

(12)

Patentschrift

(21) Anmeldenummer: A 911/2010
(22) Anmeldetag: 02.06.2010
(45) Veröffentlicht am: 15.12.2011

(51) Int. Cl. : **C21C 5/35** (2006.01)
C21C 5/46 (2006.01)
G01D 5/26 (2006.01)

(56) Entgegenhaltungen:
WO 2000/050863A1
JP 2005-315778A

(73) Patentinhaber:
SIEMENS VAI METALS TECHNOLOGIES
GMBH
A-4031 LINZ (AT)

(72) Erfinder:
HARTL FRANZ ING.
KALLHAM (AT)
KURZMANN THOMAS ING.
LINZ (AT)

(54) VERFAHREN ZUM BESTIMMEN DES ZEITPUNKTES DER ZÜNDUNG BEIM AUFBLASVERFAHREN

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Bestimmen des Zeitpunktes der Zündung beim Aufblasverfahren, insbesondere beim LD-Verfahren, in einem Stahlkonverter (1), wobei die bei der Zündung entstehende Strahlung, die zwischen Konvertermund und Abzughaube (5) austritt, detektiert wird.

Um eine verlässliche Bestimmung des Zeitpunktes der Zündung zu ermöglichen, wird vorgesehen, dass frühestens beginnend mit dem Sauerstoffblasen bzw. Erreichen eines gewissen O₂-Durchflusses mehrere zeitlich aufeinander folgende Bilder desselben Bereichs zwischen Konvertermund und Abzughaube (5) mittels eines Sensors (14), der mehrere, jeweils einem Bildpunkt entsprechende Fotodioden enthält, vorzugsweise mittels eines CCD-Bildsensors, aufgenommen werden, aufgrund der von den Fotodioden gemessenen Strahlungsintensität ein Verlauf der Strahlungsintensität über die Zeit bestimmt wird und jener Zeitpunkt, bei dem eine vorbestimmte Strahlungsintensität oder ein vorbestimmter Anstieg der Strahlungsintensität erreicht wird, als Zeitpunkt der Zündung festgelegt wird.

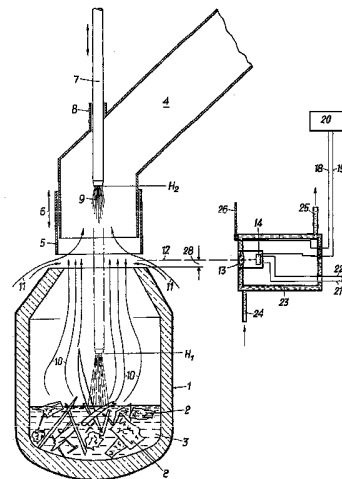


Fig. 1

Beschreibung

GEBIET DER ERFINDUNG

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Bestimmen des Zeitpunktes der Zündung beim Aufblasverfahren, insbesondere beim LD-Verfahren, in einem Stahlkonverter, wobei die bei der Zündung entstehende Strahlung, die zwischen Konvertermund und Abzughaube austritt, detektiert wird, sowie eine entsprechende Vorrichtung.

[0002] Ziel der Stahlerzeugung ist es, Stahl, also Eisenlegierungen mit geringem Kohlenstoffgehalt und gewünschten Eigenschaften wie Härte, Rostbeständigkeit oder Verformbarkeit, herzustellen.

[0003] Bei den Blasverfahren wird das Roheisen mit Sauerstoff gefrischt. Der Oxidationsprozess, der den Kohlenstoffanteil senkt (das Frischen), liefert in diesen Verfahren genug Wärme, um den Stahl flüssig zu halten, eine externe Wärmezufuhr ist in den Convertern deshalb nicht notwendig. Die Blasverfahren kann man zusätzlich in Aufblasverfahren und Bodenblasverfahren unterteilen. Zu den Bodenblasverfahren gehören das Bessemerverfahren, das Thomasverfahren, die Rennfeuer und frühe Hochöfen. Das bekannteste Aufblasverfahren ist das LD-Verfahren.

[0004] Beim Linz-Donawitz-Verfahren (kurz LD-Verfahren) werden in den LD-Konverter metallischer Schrott und flüssiges Roheisen eingefüllt und Schlackenbildner hinzugegeben. Über eine Lanze wird Sauerstoff auf die Schmelze geblasen. Dabei verbrennen im Stahl unerwünschte Begleitelemente wie Schwefel, Phosphor, Kohlenstoff usw. und gehen in das Rauchgas oder die Schlacke über. Durch die mit der Verbrennung verbundene enorme Wärmeentwicklung wird der beigegebene Schrott aufgeschmolzen bzw. kann durch Zugabe von Schrott und Erz der Roheiseneinsatz verringert und die Schmelze gekühlt werden. Die Blasdauer beträgt zwischen 10 und 20 Minuten und wird so gewählt, dass die gewünschte Entkohlung und die Verbrennung der unerwünschten Beimengungen sowie die erwünschte Endtemperatur erreicht werden. Der fertige Stahl wird durch Kippen des Convertergefäßes in Pfannen abgestochen. Erst wird das Stahlbad mit einer Temperatur von mehr als 1.600 °C durch das Abstichloch in eine Pfanne abgestochen, danach wird die Schlacke über den Converterrand abgegossen.

[0005] Die Verbrennung im Stahlkonverter setzt aber nicht sofort mit dem Beginn des Einblasens des Sauerstoffs ein, sondern verzögert sich in der Regel um einige Sekunden bis zu 90 Sekunden, um dann spontan zu einem nicht vorbestimmbaren Zeitpunkt einzusetzen. Die Kenntnis des genauen Zeitpunkts der Zündung ist sehr wichtig, weil nur ab diesem Zeitpunkt der Sauerstoff in Reaktion mit der Schmelze tritt und die tatsächliche Dauer dieser Reaktion für die Prozessführung und die Stahlqualität, insbesondere dessen Kohlenstoffgehalt, ausschlaggebend ist. Zusammen mit anderen Parametern ermöglicht der Zeitpunkt der Zündung die Steuerung des Blasvorgangs vom Anfang bis zum Ende. Durch eine genaue Kenntnis des Zeitpunkts der Zündung kann die Qualität des Stahls verbessert werden, und ein erneutes Einblasen von Sauerstoff (Nachblasen) oder ein erneutes Aufkohlen (verbunden mit neuerlichem Schwefeleinsatz) fällt weg. Die Wiederholbarkeit des Blasvorgangs wird verbessert, was sich auch positiv auf die weiteren Schritte der Prozesskette, etwa die Sekundärmetallurgie, auswirkt.

STAND DER TECHNIK

[0006] Bisher wurde der Zeitpunkt der Zündung durch den Operator mittels Beobachtung des Converters bestimmt und somit der Zeitpunkt der Zündung manuell in die Prozesssteuerung eingegeben. Starke Rauch- und Staubentwicklung beeinträchtigen die eindeutige Zünderkennung durch den Operator jedoch, ebenso wie Unerfahrenheit oder eventuelle Unaufmerksamkeit des Operators.

[0007] Die Zündung wird auch indirekt über die Messung des Temperaturanstieges im Abgas bzw. den Abgasleitungen des Stahlconverters automatisch detektiert. Diese Methode ist aber

mit einer Zeitverzögerung zwischen dem tatsächlichen Zeitpunkt der Zündung und der Erfassung des Zeitpunkts der Zündung von mehreren Sekunden, oft bis zu 30 Sekunden, verbunden. Eine derart zeitverzögerte Bestimmung des Zeitpunkts der Zündung ist jedoch für die Prozessführung nachteilig. Zudem kann der Zeitpunkt der Zündung im Nachhinein nicht exakt, sondern nur annähernd bestimmt werden.

[0008] Auch die Wärmedehnung im Kopf der Lanze kann zur Bestimmung des Zeitpunkts der Zündung herangezogen werden (mittels Dehnmessstreifen). Dies bedingt jedoch einen hohen technischen Aufwand und ermöglicht nur eine verzögerte Bestimmung des Zeitpunkts der Zündung.

[0009] Aus der Patentschrift AT 299 283 B ist bekannt, zur genauen Feststellung des Zündungszeitpunktes die Flammenhelligkeit durch eine Fozelle, also einer Elektronenröhre im weiteren Sinn, zu messen.

