



(19)
 Bundesrepublik Deutschland
 Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 103 47 312 B3** 2005.04.14

(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **103 47 312.2**
 (22) Anmeldetag: **08.10.2003**
 (43) Offenlegungstag: –
 (45) Veröffentlichungstag
 der Patenterteilung: **14.04.2005**

(51) Int Cl.7: **C21D 1/74**
C21D 1/26

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden.

(71) Patentinhaber:
Air Liquide Deutschland GmbH, 47805 Krefeld, DE; Messer Austria GmbH, Gumpoldskirchen, AT; Messer France S.A., Asnières sur Seine Cédex, FR

(72) Erfinder:
Schmidt, Hans-Peter, 40822 Mettmann, DE; Grognet, Philippe, Paris, FR; Wagendorfer, Günter, Spielberg, AT

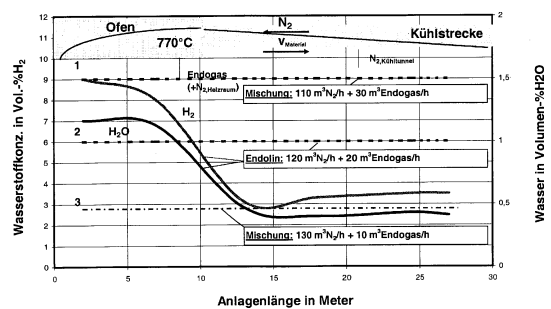
(74) Vertreter:
**Pachurka, H., Dipl.-Ing.(FH)
 Faching.f.Schutzrechtsw., Pat.-Anw., 65830 Kriftel**

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
 gezogene Druckschriften:
WO 99/11 829 A1

(54) Bezeichnung: **Verfahren zur Wärmebehandlung von Eisenwerkstoffen**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Wärmebehandlung von Eisenwerkstoffen, insbesondere zum Glühen von Rohren, Profilen, Drähten, Stäben und Blechen aus Metall oder Stahl, in einer Wärmebehandlungsanlage mit einem Kühltunnel und einem Heizraum unter einer Schutzgasatmosphäre aus Endogas-Gemischen.

Erfindungsgemäß wird dadurch, dass reines Endogas oder teilweise mit Stickstoff verdünntes Endogas und zusätzlich reiner Stickstoff separat voneinander und in unterschiedlichen Anlagenbereichen eingespeist werden, der Wärmebehandlungsprozess zeitlich und kostenmäßig optimiert sowie die Produktqualität erhöht und zudem eine sichere Prozessführung ermöglicht. Durch das sich bevorzugt in Heizraumeinlafrichtung innerhalb der gesamten Ofenanlage auszubildende Strömungsprofil wird die Ablagerung von Feststoffen im Kühltunnel und Heizraumende deutlich gesenkt.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Wärmebehandlung von Eisenwerkstoffen, insbesondere zum Glühen von Rohren, Profilen, Drähten, Stäben und Blechen aus Metall oder Stahl, in einer Wärmebehandlungsanlage mit einem Kühltunnel und einem Heizraum unter einer Schutzgasatmosphäre aus Endogas-Gemischen.

[0002] Beim Glühen von Rohren, Profilen, Drähten, Stäben und Blechen wird oftmals Exogas als Schutzgas eingesetzt. Dieses Exogas wird aus einem Kohlenwasserstoff und Luft hergestellt,

z. B.: $\text{CH}_4 + x(0,79 \text{ N}_2 + 0,21 \text{ O}_2) \rightarrow \text{CO} + \text{CO}_2 + \text{N}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{N}_2$

wobei Wert x von $> 2,41$ und $< 9,64$ ($\lambda = > 0,25$ bis $1,00$) liegt.

[0003] Die Herstellung dieses Schutzgases erfolgt in Exogasgeneratoren.

[0004] Dazu wird der vorgemischte Erdgas/Luft-Gasstrom einer Brennkammer zugeführt und dort zur Reaktion gebracht. Da das CH_4/Luft -Verhältnis größer 2,41 (z. B. 6,5) ist, braucht kein externes Aufheizen des Gasmisches auf Reaktionstemperatur erfolgen.

[0005] Es handelt sich hierbei um eine exotherme Reaktion, die Wärmeenergie im Überschuss erzeugt. Das so erzeugte, sehr feuchte Exogas wird auf Raumtemperatur abgekühlt und einem Trockner zugeführt. Der Taupunkt des getrockneten Gases beträgt dann ca. -30°C (0,10 Vol.-% H_2O).

[0006] Ein typisches Exogas hat eine Zusammensetzung von 7% H_2 , 7% CO , 7% CO_2 , 0,10% H_2O , Rest N_2 .

[0007] Das Gasmisch wird dann einer Wärmebehandlungsanlage zugeführt und es stellt sich in deren Heizraum – bei einer Temperatur von größer 400°C – schlagartig ein feuchtes Ofengas ein. Heizraumreaktion: $\text{CO}_2 + \text{H}_2 \rightarrow \text{CO} + \text{H}_2\text{O}$ (homogene Wassergasreaktion)

[0008] Im Heizraum verringert sich bei einer Temperatur von größer 650°C die Kohlenstoffaktivität auf kleiner 1, wodurch die Eisen-Kohlenstoff-Legierungen während der Wärmebehandlung entkohlt werden.

