßglied (21) und der Meßeinrichtung (22) erfaßten Werte und die Werte der Temperaturmessung von der Recheneinheit (7) ausgewertet werden, der auch Werte über die Oberfläche (A) und des Anfangs-C-Gehaltes (CK) des Werkstückes (2), sowie Daten der zu erreichenden Zielgrößen (Z) und des Ausnutzungsfaktors (f) eingegeben sind.

1/3