[0010] Die Fozelle wird gemäß AT 299 283 B mit ihrer optischen Achse horizontal etwa 10 cm über der Oberkante der Konvertermündung angeordnet, sodass sie bei offener Kaminhaube jene Strahlung detektiert, die zwischen Oberkante der Konvertermündung (Konvertermund) und Unterkante der Kaminhaube (Abzughaube) austritt. Die Fozelle wird nun so eingestellt, dass ihr Steuerstrom bei einer Temperatur der anvisierten Reaktionsgase von über etwa 1100°C, vorzugsweise etwa 1200°C, auftritt und damit den Zeitpunkt der Zündung darstellt. Der Steuerstrom der Fozelle löst die Messung für die vorausbestimmte „metallurgische“ Sauerstoffmenge aus.

[0011] Nachteilig am Verfahren der AT 299 283 B ist, dass diese nur einen einzigen Datenwert liefert, der für die sichere Zünderkennung des Aufblasverfahrens oft nicht ausreichend ist. Die Fozelle könnte auch durch eine einmalige Störung, etwa einem einzigen Funken nahe an der Fozelle, ausgelöst werden, obwohl die eigentliche Zündung des Sauerstoffs noch nicht stattgefunden hat.

DARSTELLUNG DER ERFINDUNG

[0012] Es ist daher eine Aufgabe der Erfindung, ein Verfahren anzugeben, das eine verlässliche Bestimmung des Zeitpunkts der Zündung erlaubt, bei welchem nicht nur ein Messwert der Strahlung, die zwischen Konvertermund und Abzughaube austritt, herangezogen wird.

[0013] Die Aufgabe wird dadurch gelöst, dass frühestens (weil sonst gegebenenfalls andere, nicht von der Zündung stammende Flammen noch hell lodern) beginnend mit dem Sauerstoffblasen (etwa beim Erreichen eines gewissen Sauerstoff-Durchflusses) mehrere zeitlich aufeinander folgende Bilder desselben Bereichs zwischen Konvertermund und Abzughaube mittels eines Sensors, der mehrere, jeweils einem Bildpunkt entsprechende Fotodioden enthält, vorzugsweise mittels eines CCD-Bildsensors, aufgenommen werden, aufgrund der von den Fotodioden gemessenen Strahlungsintensität ein Verlauf der Strahlungsintensität über die Zeit bestimmt wird und jener Zeitpunkt, bei dem eine vorbestimmte Strahlungsintensität oder ein vorbestimmter Anstieg der Strahlungsintensität erreicht wird, als Zeitpunkt der Zündung festgelegt wird.

[0014] Es wird bei den meisten Anwendungen vorab eine bestimmte Strahlungsintensität als Grenzwert definiert, dessen Überschreiten den Zeitpunkt für die Zündung festlegt. Es ist aber auch denkbar, nicht nur einen bestimmten Wert der Strahlungsintensität zum Festlegen des Zeitpunkts der Zündung zu verwenden. So kann etwa für mehrere aufeinander folgende Werte (bzw. Mittelwerte, siehe unten) der Strahlungsintensität die Steigung der Kurve der Strahlungsintensität berechnet werden und eine bestimmte Steigung als Grenzwert festgelegt werden, welcher der Zündung entspricht. Es kann hierzu der Unterschied in der gemittelten Strahlungsintensität zwischen zwei nicht aufeinanderfolgenden, sondern um z.B. 1 Sekunde auseinander liegenden Werten berechnet werden. Wenn dieser Differenzwert (Delta) einen vorher festgelegten Grenzwert überschreitet, der für die Zündung typisch ist, wird unmittelbar zu diesem Zeitpunkt das Zündsignal gegeben. Bei der Bestimmung des Zeitpunkts der Zündung mittels Steigung bzw. Differenzmessung kommt es so zu einer kleinen Verzögerung, da ja zumindest ein

bis hin zu n Messwerten der Strahlungsintensität nach dem Zeitpunkt der Zündung abgewartet werden müssen, wobei n die Anzahl an Werten ist, die gemittelt werden („endgültige Strahlungsintensität bzw. Grauwert“). Diese Verzögerung ist aber immer noch um einiges kleiner als jene, die bei herkömmlichen Verfahren auftritt.

[0015] Die für das erfindungsgemäße Verfahren notwendigen Fotodioden sind Halbleiter-Dioden, die sichtbares Licht, aber je nach Ausführung auch Infrarot(IR)-, Ultraviolett(UV)- oder Röntgenstrahlen durch den inneren Fotoeffekt in einen elektrischen Strom umwandeln. Jede Fotodiode des Sensors entspricht einem Bildpunkt oder Pixel des Sensors und damit einem Bildpunkt oder Pixel des aufgenommenen Bildes.

[0016] Ein CCD-Bildsensor ist ein Sensor, der aus sogenannten CCD Elementen (Charge-coupled devices) aufgebaut ist. CCD-Bildsensoren bestehen meistens aus einer Matrix (seltener einer Zeile) mit lichtempfindlichen Fotodioden, die Pixel oder Bildpunkte genannt werden. Diese können rechteckig, quadratisch oder polygonal sein, mit Kantenlängen von weniger als $3\ \mu\text{m}$ bis über $20\ \mu\text{m}$. Je größer die Fläche der Pixel, desto höher sind die Lichtempfindlichkeit und der Dynamikumfang des CCD-Sensors, desto kleiner ist aber, bei gleicher Sensorgröße, die Bildauflösung.

[0017] CCD-Bildsensoren können sowohl für sichtbare Wellenlängen als auch für Nah-Infrarot-, UV- und Röntgen-Bereiche hergestellt werden. Dadurch erweitert sich das Spektrum für Sonderanwendungen von $0,1\ \mu\text{m}$ bis auf etwa $1,1\ \mu\text{m}$. Weitere Vorteile sind ihre breite spektrale Empfindlichkeit, ihr hoher Dynamikumfang (also die Fähigkeit, gleichzeitig sehr lichtschwache und sehr helle Bereiche eines Bildes zu erfassen) und die Tatsache, dass die Bildinformationen digital anfallen, was zum Beispiel bei der Fotometrie (Helligkeitsmessung) und der Anwendung ausgefeilter Bildbearbeitungsmethoden von Vorteil ist. CCD-Kameras, die aus CCD-Bildsensoren und einer Optik gebildet werden, können für Anwendungen in der Industrie ferngesteuert werden und speichern die Bilder automatisch auf Datenträgern. Die anschließende Bildauswertung greift teilweise schon in den Auslesealgorithmus des CCD Elements ein, um interessierende Bildbereiche (englisch: Region of Interest, ROI) schneller auszulesen.

[0018] Neben CCD-Bildsensoren können aber auch andere Sensoren, die auf Basis von Fotodioden arbeiten, zum Einsatz kommen. Es gibt beispielsweise einen sogenannten Active Pixel Sensor (APS, aktiver Pixelsensor), das ist ein Halbleiterdetektor zur Lichtmessung, der in CMOS-Technik gefertigt ist und deshalb oft als CMOS-Sensor bezeichnet wird. Durch die Verwendung der CMOS-Technik wird es möglich, weitere Funktionen in den Sensorchip zu integrieren, wie beispielsweise die Belichtungskontrolle, die Kontrastkorrektur oder die Analog-Digital-Wandlung.

[0019] Der Digital Pixel Sensor (DPS) ist ein Bild-Sensor, der auf den Grundlagen der CMOS-Sensoren basiert, jedoch auf Grund einer speziellen Abtastmethodik eine erheblich größere Dynamik und in vielen Fällen ein deutlich besseres Signal-zu-Rausch-Verhältnis als herkömmliche Sensoren aufweist. Weiterhin sind bei geeigneten Lichtverhältnissen Bildraten bis hin zu 10.000 Bildern je Sekunde erzielbar.