[0009] Aufgrund der steigenden Qualitätsansprüche an die Fertigprodukte ist aber eine Entkohlung unerwünscht. Es besteht sogar im zunehmenden Maße der Wunsch nach einer Rückkohlung von entkohlten Eisen-Kohlenstoff-Legierungen während der Wärme-

behandlung (Glühen).

[0010] Diese Qualitätsanforderungen sind mit dem Einsatz von Exogas als Schutzgas in Wärmebehandlungsöfen nicht zu realisieren, weshalb auch Endogas als Schutzgas bei der Wärmebehandlung von Eisenwerkstoffen zum Einsatz kommt.

[0011] Die Herstellung von Endogas erfolgt in Endogasgeneratoren. Dazu wird das vorgemischte Erdgas/Luftgemisch einer beheizten Retorte mit Katalysatorfüllung zugeführt und dort zur Reaktion gebracht.

[0012] Da das CH_4/Luft -Verhältnis wenig größer 2,41 ($\lambda = 0,26 - 0,28$) ist, muss die Katalysatorretorte aufgeheizt und das durch die Retorte strömende Gasmisch auf Reaktionstemperatur gebracht werden, um auf der Katalysatoroberfläche zu reagieren.

[0013] Es handelt sich hierbei um eine endotherme Reaktion, d.h., ein Teil der Aufheiz- und die gesamte Reaktionsenthalpie muss dem System zugeführt werden.

[0014] Das Endogas wird aus einem Kohlenwasserstoff und Luft, z.B. nach folgender Reaktionsgleichung hergestellt:

$\text{CH}_4 + 2,41(0,79 \text{ N}_2 + 0,21 \text{ O}_2) \rightarrow \text{CO} + 2\text{H}_2 + 0,79 \text{ N}_2 + \text{Spuren H}_2\text{O und CO}_2$

[0015] Das erzeugte Endogas wird auf Raumtemperatur abgekühlt und ist dann einsatzbereit.

[0016] Der Taupunkt des bei der Wärmebehandlung von Eisenwerkstoffen als Schutzgas eingesetzten Endogases liegt im Bereich von -10°C und $+5^\circ\text{C}$ mit 0,30 bis 0,86 Vol.-% H_2O .

[0017] Ein bei der herkömmlichen Wärmebehandlung von Metallen als Schutzgas häufig eingesetztes Endogas hat eine Zusammensetzung von: 40% H_2 , 20% CO , 0,30% CO_2 , 0,86% H_2O , Rest N_2 .

[0018] Dieses „reine“ Endogas wird mit Stickstoff verdünnt (versetzt) und anschließend der Wärmebehandlungsanlage, z.B. einem Rollenherddurchlauf-Ofen, zugeführt.

[0019] Bei diesen Schutzgasmischungen mit 1 bis 5% CO sinkt – aufgrund der starken Verdünnung mit Stickstoff – der Taupunkt auf Werte von -20 bis -30°C , so dass der Einsatz eines zusätzlichen Trockners, wie bei der Exogaserzeugung, nicht notwendig ist.

Stand der Technik

[0020] In der WO 99/11829 A1 wird ein Verfahren

sowie eine Vorrichtung zum Wärmebehandeln von Teilen beschrieben, die einer Schutzgasatmosphäre ausgesetzt werden. Aus dieser Druckschrift ist bekannt, dass bei der Wärmebehandlung von Teilen nach dem Erhitzen gasförmiger Stickstoff und Reduktionsgas in den Behandlungsraum eingeleitet werden, wobei zur optimalen Dosierung des Schutzgases die Sauerstoffaktivität im Behandlungsraum erfasst und die Zufuhr des Schutzgases veränderbar ist und bis zur Erreichung eines Soll-Wertes der Sauerstoffaktivität geregelt wird.

Aufgabenstellung

[0021] Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zur Wärmebehandlung von Eisenwerkstoffen zur Verfügung zu stellen, mit welchem durch eine gezielte Schutzgasdosierung der Wärmebehandlungsprozess verbessert und sicherer gestaltet werden kann.

[0022] Die Aufgabe wird erfindungsgemäß durch ein Verfahren zur Wärmebehandlung von Eisenwerkstoffen mit den Merkmalen von Anspruch 1 gelöst.

[0023] Unter „Wärmebehandlung“ wird hier insbesondere Glühen von Rohren, Profilen Drähten, Stäben und Blechen aus Metall oder Stahl verstanden. Das erfindungsgemäß eingesetzte Endogas besteht vorzugsweise aus Kohlenmonoxid (CO), Wasserstoff (H₂) und Stickstoff (N₂).

[0024] Die die Erfindung ausgestaltenden Merkmale sind den Unteransprüchen zu entnehmen.

