



(12) Wirtschaftspatent

Erteilt gemäß § 17 Absatz 1 Patentgesetz

(19) DD (11) 233 854 A1

4(51) C 21 C 5/30
G 01 N 29/00

AMT FÜR ERFINDUNGS- UND PATENTWESEN

In der vom Anmelder eingereichten Fassung veröffentlicht

(21) WP C 21 C / 273 488 1

(22) 22.02.85

(44) 12.03.86

(71) Vasipari Kutatóés Fejlesztő Vállalat, Budapest 119, HU

(72) Pal, Gábor, Dr.-Ing.; Endrőczy, Gábor; Hollós, György; Nagy, Gábor; Szőnyi, Gábor; Bódi, László; Balázs, Zoltán, HU

(54) Verfahren und Vorrichtung zur Kontrolle eines in einem turbulentem Flüssigkeitsstrom ablaufenden heterogenen diffusionskinetischen Verwandlungsprozesses

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Kontrolle eines in einem turbulentem Flüssigkeitsstrom ablaufenden heterogenen diffusionskinetischen Verwandlungsprozesses. Das Wesen des Verfahrens besteht darin, daß ein durch die Schwingungen von in der turbulent fließenden Flüssigkeit vorhandenen Blasen hervorgerufener akustischer oder vibrationeller Vorgang erfaßt wird, das erfaßte Signal in ein die spektrale Zusammensetzung der letzteren rückspiegelndes elektrisches Signal umgewandelt wird, welches als ein für den relativen Momentanwert des turbulenten Diffusionskoeffizienten charakteristisches Meßsignal zur mittelbaren realzeitigen Kontrolle der Verwandlung benutzt wird. Die Vorrichtung enthält in einer Reihenschaltung angeordnet, eine auf akustischem Prinzip arbeitende Erfassungseinheit (1), einen Verstärker (2), eine Signalverarbeitungseinheit (3) und eine Recheneinheit (4), wobei die Signalverarbeitungseinheit (3) mit einem das Ausgangssignal des Verstärkers (2) in Spektralbereiche aufteilenden, die zu den Spektralbereichen gehörenden effektiven Werte oder Mittelwerte und das Verhältnis der letzteren bestimmenden, Stromkreis versehen ist. Die vorgeschlagenen Lösungen ermöglichen die Realzeitkontrolle von verschiedenen industriellen Vorgängen und können einen Grund zur Realzeitregelung derselben leisten. Fig. 2

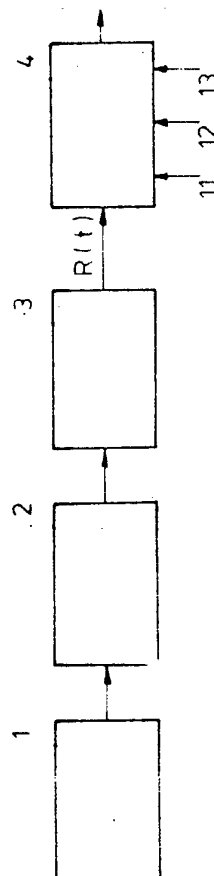


Fig. 2

Erfindungsanspruch:

1. Verfahren zur Kontrolle eines in einem turbulenten Flüssigkeitsstrom ablaufenden heterogenen diffusionskinetischen Verwandlungsprozesses, **gekennzeichnet dadurch**, daß ein durch die Schwingungen von in der turbulent fließenden Flüssigkeit vorhandenen Blasen hervorgerufener akustischer oder vibrationeller Vorgang erfaßt wird, das erfaßte Signal in ein die spektrale Zusammensetzung der letzteren rückspiegelndes elektrisches Signal umgewandelt wird, welches als ein für den relativen Momentanwert des turbulenten Diffusionskoeffizienten charakteristisches Meßsignal zur mittelbaren realzeitigen Kontrolle der Verwandlung benutzt wird.
2. Verfahren nach Punkt 1, **gekennzeichnet dadurch**, daß in der Flüssigkeit künstlich Gas- und/oder Dampfblasen hervorgerufen werden.
3. Verfahren nach Punkt 1 oder 2, **gekennzeichnet dadurch**, daß beim Umwandeln des erfaßten Signals in das die spektrale Zusammensetzung dessen rückspiegelnde elektrische Signal aus dem erfaßten Signal zwei Spektralbereiche ausgewählt werden, und das Verhältnis der dazu gehörenden effektiven Werte oder Mittelwerte festgestellt wird.
4. Verfahren nach einem der Punkte 1 bis 3, **gekennzeichnet dadurch**, daß das erfaßte Signal vor dem Umwandeln in das elektrische Signal einer spektralen Transformation unterzogen wird.
5. Vorrichtung zur Kontrolle eines in einem turbulenten Flüssigkeitsstrom ablaufenden heterogenen diffusionskinetischen Verwandlungsprozesses, insbesondere zur Verwirklichung des Verfahrens nach einem der Punkte 1 bis 4, **gekennzeichnet dadurch**, daß in einer Reihenschaltung angeordnet eine auf akustischem Prinzip arbeitende Erfassungseinheit (1), einen Verstärker (2), eine Signalverarbeitungseinheit (3) und eine Recheneinheit (4) angeordnet sind, wobei die Signalverarbeitungseinheit (3) mit einem das Ausgangssignal des Verstärkers (2) in Spektralbereiche aufteilenden, die zu den Spektralbereichen gehörenden effektiven Werte oder Mittelwerte und das Verhältnis der letzteren bestimmenden, Stromkreis versehen ist.
6. Vorrichtung nach Punkt 5, **gekennzeichnet dadurch**, daß die Signalverarbeitungseinheit (3) mit einem das dem Verstärker (2) entnommene Signal in verschiedenen Spektralbereichen umformenden Stromkreis versehen ist.
7. Vorrichtung nach Punkt 5 oder 6, **gekennzeichnet dadurch**, daß die Recheneinheit (4) mit Festwerte, Realzeitdaten und Eichdaten weiterleitenden Eingängen (11, 12, 13) versehen ist.

Hierzu 2 Seiten Zeichnungen

Anwendungsgebiet der Erfindung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Kontrolle eines in einem turbulenten Flüssigkeitsstrom ablaufenden heterogenen diffusionskinetischen Verwandlungsprozesses.

Charakteristik der bekannten technischen Lösungen

In der Technik treten oft solche Prozesse auf, bei denen sich eine heterogene Verwandlung in einem Flüssigkeitsstrom abspielt. Als heterogene Verwandlungen werden diejenigen chemischen bzw. physiochemischen Verwandlungsprozesse betrachtet, die an bestimmten Oberflächen, zum Beispiel an Grenzflächen von Phasen (wie in Systemen, die eine flüssige dispersierende Phase und eine andere flüssige, feste oder gasförmige Dispersphase enthalten), an Oberflächen von katalytischen Eigenschaften, an in Flüssigkeit eingetauchten Elektroden sowie an den Wänden eines eine Flüssigkeit enthaltenden Gefäßes zustandekommen. Unter den Obigen betrifft die Erfindung die Kontrolle derjenigen heterogenen Verwandlungsprozessen, die die folgenden Bedingungen erfüllen: die Flüssigkeit befindet sich in turbulenter Strömung und die heterogene Verwandlung läuft unter Diffusionskinetik ab. Das letztere bedeutet, daß die Geschwindigkeit der Verwandlung durch die Geschwindigkeit des Stofftransportes von dem Inneren der Flüssigkeit zur die Stelle der Verwandlung bestimmenden Oberfläche, oder umgekehrt von dieser Oberfläche zum Inneren der Flüssigkeit bestimmt wird.