[0020] Der Sensor wird erfindungsgemäß auf den Bereich zwischen Konvertermund und Abzughaube ausgerichtet und - sobald das Sauerstoffblasen begonnen hat und es daher in der Folge zu einer Zündung kommen wird - werden laufend Bilder aufgenommen und abgespeichert. Es wird immer der gleiche Bildbereich aufgenommen. Mit Hilfe eines Bildverarbeitungsprogrammes wird aus jedem aufgenommenen Bild die Strahlungsintensität des darauf abgebildeten Bereichs zwischen Konvertermund und Abzughaube bestimmt. Trägt man die errechneten Intensitätswerte über die Zeitachse auf, so sieht man einen zeitlichen Verlauf der Strahlungsintensität. Wurde einmal, sozusagen zur Initialisierung des Verfahrens, jene Strahlungsintensität bestimmt, bei der die Zündung auftritt, dann muss im errechneten zeitlichen Verlauf der Strahlungsintensität nur mehr diese Strahlungsintensität gesucht werden. Der dieser Strahlungsintensität zugeordnete Zeitpunkt ist dann der Zeitpunkt der Zündung. Da sich nach der Zündung die Strahlungsintensität relativ rasch erhöht, kann auch jener Zeitpunkt als Zeitpunkt der Zündung festgelegt werden, ab welchem der zeitliche Verlauf der Strahlungsintensität einen

bestimmten, vorher festgelegten Anstieg erfährt (siehe oben).

[0021] Es hat sich als vorteilhaft erwiesen, einen Sensor auszuwählen, der vorwiegend sichtbares Licht detektiert, etwa in Form einer CCD-Kamera. Solche Kameras sind - im Gegensatz zu Wärmebildkameras - günstig am Markt erhältlich und liefern ebenfalls die gewünschte Information über die Strahlungsintensität (maximale wellenlängenspezifische Strahlungsleistung wandert mit steigender Temperatur vom IR in Richtung sichtbaren Bereich → Wien'sches Verschiebungsgesetz). Um sicherzustellen, dass keine Infrarot-Strahlung in die CCD-Kamera gelangt und so der Sensor vor Einwirkung der Hitzestrahlung geschützt wird, kann ein IR-Sperrfilter vorgeschaltet werden. Wenn der Sensor im Bereich des sichtbaren Lichts arbeitet, kann dieser auch außerhalb der Zündzeiten als Überwachungskamera genutzt werden.

[0022] Die Bilder des Sensors sollten am besten den gesamten Spalt zwischen Rand des Konvertermunds und Rand der Abzughaube umfassen. Zum Beispiel kann vorgesehen werden, dass der Öffnungswinkel des Objektivs so eingestellt wird, dass nach Möglichkeit der gesamte Spalt zwischen Konvertermund und Abzughaube sichtbar ist, jedoch zumindest 50% dieses Bereichs, vorzugsweise aus der Mitte des Spalts.

[0023] Erfindungsgemäß wird in dem Verfahren die Empfindlichkeit des Sensors so eingestellt, dass vor dem Sauerstoffblasen aufgenommene Bilder, also wenn sicher noch keine Zündung stattgefunden hat, möglichst keine Belichtung aufweisen, also nahezu schwarz sind. Dies kann etwa durch eine fixe Einstellung der Blende im Objektiv auf eine hohe Blendenzahl (= Blende annähernd geschlossen) und/oder kurzer Belichtungszeit der Kamera (elektronischer Shutter) realisiert werden. Die Blende des Objektivs muss aus diesem Grund entweder manuell einstellbar sein oder es muss bei Auto-Iris Objektiven eine spezielle Schaltung vorgesehen werden, durch welche die automatische Blendenregelung für den Zeitabschnitt der Zünderkennung deaktiviert wird.

[0024] Der Sensor sollte zumindest eine Anzahl von 10.000 Bildpunkten umfassen. Beispielsweise könnte er 480 mal 640 Bildpunkte oder (im Fall analoger Kameras) gemäß PAL-Norm 768x576 Pixel umfassen, was vollkommen ausreichend ist.

[0025] Das erfindungsgemäße Verfahren sieht vor, dass pro Bild nur eine bestimmte Anzahl der hellsten Bildpunkte zwischen Konvertermund und Abzughaube, entsprechend einem Anteil von 0,1%-1% des Bereichs zwischen Konvertermund und Abzughaube (ROI), ausgewählt wird und aus diesen durch Mittelung die Strahlungsintensität zwischen Konvertermund und Abzughaube bestimmt wird.

[0026] Für die Berechnung der Strahlungsintensität ist ja nur der Spalt zwischen Konvertermund und Abzughaube relevant, weil ja nur die Strahlung, die aus diesem Spalt dringt, Aufschluss über die erfolgte Zündung gibt. Dementsprechend wird für die Bestimmung der Strahlungsintensität nur dieser Spalt, genauer gesagt, jener Teil des Spalts, der auf dem Bild abgebildet ist, herangezogen. Der Teil des Spalts, der auf dem Bild abgebildet ist, ist also im Wesentlichen die sogenannte „Region of Interest“ (ROI), welche für die weitere Auswertung des Bildes herangezogen wird. Es bräuchten daher grundsätzlich nur für die Bildpunkte bzw. Pixel des Spalts die Strahlungsintensitäten bzw. Graustufen der Pixel ausgelesen werden.

[0027] Bei der genannten Ausführungsform werden aber nicht alle Pixel für die Bestimmung der Strahlungsintensität verwendet, sondern nur eine bestimmte Anzahl der hellsten Pixel. Man wählt in der Regel nur so viele hellste Pixel aus, die einem Anteil von 0,1%-1% des Bereichs zwischen Konvertermund und Abzughaube, also des Spalts, darstellen. Wenn beispielsweise der Sensor 480 mal 640 Bildpunkte bzw. Pixel umfasst und davon etwa ein Fünftel dem ROI entspricht (bei Einsatz von Weitwinkelobjektiven - sinnvoll für Überwachung außerhalb der Zündphasen - umfasst der Bildbereich weit mehr als nur den Spalt zwischen Konverter und Haube), dann können etwa nur die 100 hellsten Pixel des Spalts zur Bestimmung der Strahlungsintensität ausgewählt werden, wobei dies nur als Richtwert zu verstehen ist, weil die Anzahl der hellsten Pixel als variabler Parameter einstellbar ist. Die Strahlungsintensitäten bzw. Grauwerte der hellsten Pixel werden gemittelt und somit der Durchschnitt der Strahlungsintensität

tät bzw. des Grauwerts für dieses Bild ermittelt. Dies wird bei jedem aufgenommenen Bild wiederholt und die Ergebnisse der Strahlungsintensität bzw. des Grauwerts über der Zeitachse aufgetragen, wobei als jeweiliger Zeitpunkt der Zeitpunkt der Aufnahme des Bildes verwendet wird.

[0028] Um einen möglichst glatten Verlauf der Kurve die Strahlungsintensität über die Zeit zu erhalten, kann vorgesehen werden, dass die Strahlungsintensität über mehrere aufeinander folgende Bilder gemittelt wird, insbesondere über mindestens fünf Bilder oder über einen maximalen Zeitraum von zwei Sekunden. Es hat sich gezeigt, dass besonders am Beginn des Sauerstoffblasens nur einzelne Funken auftreten, die bald wieder erlöschen. Entsprechend sind in einem Bild besonders helle Bildpunkte zu erkennen, in den folgenden Bildern aber nur relativ dazu dunklere Bildpunkte. Würde man die Bilder daher ohne Mittelung der errechneten Grauwerte nacheinander weiterverarbeiten, könnte sich aus einem einzelnen Bild mit besonders hellen Bildpunkten (z.B. ein glühender Funke oder eine kurzzeitige Flammzunge gelangt bis nahe vor das Objektiv) bereits das Überschreiten der Strahlungsintensität für die Zündung des Blassauerstoffes ergeben (bzw. ein besonders steiler Anstieg der zeitlichen Kurve der Strahlungsintensität), während die folgenden dunkleren Bilder eine Strahlungsintensität unterhalb jener für die Zündung des Blassauerstoffes ergeben würden (bzw. einen besonders steilen Abfall der zeitlichen Kurve der Strahlungsintensität). Deshalb ist es sinnvoll, die Kurve der Strahlungsintensität zu glätten, um eine kontinuierlich ansteigende Kurve zu erhalten, mit welcher dann eindeutig der Zeitpunkt der Zündung festgestellt werden kann.

[0029] Die erfindungsgemäße Aufnahme von Bildern endet spätestens dann, wenn die Abzughaube auf den Konvertermund abgesenkt wurde. Denn dann schließt sich der Spalt zwischen Abzughaube und Konvertermund und die Bilder sind für die Zündung nicht mehr relevant. Selbstverständlich kann die Aufnahme von Bildern auch schon früher eingestellt werden, etwa, wenn aufgrund der durch das erfindungsgemäße Verfahren ermittelten Strahlungsintensitäten der Zeitpunkt der Zündung bereits festgelegt und durch Erreichen einer gewisser Abgastemperatur im Abgaskamin bestätigt worden ist. Natürlich können auch noch nach Erreichen des Zündpunkts oder nach dem Absenken der Abzughaube weitere Bilder aufgezeichnet werden, um andere prozessrelevante Ereignisse erkennen zu können bzw. zur Überwachung.