[0025] Erfindungsgemäß wird als Schutzgas reines Endogas oder teilweise mit Stickstoff verdünntes Endogas und zusätzlich reiner Stickstoff separat voneinander in unterschiedlichen Bereichen der Wärmebehandlungsanlage eingespeist.

[0026] Vorteilhaft wird das Endogas in das Heizraumende, d.h. in den dem Heizraumeinlauf gegenüberliegenden endseitigen Bereich des Heizraums, quer zur Transportrichtung des Wärmebehandlungsguts und zusätzlich Stickstoff in unterschiedlichen Bereichen des Kühltunnels der Wärmebehandlungsanlage mittels herkömmlicher Düsenvorrichtungen eingespeist.

[0027] Der erfindungsgemäße Schutzgaseintrag in die Wärmebehandlungsanlage bewirkt die Ausbildung eines zum Heizraumeinlauf ausgerichteten Strömungsprofils, wodurch eine hohe Schutzgaskonzentration im Heizraum und eine wesentlich niedrige Schutzgaskonzentration im Kühltunnel der Wärmebehandlungsanlage vorliegt.

[0028] Das in einem externen Endogenerator erzeugte und in die Wärmebehandlungsanlage ein-

gespeiste Endogas weist einen etwas höheren Taupunkt (+5 bis +10°C) als das bei der herkömmlichen Verfahrensweise eingesetzte Endogas (Taupunkt maximal +5°C) auf.

[0029] Die höhere Taupunkttemperatur bewirkt eine Erhöhung der Standzeit des Katalysators und der Reorte der Wärmebehandlungsanlage, da die Gefahr der Russabscheidung im Katalysatorbett geringer ist und somit Überhitzungen des Katalysators beim notwendigen Russabbrennen zum Regenerieren des Katalysators verhindert werden.

[0030] Die für den jeweiligen Wärmebehandlungsprozess erforderliche Dosiermenge an Endogas wird mittels eines Dosierventils in Abhängigkeit von den jeweiligen Prozessbedingungen automatisch eingestellt, wodurch die Überschussmenge an Endogas minimiert werden kann und zudem möglichst wenig Endogas abgefackelt werden muss.

[0031] Die Dosierzeit von dem Endogas und dem Stickstoff wird auf übliche Weise erfasst und findet zur Berechnung der aktuellen Sauerstoff- und Kohlenstoffaktivitäten während des Wärmebehandlungsprozesses Verwendung.

[0032] Um die Konvektion des Endogases im Heizraum der Wärmebehandlungsanlage zu verbessern, wird das Endogas – in einem außerhalb der Wärmebehandlungsanlage angeordneten Endomat – mit einer Teilmenge an Stickstoff gemischt.

[0033] Zur möglichst schnellen homogenen Gasgemischbildung wird das Endogas mit einem Überdruck von 40 bis 60 hPa durch ein, in die Stickstoff-Rohrleitung angeordnetes, vorteilhaft L-förmig ausgebildetes Rohr, in den mittels eines Feindruckreglers auf einen Überdruck von 20 bis 30 hPa geregelten Stickstoff eingetragen.

[0034] Bei einem erhöhten Staudruck in der Stickstoff-Endogas-Leitung wird die Dosiermenge an Erdgas und Luft so verändert, dass die erforderliche Dosiermenge an Endogas verringert und/oder das Erdgas/Luft Verhältnis verändert wird, wodurch die Zusammensetzung des Endogases negativ verändert wird.

[0035] Durch die Änderung des Mischungsverhältnisses kann sich Russ im Katalysator abscheiden, wodurch die Wirksamkeit des Katalysators gemindert wird. Bei zuviel Luftzufuhr steigt der Taupunkt ungewollt an, so dass eine Überhitzung am Katalysatoranfang auftreten kann.

[0036] Der Eintrag des zusätzlichen Stickstoffs in den Kühltunnel der Wärmebehandlungsanlage erfolgt mittels üblicher Düsen, vorteilhaft aber mittels eines herkömmlichen Düsenstocks.

[0037] Vorteilhaft wird der Stickstoff in unterschiedlichen Bereichen des Kühltunnels der Wärmebehandlungsanlage eingetragen, besonders vorteilhaft aber in den vor dem Heizraumeinlauf angeordneten Kühltunnelbereich und in den vor dem Kühltunnelauslauf angeordneten Kühltunnelbereich eingedüst.

[0038] Durch den erfindungsgemäßen Schutzgaseintrag wird ein optimales Konzentrationsprofil des Schutzgases im Heiz- und Kühlraum der Wärmebehandlungsanlage eingestellt und gleichzeitig das unerwünschte Einströmen von Luftsauerstoff in den Kühltunnel der Wärmebehandlungsanlage verhindert.

[0039] Zweckmäßigerweise ist die Wärmebehandlungsanlage mit einer am Kühltunnelauslauf angeordneten Lambda-Sonde ausgerüstet, mittels der das Einströmen von Umgebungsluft, ebenso wie die Stickstoffeinspeisung, erfasst werden kann.