[0030] Die erfindungsgemäße Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens umfasst eine Kamera mit einem Sensor, der mehrere Fotodioden enthält, vorzugsweise mit einem CCD-Bildsensor, wobei die Kamera mit ihrer optischen Achse auf den Spalt zwischen Konvertermund und Abzughaube ausgerichtet ist, sowie einen Rechner zur Auswertung der Bilder der Kamera, wobei der Rechner so programmiert ist, dass er aufgrund der von den Sensoren aufgenommenen Strahlungsintensität einen Verlauf der Strahlungsintensität über die Zeit bestimmt und jenen Zeitpunkt, bei dem eine vorbestimmte Strahlungsintensität oder ein vorbestimmter Anstieg der Strahlungsintensität erreicht wird, als Zeitpunkt der Zündung festlegt wird.

[0031] Der Rechner ist mit dem Prozessleitsystem des Stahlkonverters verbunden und meldet den Zeitpunkt der Zündung an das Prozessleitsystem bzw. an die Steuerung (PLC).

[0032] Die Kamera kann am einfachsten an der Umhausung des Stahlkonverters angebracht werden. Um sie vor der starken Strahlungswärme des Stahlkonverters und der Leitwärme der Umhausung zu schützen, kann vorgesehen sein, dass die Kamera von einem gekühlten Gehäuse umgeben ist, wobei die Kühlung durch Wasser, durch Luft oder durch Stickstoff erfolgen kann. Weiters ist zu beachten, dass die Ausblicksöffnung für das Objektiv klein zu halten ist (ca. 5mm Durchmesser). Weiters sollten sogenannte Nadelöhr (Pinhole) Objektive zum Einsatz kommen. Damit nicht Staub, Rauch, Funken oder Feuer durch die Ausblicksöffnung in das Gehäuse zum Objektiv und zur Kamera gelangt, wird dieser Bereich vor der Kamera durch Spülung mittels Stickstoff oder Luft freigehalten. Zusätzlich kann vorgesehen sein, dass das Gehäuse vor dem Objektiv der Kamera einen pneumatisch oder manuell betätigbaren Verschluss in Form einer Klappe oder eines Schiebers aufweist. Dadurch kann in den Pausen zwischen zwei Zündvorgängen die Kamera vor der Strahlung und Verschmutzung geschützt werden.

KURZE BESCHREIBUNG DER FIGUREN

[0033] Die Erfindung wird anhand einer schematischen Figur sowie anhand von Bildern und eines Diagramms beispielhaft erläutert.

[0034] Fig. 1 zeigt eine seitliche Schnittansicht eines Stahlkonverters mit Sensor,

[0035] Fig. 2 zeigt eine seitliche Schnittansicht eines Stahlkonverters mit dem in der Umhauung (sogenanntes Doghouse) eingebauten Sensor,

[0036] Fig. 3 zeigt ein vom Sensor aufgenommenes Bild,

[0037] Fig. 4 zeigt eine Bilderfolge vom Spalt zwischen Abzughaube und Konvertermund,

[0038] Fig. 5 zeigt ein Diagramm mit dem zeitlichen Verlauf der Strahlungsintensität und anderen Prozessparametern,

[0039] Fig. 6 zeigt einen Ausschnitt aus Fig. 5

WEGE ZUR AUSFÜHRUNG DER ERFINDUNG

[0040] In Fig. 1 ist der Stahlkonverter 1 dargestellt, in welchem sich der zu frischende Einsatz befindet, nämlich Schrott und stückiges Roheisen 2 sowie flüssiges Roheisen 3. Über dem Konvertermund, zu dem sich der Stahlkonverter 1 nach oben hin verjüngt, ist der Abgaskamin 4 angeordnet. Eine Abzughaube 5, welche entlang des Doppelpfeils 6 abgesenkt bzw. angehoben werden kann, umgibt den Abgaskamin 4. Sie dient zum Abdichten des Konvertermunds und zum Auffangen der Frischgase während des Frischens. Die heb- und senkbare Lanze 7 wird durch die Öffnung 8 des Abgaskanals 4 in den Stahlkonverter 1 eingeführt.

[0041] Die Lanze 7 senkt sich von der Position H_2 , in welcher die Lanze 7 mit durchgehenden Strichen gezeichnet ist und wo die Sauerstoffzufuhr noch nicht geöffnet ist, bis zur Betriebsposition H_1 ab. Bereits kurz vor Erreichen der Betriebsposition H_1 wird die Sauerstoffzufuhr geöffnet und der zum Blasen benötigte Sauerstoff 9 tritt aus. Die Lanze 7 wird weiter abgesenkt, während Sauerstoff 9 aus der Mündung austritt, bis sie die Betriebsposition H_1 erreicht, welche strichpunktiert dargestellt ist. Dies kann auch aus Fig. 5 abgelesen werden, wo die Position der Lanze 7 durch die Kurve 32 und der Sauerstoff-Durchfluss durch die Kurve 34 dargestellt ist. Bei Erreichen der Betriebsposition H_1 sollte die Zündung erfolgen, wenn keine Zündverzögerung auftritt. Wenn jedoch die Zündung durch überstehenden Schrott oder dergleichen verzögert wird, so strömt eine Menge Sauerstoff aus, die an der Frischreaktion nicht teilnimmt, und sehr wohl berücksichtigt werden muss.

[0042] Erfolgt die Zündung, so steigen die Reaktionsgase 10 aus dem Stahlkonverter 1 auf, die vorwiegend aus Kohlenmonoxid (CO) bestehen. Die Abzughaube 5 ist dann, wie in Fig. 1 dargestellt, offen, sodass sogenannte Falschluff 11 durch den Spalt zwischen Abzughaube 5 und Stahlkonverter 1 bzw. dessen Konvertermund einströmt. Das Kohlenmonoxid der Reaktionsgase 10 verbrennt mit Luft. Die mit der Zündung beginnende Verbrennung des Blasesauerstoffs mit dem Kohlenstoff aus dem Roheisen erzeugt weiß leuchtende Flammen bzw. Gase.

[0043] Der Sensor/die Kamera 14 ist in einer Entfernung von 1 bis 3 m mittels eines ihn umgebenden Gehäuses 23 an der Einhausung des Stahlkonverters 1 befestigt, und zwar so, dass seine optische Achse 12 in den Spalt zwischen Abzughaube 5 und Stahlkonverter 1 bzw. dessen Konvertermund gerichtet ist.

[0044] Der Sensor 14 ist als CCD- oder CMOS-Bildsensor ausgebildet, der nur Grauwerte liefert (Schwarz/Weiß CCD-Bildsensor). Es können auch Farbkameras eingesetzt werden, deren Bilder dann über Software in Graustufenbilder konvertiert werden. Dem Sensor ist ein Objektiv 13 vorgeschaltet, das mit dem Sensor 14 gemeinsam eine Kamera bildet. Die Blendenöffnung des Objektivs sowie die Belichtungszeit des Kamerasensors können eingestellt werden. Und zwar am besten so, dass vor dem Sauerstoffblasen aufgenommene Bilder, also wenn sicher noch keine Zündung stattgefunden hat, keine Belichtung aufweisen, also schwarz sind. Dies hat den Vorteil, dass ein Pixel nur dann in die Sättigung gehen wird, wenn die Strah-

lungsintensität tatsächlich von einer heißen Flamme stammt, wie sie erst nach der Zündung anzutreffen ist. Flammen sind des öfteren auch schon vor dem Zünden da, nur längst nicht mit so großer Helligkeit wie beim Zünden.

[0045] Die Bildsignale des Sensors 14 werden über eine Leitung 19 an den Rechner 20 weitergeleitet, der diese verarbeitet und auswertet. Dies kann ein Rechner sein, der eigens nur die Bildverarbeitung und Auswertung vornimmt und die dabei gewonnenen Daten, insbesondere den Zeitpunkt der Zündung, an den Zentralrechner des Leitsystems weiterleitet. Der Rechner 20 kann aber auch der Zentralrechner sein, der zusätzlich zu seinen anderen Aufgaben die Bildverarbeitung und Auswertung vornimmt und die gewonnenen Daten für die Prozessleitung verwendet, etwa zur Regelung der Sauerstoffzufuhr in den Stahlkonverter 1 oder zum Zufahren der Abzughaube 5.

[0046] An den Rechner 20 können auch die Messwerte der Temperatur im Gehäuse 23 weitergeleitet werden, weil dieser auch die Luft- bzw. Wasserkühlung für das Gehäuse überwacht. Zusätzlich übernimmt er die Steuerung für das Öffnen und Schließen der Klappe 26. Entsprechend werden vom Rechner 20 über eine Leitung 18 Steuersignale an die Kamera zum Einstellen der Belichtungszeit und der Blendenöffnung geleitet.

[0047] Das Gehäuse 23 wird gekühlt, wobei die Regelung des Kühlmittelzuflusses 24 und des Kühlmittelabflusses 25 von einem eigenen Regler oder aufgrund von Temperaturmessungen im Gehäuse 23 vom Rechner 20 durchgeführt werden kann. Weiters kann vorgesehen sein, dass das Objektiv 13 bzw. die Abdeckung des Objektivs 13 mit Spülluft (nicht dargestellt) freigehalten wird. Der Kühlmitteldurchfluss und der Luftdruck der Luftspülung werden laufend überwacht, um Fehlfunktionen sofort erkennen zu können.

[0048] Zum Schutz der Kamera ist zusätzlich eine mechanische Klappe 26 vorgesehen, die vor dem Gehäuse 23 angebracht ist und pneumatisch oder manuell betrieben wird. Die Klappe 26 kann außerhalb der Betriebszeiten des Sensors 14 bzw. der mit diesem gebildeten Kamera geschlossen werden, um die Kamera vor Hitzeeinwirkung oder Schlackenspritzern zu schützen. Die Betätigung der Klappe kann händisch durch den Operator oder automatisch durch den Zentralrechner des Leitsystems ausgelöst werden. Die Stromversorgung 21, 22 für den Sensor 14 der Kamera ist in Fig. 1 ebenfalls eingezeichnet.

[0049] In Fig. 2 ist ein Ausschnitt einer Anlage aus Fig. 1 dargestellt, wo das Gehäuse 23 im sogenannten Doghouse 29 eingebaut ist. Dort ist das Gehäuse 23 bzw. die Kamera über eine Bühne 31 erreichbar. Mit 30 wird eine Seite der zweiteiligen sog. Doghousetüren gezeigt, welche für den Chargiervorgang geöffnet werden. Während dem Blasevorgang ist die Umhausung komplett geschlossen, was den Einbau der Kamera gemäß Fig. 2 erfordert.

[0050] In Fig. 3 ist ein vom Sensor 14 aufgenommenes Bild dargestellt, wobei hier die Zündung schon statt gefunden hat. Der obere dunkle Bildbereich stellt die Abzughaube 5 bzw. die Decke des Doghouses 29 dar, der untere dunkle Bildbereich den Stahlkonverter 1 bzw. dessen Konvertermund. Der Spalt zwischen Abzughaube und Konvertermund ist größtenteils hell erleuchtet. Es ist auch dieser Bildausschnitt, der für die Bestimmung des Zeitpunkts der Zündung ausschlaggebend ist. Deshalb wird auch nur ein rechteckiger Bildbereich, der den Großteil des im Bild enthaltenen Spalts abbildet, für die weiteren Berechnungen herangezogen. Dieser Bildbereich wird als „Region of Interest“ (ROI) 15 bezeichnet.

[0051] Bevor noch Sauerstoff durch die Lanze 7 fließt, wird gegebenenfalls die Klappe 26 geöffnet, sodass bei Beginn des Blasevorgangs, wo dann Sauerstoff durch die Lanze in den Stahlkonverter 1 geblasen wird, jedenfalls schon Strahlung/Licht durch das Objektiv 13 auf den Sensor 14 gelangen kann. Die ersten Bilder der in Fig. 4 gezeigten Bildfolge, die vor dem Blasevorgang aufgenommen wurden, sind dementsprechend fast zur Gänze schwarz.

[0052] Spätestens beginnend mit dem Sauerstoffblasen (z.B. bei einem Sauerstoffdurchfluss > 100 Nm³/min) werden dann laufend Bilder aufgenommen, beispielsweise hier pro Sekunde 10 Bilder (Aufnahmen im 100 ms Takt). Gleichzeitig werden ggf. die Belichtungszeit der Kamera und die Blendenöffnung in eine passende, feste Einstellung gebracht (verdunkeltes Bild). Der

Beginn der Aufnahme kann auch durch den Zentralrechner vorgegeben werden, der den Beginn der Aufnahmen mit dem Einschalten der Sauerstoffzufuhr zur Lanze 7 oder mit dem Erreichen einer bestimmten Sauerstoff-Durchflussmenge startet. Die Belichtungszeit liegt je nach Blendenöffnung meist im Bereich zwischen 1/1.000 Sekunde und 1/50.000 Sekunde. Als weitere Bedingung für die tatsächliche Zündung gilt, dass ein erforderlicher Mindestsauerstoffdurchfluss gegeben ist.

[0053] In Fig. 4 sind ab dem 8. Bild (zweite Reihe von oben, rechtes Bild) bereits gesättigte Pixel erkennbar. Ab diesem Zeitpunkt, spätestens jedoch ab dem 11. Bild dürfte die Zündung tatsächlich erfolgt sein.

[0054] Von jedem aufgenommenen Bild werden durch den Rechner 20 aus der - für alle Bilder aus den gleichen Bildpunkten bestehenden - Region of Interest 15 jene hundert Bildpunkte bzw. Pixel ausgewählt, die am hellsten sind. Ihre Strahlungsintensitäten bzw. Grauwerte werden gemittelt und der Durchschnittswert ihrer Strahlungsintensitäten bzw. Grauwerte wird als vorläufige Strahlungsintensität bzw. als vorläufiger Grauwert des Spalts zum Zeitpunkt der Aufnahme des Bildes festgelegt. Diese vorläufige Strahlungsintensität bzw. dieser vorläufige Grauwert wird mit den vorläufigen Strahlungsintensitäten bzw. Grauwerten der vier zeitlich vorhergehenden Bilder gemittelt. Es wird also eine Mittelung über fünf aufeinander folgende Bilder durchgeführt, was bei 10 Bildern pro Sekunde einer Mittelung über einem Zeitraum von einer halben Sekunde entspricht. Der aus der Mittelung über fünf Bilder errechnete Wert wird als endgültige Strahlungsintensität oder als endgültiger Grauwert des Spalts zum Zeitpunkt der Aufnahme des Bildes festgelegt und abgespeichert.

[0055] Diese Berechnungen finden online während des aktuellen Blasvorgangs statt.

[0056] Die durch das erfindungsgemäße Verfahren erzeugten Bilder des Spalts zwischen Konvertermund und Abzughaube sowie der zeitliche Verlauf der Grauwertkurve können auch laufend und in Echtzeit auf einem Monitor im Leitstand dargestellt werden. Dadurch kann der Operator auch anhand der Bilder bzw. den eindeutigen Anstieg der Grauwerte den Zeitpunkt der Zündung erkennen. Das Ergebnis wird genauer sein als bei direkter Betrachtung des Spalts durch den Operator, weil der Sensor näher am Stahlkonverter ist als der Operator es sein könnte, und zudem die Grauwertkurve einen Gesamtüberblick ermöglicht über den Verlauf dieses entscheidenden Zeitabschnitts.

[0057] Um den Zeitpunkt der Zündung mit dem erfindungsgemäßen Verfahren ermitteln zu können, muss der Sensor bzw. die damit gebildete Kamera einmal kalibriert werden: dabei werden mit der Kamera Bilder eines Blasvorgangs aufgenommen und wie oben beschrieben die endgültigen Strahlungsintensitäten bestimmt. Dabei wird darauf geachtet, dass die endgültigen Strahlungsintensitäten vor der Zündung nahezu Null sind (sprich das Bild fast schwarz ist) und nach der Zündung zumindest teilweise in die Sättigung gehen. Es ist auch möglich, die Feinkalibrierung laufend dynamisch vorzunehmen, indem die Sensibilität (Verdunkelung) je nach Abgastemperatur im Abgaskamin 4 justiert wird. Je nach Zusammensetzung der aktuellen Charge des Stahlkonverters bzw. des Schrotts brennen manche Chargen nämlich schon, nachdem das Roheisen chargiert wurde. Bei Einsatz von nassem Schrott wird zusätzlich Wasserstoff frei, der leicht brennt oder sogar Explosionen verursacht.