[0040] Um eine zum Heizraumeinlauf gerichtete Schutzgasströmung zu erhalten, werden die abdampfenden flüchtigen Bestandteile, der sich bei der Wärmebehandlung zersetzenden Hilfsschichten (Phosphate, Borate, Oxalate u.a.) und Ziehmittelrückstände des Wärmebehandlungsguts zum Heizraumeinlauf transportiert und dort abgefackelt.

[0041] Durch die nachfolgende Kondensation der abgedampften Bestandteile des Behandlungsguts an den kalten Wänden der wassergekühlten Kühlregister wird die Kühlleistung wesentlich verringert, so dass die Kühleinrichtungen in größeren Zeitabständen gereinigt werden müssen. Dies wird durch die neue Gastechnik verhindert bzw. stark verringert.

[0042] Durch die Erfindung wird der zeitliche, personelle und finanzielle Aufwand bei der Wärmebehandlung von Eisenwerkstoffen wesentlich verringert und eine sichere Prozessführung möglich.

[0043] Durch den Eintrag von tiefkaltem flüssigem Stickstoff in den Kühltunnel der Wärmebehandlungsanlage kann die Kühlleistung des Kühltunnels weiter erhöht werden.

[0044] Der eine Temperatur von -196°C aufweisende flüssige Stickstoff wird vorteilhaft in das letzte Drittel des Kühltunnels, d.h. in den dem Kühltunnelauslauf nächstliegenden Kühltunnelbereich zur Senkung der Austrittstemperatur des aus dem Heizraum transportierten Wärmebehandlungsguts oder in das erste Drittel des Kühltunnels, d.h. in den Kühltunneleinlauf nächstliegenden Kühltunnelbereich zur Erhöhung der Abkühlgeschwindigkeit des Wärmebehandlungsguts zu Härtezwecke eingetragen.

[0045] Durch die zusätzliche Dosierung von tiefkaltem flüssigem Stickstoff in die Wärmebehandlungsan-

lage wird die Konvektion des Schutzgases wesentlich verbessert und zudem durch die Aufheizenthalpie des Stickstoffs, eine schnellere Abkühlung der wärmebehandelten Werkstücke ermöglicht.

[0046] Durch eine entsprechend dem jeweiligen Einsatzzweck ausgebildete und an der Wärmebehandlungsanlage zweckentsprechend angeordnete Gasentnahmeeinrichtung kann – an jedem an der Wärmebehandlungsanlage angeordneten Thermoelement – Prozessgas zur Bestimmung des optimalen Konzentrationsprofils von Schutzgas über die gesamte Anlagenlänge entnommen werden.

[0047] Die Gasentnahmeeinrichtung kann zudem mit einem Gasanalysengerät, einer Lambda-Sonde oder anderen Meßsystemen ausgerüstet sein, wodurch keine zusätzliche Gasentnahmestellen an der Wärmebehandlungsanlage erforderlich sind.

[0048] Durch ein mit der Gasentnahmeeinrichtung gekoppeltes Meßsystem werden (taktweise) alle Messstellen angesteuert und die aktuelle Gaszusammensetzung gemessen.

[0049] Die elektronisch ermittelten Messwerte finden zur automatischen Schutzgasregelung bei einer von einem vorgegebenen Sollwert abweichenden Gaszusammensetzung Verwendung.

[0050] Durch die erfindungsgemäße Schutzgasdosierung wird die Schutzgaskonzentration im Heizraum der Wärmebehandlungsanlage um etwa 50 bis 60 Prozent erhöht, so dass die Eintragsmenge an Endogas um etwa 30 bis 40 Prozent verringert werden kann.

[0051] Zudem wird gewährleistet, dass die Summe der Konzentration an Kohlenmonoxid (CO) und Wasserstoff (H_2) im Kühltunnelende kleiner als 5 Volumen-Prozent ist und damit unter der Explosionsgrenze des Schutzgases liegt. Dieses ist besonders wichtig, da die Schutzgastemperatur im Auslaufbereich der Wärmebehandlungsanlage annähernd Raumtemperatur aufweist und damit die Sicherheitstemperatur von 750°C weit unterschritten wird.

[0052] Durch den erfindungsgemäßen Schutzgaseintrag bildet sich eine – dem Wärmebehandlungsgut entgegenströmende Reaktionsfront aus, d.h., dass das teilweise reagierte Endogas über den Heizraumeinlauf entströmt und somit nur mit Stickstoff versetztes Endogas in den Kühltunnel einströmt, wodurch die unerwünschte Oxidation von Eisen im Kühltunnel der Wärmebehandlungsanlage wesentlich verringert wird, da das $\text{H}_2\text{O}/\text{H}_2$ -Verhältnis im Kühltunnel viel niedriger als im Heizraum der Wärmebehandlungsanlage ist.

[0053] Dadurch, dass das Schutzgas im Kühltunnel

einen deutlich niedrigeren Taupunkt (z.B. -7 Grad Celsius) als im Heizraum (z.B. +10 Grad Celsius) aufweist, wird eine Wasserkondensation im Kühltunnel der Wärmebehandlungsanlage verhindert.