[0058] Ist jene Strahlungsintensität bzw. Steigung der Intensitätskurve bekannt, die in etwa dem Zeitpunkt der Zündung entspricht, müssen beim laufenden erfindungsgemäßen Verfahren zumindest so lange Bilder gemacht werden, bis sich ein Bild ergibt, dessen endgültige Strahlungsintensität der Strahlungsintensität der Zündung entspricht oder darüber liegt bzw. dessen endgültige Strahlungsintensität zu jener des vorhergehenden Bildes in einem bestimmten Verhältnis steht (gemäß der ermittelten Steigung der Kurve bei erfolgter Zündung) oder dieses Verhältnis überschreitet. Besser ist es, auch darüber hinaus noch weitere Bilder zu machen, um sicher zu gehen, dass die Strahlungsintensitäten nicht wieder abnehmen oder die Steigung nicht wieder abnimmt. Dabei können kürzere, vorübergehende Intensitätseinbrüche, bedingt durch starke Rauchentwicklung, außer Acht gelassen werden.

[0059] In Fig. 5 ist - unter anderem - der zeitliche Verlauf der durch den Sensor 14 gemessenen und mit dem erfindungsgemäßen Verfahren bestimmten Strahlungsintensitäten dargestellt, allerdings bei einer anderen Charge als jener von Fig. 4 und damit nicht direkt mit dieser vergleichbar. Die zugrunde liegenden Bilder wurden in gleichen Zeitabständen aufgenommen (10 Bilder pro Sekunde). Der senkrechten Achse [0...1000] sind mehrere weitere Messwerte zugeordnet, welche alle von bereits bestehenden Messvorrichtungen der Anlage stammen und vom Anlagenbetreiber zur Verfügung gestellt werden müssen (zumindest Sauerstoff-Durchfluss und Abgastemperatur), um die Aufnahmen automatisch starten sowie die Zündung bestätigen und die Aufnahmen stoppen zu können.

[0060] Die Kurve 16 stellt die - wie oben beschrieben - ermittelte vorläufige Strahlungsintensität der einzelnen Bilder dar (Intensitäten bzw. Grauwerte gemittelt über die 100 hellsten Pixel der Region of Interest 15 eines Bildes). Die Aufnahmen von Bildern und somit auch die Berechnung der Werte dieser Kurve beginnt in diesem Fall bei einem Sauerstoff-Durchfluss $> 100 \text{ Nm}^3/\text{min}$. Nach dem Start der Aufnahme ist die Belichtung des Sensors zunächst noch sehr hoch, wodurch sich der Kurvenpeak zu diesem Zeitpunkt erklärt. Während der ersten Bilder wird dann jedoch die Belichtung reduziert. Es ist gut erkennbar, dass die Kurve im Bereich des Anstiegs große Zacken aufweist, die über die Hälfte des Grauwertebereichs gehen. Deshalb werden die vorläufigen Strahlungsintensitäten bzw. Grauwerte eines Bildes mit zeitlich benachbarten Bildern, wie oben beschrieben, gemittelt. Die dabei entstehenden (oben als „endgültige“ Strahlungsintensitäten bezeichneten) Strahlungsintensitäten sind in Kurve 17 dargestellt. Diese weist einen glatteren Verlauf auf und löst bei Überschreiten eines Schwellwertes (z.B. 70%) bei gegebenen Zusatzbedingungen (u.a. Mindestsauerstoffdurchfluss) das Zündsignal aus. Die Position der Abzugshaube 5 ist durch Kurve 35 dargestellt, die Abzugshaube beginnt gemäß Fig. 5 in diesem Fall ca. 18 Sekunden später, etwa zum Zeitpunkt 8:48:16, sich abzusenken. Mit Erkennung der Zündung laut erfindungsgemäßem Verfahren könnte diese also schon 18 Sekunden früher abgesenkt werden, was wiederum den Vorteil bringt, dass bereits ab diesem Zeitpunkt das CO-Gas, das sonst durch zum Spalt eindringende Falschluff verbrannt wird, zurück gewonnen werden kann als Brenngas für andere Prozesse (maximale CO-Gas Rückgewinnung).

[0061] In Fig. 6 ist nur die Strahlungsintensität aus Fig. 5 für jenen Zeitraum dargestellt, wo die Zündung stattfindet.

BEZUGSZEICHENLISTE

- 1 Stahlkonverter
- 2 Schrott und stückiges Roheisen
- 3 Flüssiges Roheisen
- 4 Abgaskamin
- 5 Abzugshaube
- 6 Richtung der Absenkung bzw. Anhebung der Abzugshaube 5
- 7 Lanze
- 8 Öffnung für die Lanze 7
- 9 Sauerstoff
- 10 Reaktionsgase
- 11 Falschluff
- 12 Optische Achse
- 13 Objektiv
- 14 Sensor

- 15 Region of Interest
- 16 Kurve der Strahlungsintensität
- 17 Kurve der gemittelten Strahlungsintensität
- 18 Leitung für Steuersignale von Rechner 20
- 19 Leitung für Bildsignale an den Rechner 20
- 20 Rechner
- 21 Stromversorgung
- 22 Stromversorgung
- 23 Gehäuse
- 24 Kühlmittelzufluss
- 25 Kühlmittelabfluss
- 26 Klappe
- 28 Abstand der optischen Achse 12 vom Konvertermund
- 29 Umhausung (Doghouse)
- 30 Tür zu Doghouse 29
- 31 Bühne
- 32 Position der Lanze 7
- 33 Abgastemperatur [$^{\circ}\text{C}$]
- 34 Sauerstoff-Durchfluss [Nm^3/min]
- 35 Position der Abzughaube 5
- H₁ Betriebsposition der Lanze 7
- H₂ Position der Lanze 7, bevor die Sauerstoffzufuhr geöffnet wird

Patentansprüche

1. Verfahren zum Bestimmen des Zeitpunktes der Zündung beim Aufblasverfahren, insbesondere beim LD-Verfahren, in einem Stahlkonverter (1), wobei die bei der Zündung entstehende Strahlung, die zwischen Konvertermund und Abzughaube (5) austritt, detektiert wird, **dadurch gekennzeichnet**, dass frühestens beginnend mit dem Sauerstoffblasen mehrere zeitlich aufeinander folgende Bilder desselben Bereichs zwischen Konvertermund und Abzughaube (5) mittels eines Sensors (14), der mehrere, jeweils einem Bildpunkt entsprechende Fotodioden enthält, vorzugsweise mittels eines CCD-Bildsensors, aufgenommen werden, aufgrund der von den Fotodioden gemessenen Strahlungsintensität ein Verlauf der Strahlungsintensität über die Zeit bestimmt wird und jener Zeitpunkt, bei dem eine vorbestimmte Strahlungsintensität oder ein vorbestimmter Anstieg der Strahlungsintensität erreicht wird, als Zeitpunkt der Zündung festgelegt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Sensor (14) vorwiegend sichtbares Licht detektiert.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Bilder den gesamten Spalt zwischen Rand des Konvertermunds und Rand der Abzughaube (5) umfassen.
4. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Bilder zumindest 50% der Fläche, vorzugsweise aus der Mitte, des Spalts zwischen Konvertermund und Rand der Abzughaube (5) umfassen.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Empfindlichkeit des Sensors (14) so eingestellt wird, dass vor dem Sauerstoffblasen aufgenommene Bilder möglichst keine Belichtung aufweisen.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Sensor (14) zumindest eine Anzahl von 10.000 Bildpunkten umfasst.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass pro Bild nur eine bestimmte Anzahl der hellsten Bildpunkte zwischen Konvertermund und Abzughaube (5), insbesondere entsprechend einem Anteil von 0,1%-1% des Bereichs zwischen Konvertermund und Abzughaube (5), ausgewählt wird und aus diesen durch Mittelung die Strahlungsintensität zwischen Konvertermund und Abzughaube (5) bestimmt wird.
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Strahlungsintensität über mehrere aufeinander folgende Bilder gemittelt wird, insbesondere über mindestens fünf Bilder oder über einen maximalen Zeitraum von zwei Sekunden.
9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Aufnahme von Bildern endet, wenn die Abzughaube (5) auf den Konvertermund abgesenkt wurde.
10. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 9, umfassend eine Kamera (13, 14) mit einem Sensor (14), der mehrere Fotodioden enthält, vorzugsweise mit einem CCD-Bildsensor, wobei die Kamera (13, 14) mit ihrer optischen Achse auf den Spalt zwischen Konvertermund und Abzughaube (5) ausgerichtet ist, sowie einen Rechner zur Auswertung der Bilder der Kamera, wobei der Rechner so programmiert ist, dass er aufgrund der von den Sensoren aufgenommenen Strahlungsintensität einen Verlauf der Strahlungsintensität über die Zeit bestimmt und jenen Zeitpunkt, bei dem eine vorbestimmte Strahlungsintensität oder ein vorbestimmter Anstieg der Strahlungsintensität erreicht wird, als Zeitpunkt der Zündung festgelegt wird.
11. Vorrichtung nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Kamera (13, 14) an der Umhausung des Stahlkonverters (1) angebracht ist.
12. Vorrichtung nach Anspruch 10 oder 11, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Kamera (13, 14) von einem gekühlten Gehäuse (23) umgeben ist.
13. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 10 bis 12, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Ausblicksöffnung für das Objektiv der Kamera (13, 14) einen Durchmesser von weniger als 6 mm aufweist.
14. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 10 bis 13, **dadurch gekennzeichnet**, dass Nadelöhr-Objektive zum Einsatz kommen.
15. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 12 bis 14, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine Einrichtung vorgesehen ist, mit welcher die Ausblicksöffnung des Gehäuses (23) durch Spülung mittels Stickstoff oder Luft freigehalten werden kann.
16. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 12 bis 15, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Gehäuse (23) vor dem Objektiv (13) der Kamera einen pneumatisch oder manuell betätigbaren Verschluss in Form einer Klappe (26) oder eines Schiebers aufweist.

Hierzu 4 Blatt Zeichnungen

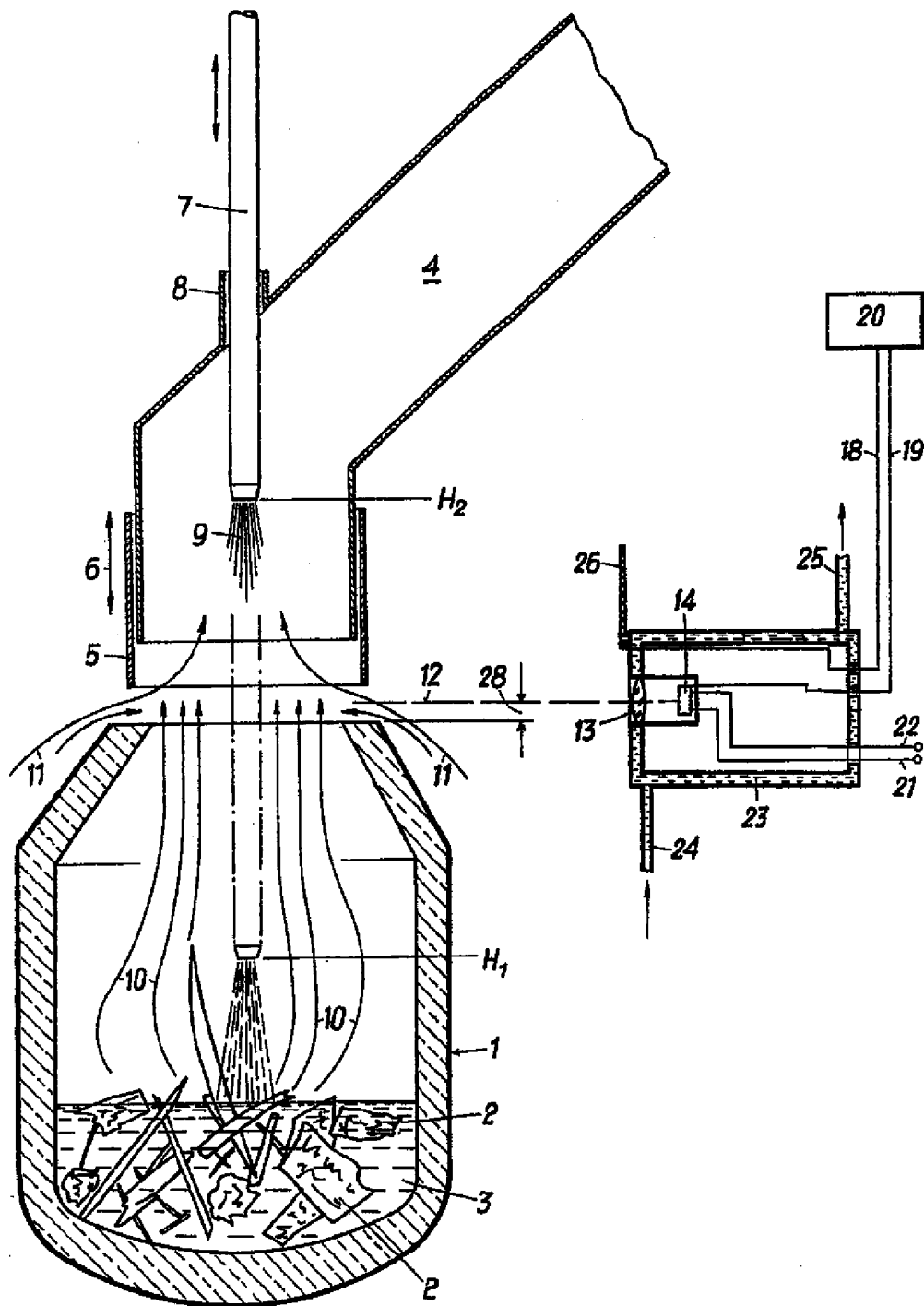


Fig. 1

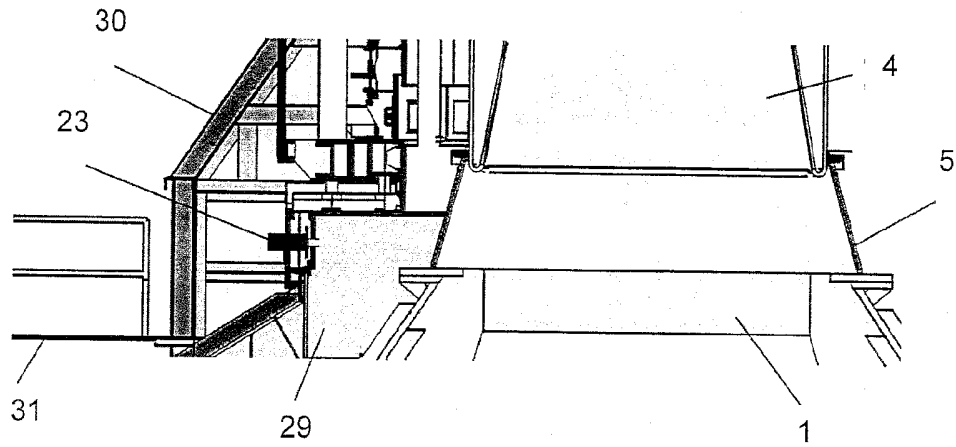


Fig. 2

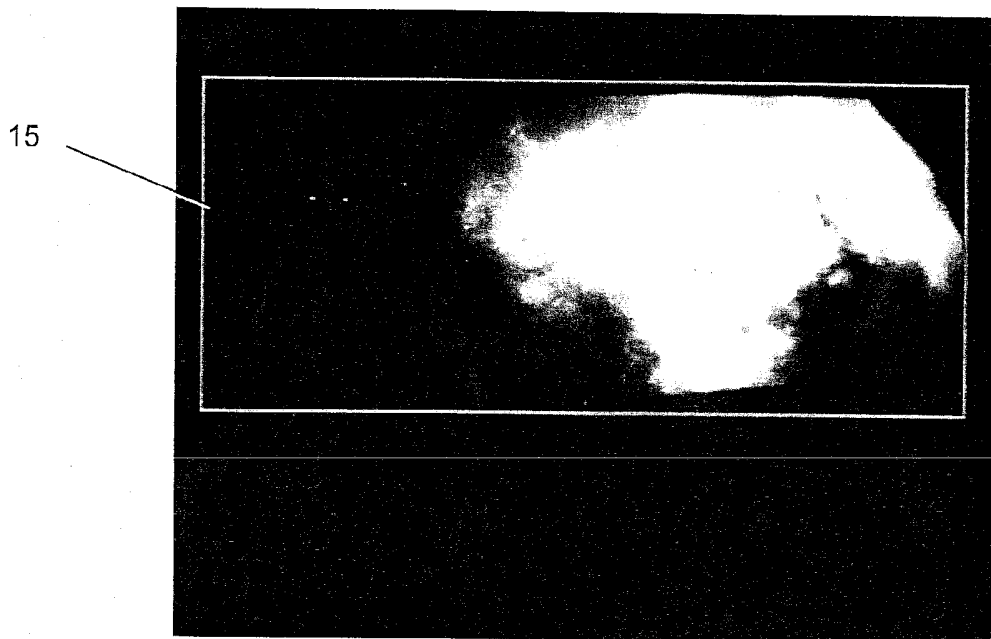