[0054] Aufgrund der hohen Endogaskonzentration im Heizraum der Wärmebehandlungsanlage ist die Kinetik der Auf- oder Rückkohlung während der Wärmebehandlung größer, so dass die Verweilzeit des Wärmebehandlungsguts in Heizraum wesentlich verringert wird.

[0055] Zudem ist durch die hohe Konzentration an Endogas im Heizraum der Wärmebehandlungsanlage die Kinetik der Reduktion von Eisenoxid auf warmverformten Eisenlegierungen, wie z.B. Drähten, Rohren, Profilen, besonders groß, so dass deren Oxidschichten vollständig reduziert werden. Die oxidfreien Werkstücke können anschließend mit verringertem Aufwand bearbeitet, wie z.B. gebeizt, werden und weisen eine den steigenden Anforderungen gerecht werdende Oberflächenqualität auf.

[0056] Das erfindungsgemäß zur Wärmebehandlung eingesetzte Endogas besitzt auch eine wesentlich höhere „Reduktionskraft“ als herkömmlich eingesetztes Exogas, d. h. es kann mehr Wasser und Kohlendioxid bilden und aufnehmen, ohne dass die Reduktion gestoppt wird.

[0057] Die höhere Konzentration an Wasserstoff (H₂) und Kohlenmonoxid (CO) im Heizraum der Wärmebehandlungsanlage bewirkt eine höhere Aufheizgeschwindigkeit des Wärmebehandlungsguts als bei Einsatz eines herkömmlichen Schutzgases aus Exogas oder Monogas (N₂ kleiner 5% H₂).

[0058] Die erfindungsgemäße Endogas- und Stickstoffeinspeisung bewirkt den wesentlichen Vorteil, dass sich ein Konzentrationsprofil der reaktiven Komponenten vorteilhaft einstellt, wodurch die Explosionsgefahr verringert und die Reaktionskinetik und Aufheizgeschwindigkeit optimiert werden.

Ausführungsbeispiel

[0059] Nachfolgend wird die Erfindung anhand eines Ausführungsbeispiels näher erläutert.

[0060] Es zeigen:

[0061] Fig. 1 Grafische Darstellung der Regelbarkeit der Kohlenstoffaktivität von Exogas und Endolin-Gas bei der Wärmebehandlung von Eisen-Kohlenstoff-Legierungen;

[0062] Fig. 2 Grafische Darstellung der Stickstoffkonzentration in Abhängigkeit von dem Endogas-Endolin-Schutzgaseinsatz in einer Wärmebehandlungsanlage mit Kühltunnel.

[0063] In Fig. 1 ist die Regelbarkeit der Kohlenstoffaktivität von Exogas und Endogas (Endolin) bei der Wärmebehandlung von typischen Eisen-Kohlenstofflegierungen mit einem Kohlenstoffgehalt von 0,15 bis 0,70% dargestellt. Bei einer derartigen, in einem Temperaturbereich von 400 bis 900°C stattfindenden Wärmebehandlung sind die Kohlenstoffaktivitäten a_c von einem herkömmlichen Schutzgas (Exogas) und von mehreren Schutzgasen (Endogas in Form von Endolin) mit 1 bis 5% CO gegenübergestellt. Aus Fig. 1 ist ersichtlich, dass bei Einsatz eines Endogases mit 1% CO bei einer Temperatur von größer 650°C und bei Einsatz eines Endogases mit 5% CO die Kohlenstoffaktivität a_c auf kleiner 1 verringert wird, bei der die Eisen-Kohlenstoff-Legierungen während der Wärmebehandlung entkohlt werden. Aus Fig. 1 ist weiterhin zu entnehmen, dass die im Temperaturbereich 650 bis 740°C bewirkte Kohlenstoffaktivität a_c von gleich/kleiner 1 über das Mischungsverhältnis Endogas/Stickstoff, wie z.B. 1:19 bis 1:3, geregelt werden kann. Somit ist durch Einsatz von Schutzgasgemischen aus Endogas und Stickstoff eine Rückkohlung von entkohlten Eisen-Kohlenstoff-Legierungen während der Wärmebehandlung einfach zu realisieren. Bei Temperaturen von größer 740°C muss dem mit Stickstoff versetzten Endogas ein die Kohlenstoffaktivität a_c auf den Wert von 1 steigerndes Gas, bevorzugt Propan, wegen seiner bedeutend besseren Reaktivität mit Wasser und Kohlendioxid zugesetzt werden. Weiterhin kann die Kohlenstoffaktivität im Heizraumgas durch Senkung des Taupunktes im erzeugten Endogas am Endogenerator erhöht werden, da mit fallender Wasserkonzentration im Endogas die Kohlenstoffaktivität im Mischgas ansteigt. Fig. 2 zeigt einen Ofen (Heizraum) mit Kühltunnel, worin einmal Endogas mit einer Menge an Stickstoff vorgemischt in das letzte Drittel des Heizraumes und die Hauptmenge an reinem Stickstoff in der Mitte/letztes Drittel des Kühltunnels eingespeist werden (Variante 2). In den Varianten 1 und 3 sind verschiedene Endogasmengen (10 und 30 m³/h) mit Stickstoff extern der Ofenanlage gemischt und in die Einspeisestelle im Heizraumende komplett eingespeist, d. h., dass an jeder Stelle im Heizraum und Kühltunnel die gleiche Konzentrationen an Wasserstoff und Kohlenmonoxid herrschen müssen. Bei allen 3 Varianten ist die Gesamtgasmenge immer auf 140 m³/h konstant gehalten. Mit Variante 2 ergibt sich bei externer vollständiger Mischung von Endogas und Stickstoff eine Wasserstoffkonzentration von 5,8 Vol.-% H₂, d. h., die Explosionsgrenze von 5 Vol.-% H₂, CO ist deutlich überschritten. Teilt man diese Gesamtmenge von Variante 2 auf, in Endogas/N₂-Gemisch und N₂ und speist die beide Teilströme an geeigneter Stelle ein, so ergeben sich Konzentrationen an Wasserstoff im Heizraum von 9 Vol.-% H₂ und im Kühltunnel von 2,8 Vol.-% H₂, also nahe der geforderten Explosionsgrenze. Die Wasserstoffkonzentration liegt somit im Heizraum um 40% höher und im Kühltunnel um 40% niedriger als die komplette Mischung von Endogas

und Stickstoff. Es hat sich eine gerichtete Gasströmung von Stickstoff aus dem Kühltunnel in den Heizraum ausgebildet. Aufgrund der gemessenen Konzentrationen an Wasserstoff ist ersichtlich, dass die Stickstoffströme zu ungefähr zwei gleichen Teilen gerichtet sind, sodass die Verdünnung im Kühltunnel und Aufkonzentration im Heizraum und Gasabfuhr zum Heizraumeinlauf optimal sind. Variante 3 verdeutlicht, dass es nur mit einer kleinen Menge an Endogas (10 m³/h) möglich ist, um die Sicherheitsbedingung von kleiner 5 Vol.-% H₂, CO zu realisieren.

[0064] Nach Variante 2 sind somit die Aspekte der Sicherheit und eine möglichst hohe H₂, CO-Konzentration im Heizraum realisiert.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Wärmebehandlung von Eisenwerkstoffen in einer Wärmebehandlungsanlage mit einem Kühltunnel und einem Heizraum unter einer Schutzgasatmosphäre von Endogas-Gemischen, **dadurch gekennzeichnet**, daß reines Endogas oder teilweise mit Stickstoff verdünntes Endogas und zusätzlich reiner Stickstoff separat voneinander und in unterschiedlichen Anlagenbereichen eingespeist werden.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Endogas direkt in den Heizraum der Wärmebehandlungsanlage eingetragen wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß das Endogas in das Heizraume und quer zur Transportrichtung des Wärmebehandlungsguts eingedüst wird.
4. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der zusätzlich zum Endogas eingesetzte Stickstoff in unterschiedliche Bereiche des Kühltunnels der Wärmebehandlungsanlage eingedüst wird.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß das erzeugte unverdünnte Endogas einen Taupunkt von +5 bis +15°C aufweist.
6. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß das Endogas durch mindestens ein automatisches Dosierventil in den Heizraum der Wärmebehandlungsanlage eingespeist wird.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die in die Wärmebehandlungsanlage eingespeisten Dosiermengen an Endogas und Stickstoff erfasst und zur Ermittlung der aktuellen Sauerstoff- und Kohlenstoff-aktivitäten während der Wärmebehandlung Verwendung finden.
8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß zur besseren Konvektion des Endogases im Heizraum dem Endogas Stickstoff außerhalb der Wärmebehandlungsanlage zudosiert wird.
9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die geforderte Kohlenstoffaktivität der Gasphase im Heizraum der Wärmebehandlungsanlage über den Taupunkt des im Generator erzeugten reines Endogases eingestellt wird.
10. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß ein Fettungsgas in das dem Heizraum der Wärmebehandlungsanlage zugeführte Endogasegemisch dosiert wird und sich außerhalb der Gaseinspeisestelle eine homogen Gasphase ausbildet.
11. Verfahren nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass als Fettungsgas Propan oder Erdgas eingesetzt wird.
12. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß bei zu hoher Kohlenstoffaktivität Luft in das dem Heizraum der Wärmebehandlungsanlage zugeführte Endogasegemisch dosiert wird und sich außerhalb der Gaseinspeisestelle eine homogen Gasphase ausbildet.
13. Verfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß das Endogas mit einem Überdruck von 40 bis 60 hPa in den einen Überdruck von 20 bis 30 hPa aufweisenden Stickstoff eingetragen wird.
14. Verfahren nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, dass zum Eintragen des Endogases ein Injektor zum Einsatz kommt, der mit Hilfe des Stickstoffstromes das Endogas ansaugt und mischt und dadurch ein homogenes verdünntes Endogas erzeugt.
15. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Dosiermengen an Erdgas und Luft und somit die Dosiermenge an Endogas in Abhängigkeit von dem in der an die Wärmebehandlungsanlage angeordneten Endogas-Stickstoff-Leitung herrschenden Staudruck geregelt werden.
16. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Stickstoff in den Kühltunnel mit einem ersten Teilstrom in Richtung des Heizraumeinlaufs und mit einem zweiten Teilstrom in Richtung des Kühltunnelauslaufs der Wärmebehandlungsanlage eingedüst wird.
17. Verfahren nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß die Dosiermenge an Stickstoff mit-

tels einer im Auslaufbereich der Wärmebehandlungsanlage angeordneten Lambda-Sonde geregelt wird.

18. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die aus dem Heizraum der Wärmebehandlungsanlage abdampfenden flüchtigen Bestandteile des Wärmebehandlungsguts zum Einlauf der Wärmebehandlungsanlage transportiert und dort abgepackelt und abgeführt werden.

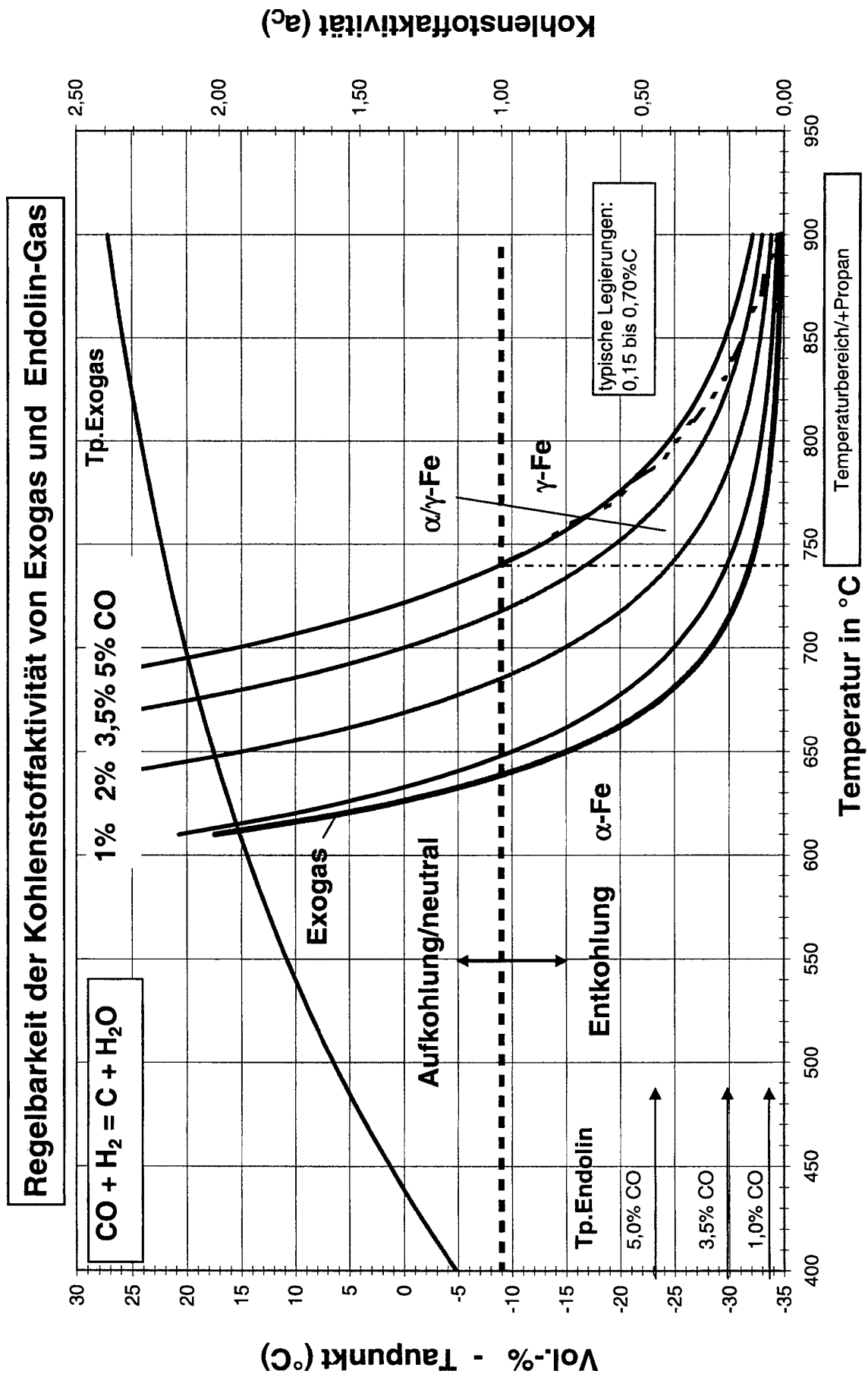
19. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß flüssiger Stickstoff in das erste Drittel des dem Kühl隧elauslauf nächstliegenden Kühl隧elbereichs oder in das letzte Drittel des dem Heizraumauslauf nächstliegenden Kühl隧elbereichs der Wärmebehandlungsanlage eingespeist wird.

20. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das Schutzgas zum Bestimmen seines Konzentrationsprofils während des Wärmebehandlungsprozesses über die gesamte Länge der Wärmebehandlungsanlage mittels mindestens einer an der Wärmebehandlungsanlage angeordneten Gasentnahmeeinrichtung aus der Wärmebehandlungsanlage entnommen und nach anschließender elektronischer Verarbeitung zur automatischen Regelung der Endogas- und Stickstoffzuführung in die Wärmebehandlungsanlage Verwendung findet.

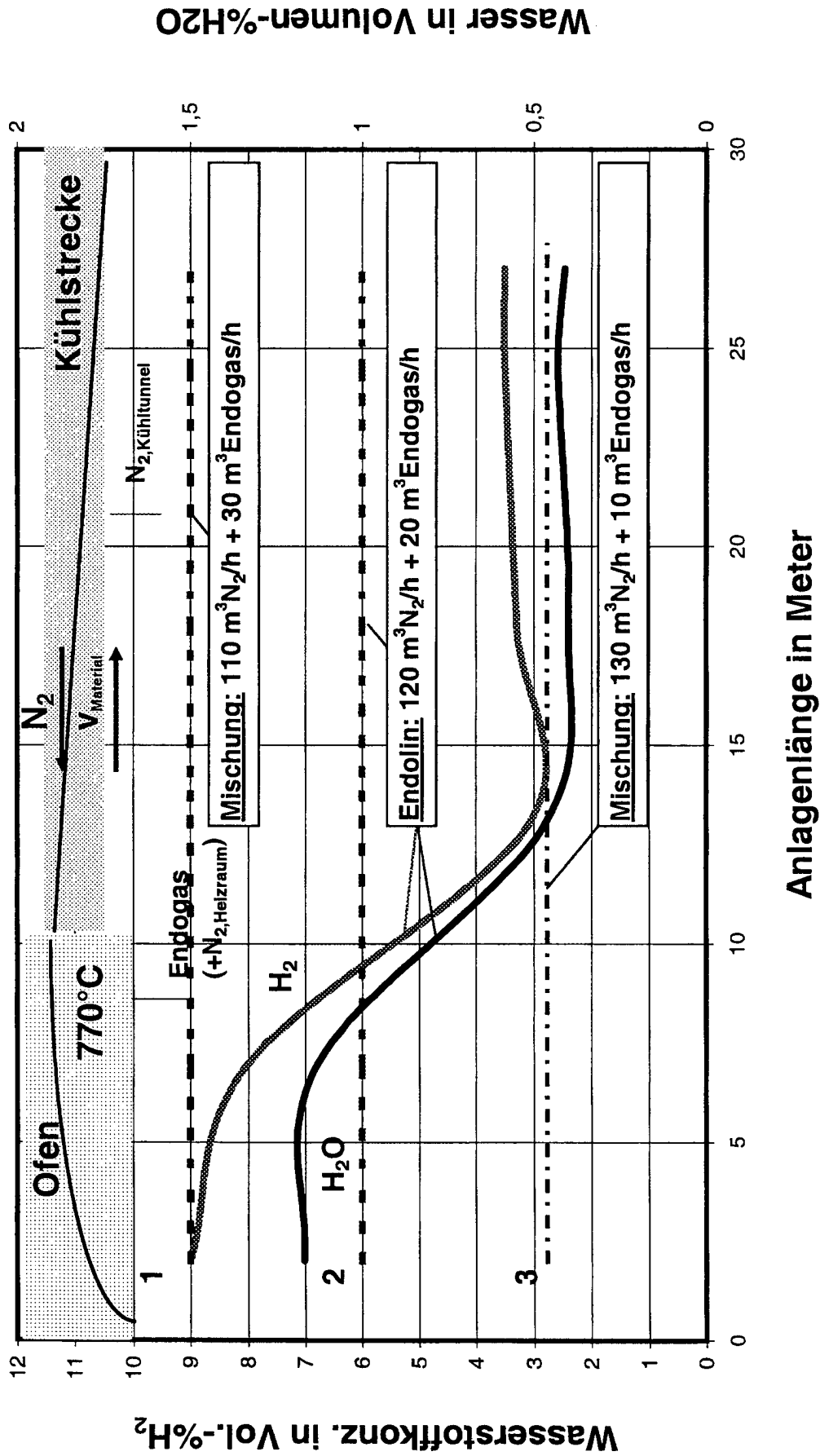
21. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Summe der Konzentrationen an Kohlenmonoxid (CO) und Wasserstoff (H₂) am Ende des Kühl隧els der Wärmebehandlungsanlage kleiner 5 Vol.-% ist.

22. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Taupunkt des mit Stickstoff verdünnten Schutzgases im Kühl隧el niedriger als im Heizraum der Wärmebehandlungsanlage ist.

Es folgen 2 Blatt Zeichnungen



Figur 1



Figur 2