Fig. 3

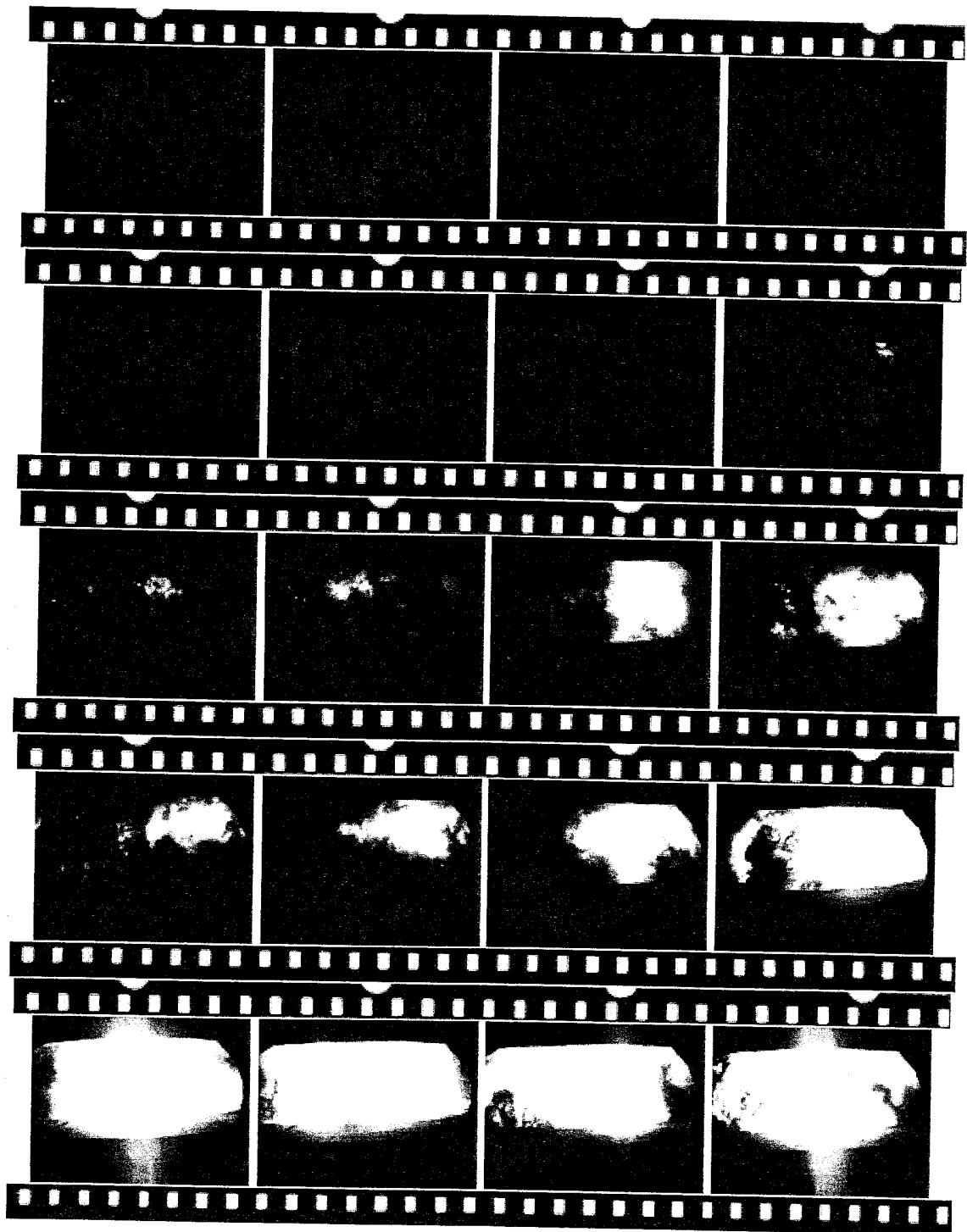


Fig. 4

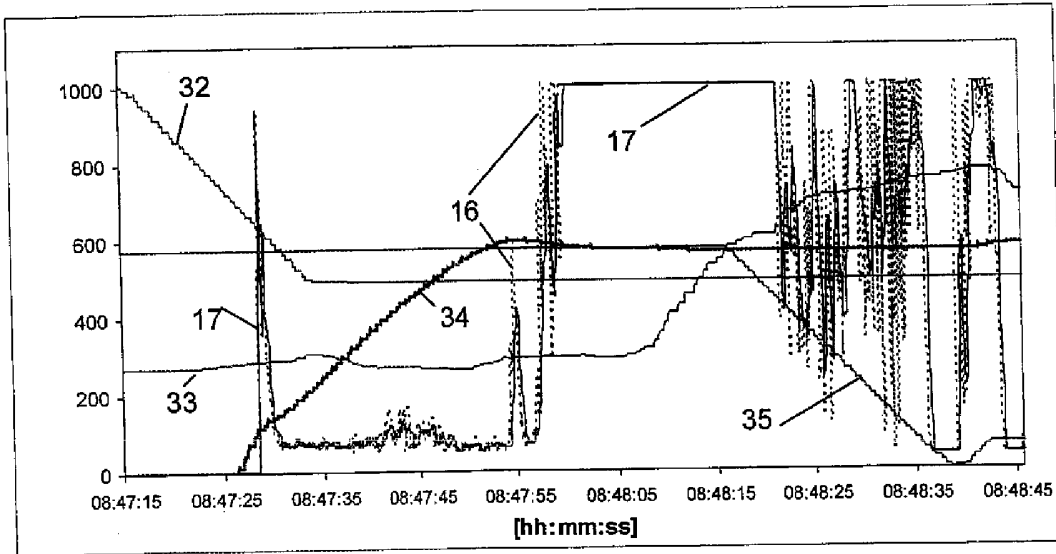


Fig. 5

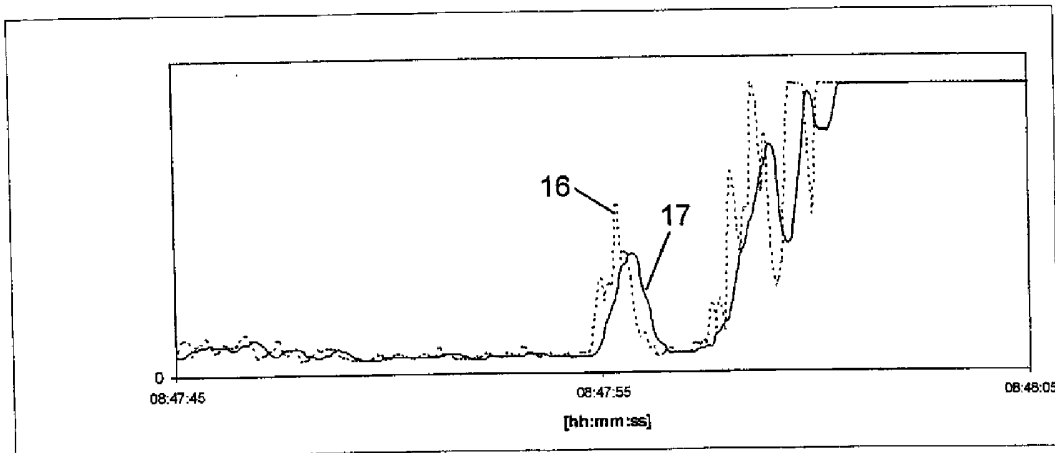


Fig. 6