Bei der Kontrolle der in Flüssigkeit ablaufenden heterogenen Verwandlungsprozesse ist es allgemein bekannt, die unmittelbaren Verfahren zu verwenden, deren Wesen in der Probenentnahme und in physikochemischer oder chemischer Analyse der Probe liegt. Diese Verfahren können durchaus die in der Praxis erforderliche Genauigkeit der Meßergebnisse gewährleisten, jedoch ist es praktisch unmöglich, jene zur Kontrolle der geprüften Prozesse in realer Zeit, im folgenden Strömungen anzuwenden. Bei den unter veränderlichen Bedingungen ablaufenden schnellen industriellen Prozessen sind sie nicht in der Lage, die erforderliche Grundlage für eine Regelungsaufgabe zu bilden. In manchen Fällen ist die Probenahme selbst problematisch, und insbesondere bei denjenigen industriellen Prozessen, bei denen dazu der Prozeß unterbrochen werden müßte. Ein spezielles Problem besteht bei der Prüfung des Anteils von Komponenten, welche in kleinen Mengen vorhanden sind. In diesen Fällen bildet die Probenahme bekannterweise ein Element der Prüfung, wobei die an mehreren Proben gewonnenen Ergebnisse durch statistische Methode bewertet werden sollen — lediglich eine höhere Anzahl von Proben kann zuverlässige Meßergebnisse gewährleisten, weil in einer Probe der zu bestimmende Anteil von dem wirklichen Durchschnittswert bedeutend abweichen kann.

Eine andere Gruppe der bekannten Lösungen bilden die Verfahren, bei denen ein Parameter verfolgt wird, welcher mittelbar eine Aussage über den Fortgang bzw. über die Geschwindigkeit der Verwandlung ermöglicht, wozu im allgemeinen ein Parameter ausgewählt wird, der sich mit der Konzentration auf bestimmte Weise ändert. Als solche können der Druck, die Temperatur, die Farbe oder der Ton usw. betrachtet werden. Die Information kann derart relativ schnell gewonnen werden, jedoch ist sie entweder ungenau oder nicht ganz komplett und deswegen nicht geeignet, als zuverlässige Grundlage für einen Regelungsprozeß verwendet zu werden. Bei der Konverterstahlherstellung unter Anwesenheit von Sauerstoff wurde ein Kontrollverfahren vorgeschlagen (Baptizanski, V. I. u. a., IWUZ, Tschornaja Metallurgija, 1982, 2, S. 34 bis 38), bei dem zur Steuerung eine akustische Kontrolle vorgesehen ist. Nach dem vorgeschlagenen Verfahren wird die akustische, beim Einblasen von Sauerstoff, im Stahlbad auftretende Erscheinung, und zwar der charakteristische Pegel des Schalldrucks erfaßt. Der dargelegten Erkenntnis nach tritt eine sprunghafte Vergrößerung des Schalldruckpegels auf, wenn die auf der Oberfläche des Stahlbads liegende Schlackendecke so dicht wird, das das Einblasen weiterer Mengen Sauerstoffs beendet werden soll. Obwohl die Entwicklung von schädlichen sekundären Prozessen derart verhindert werden kann, ist es praktisch unmöglich, die Wiederholbarkeit des Verfahrens sichernde Informationen zu gewinnen, auf Grund welcher auf den Anteil des Kokes im Bad geschlossen werden könnte, und zwar mit einem akzeptierbaren Fehler.

Ziel der Erfindung

Die Erfindung hat das Ziel, ein Verfahren und eine Vorrichtung zu erarbeiten, bei denen ohne Probenahme, durch mittelbare Prüfung zuverlässige Konzentrationsdaten bei den in einem turbulenten Flüssigkeitsstrom ablaufenden heterogenen diffusionskinetischen Verwandlungsprozeß gewonnen werden können.

Darlegung des Wesens der Erfindung

Die Aufgabe der Erfindung ist es, eine technische Lösung unter Benutzung der obigen Erkenntnis zu schaffen, wobei die Kontrolle des in einem turbulenten Flüssigkeitsstrom ablaufenden heterogenen diffusionskinetischen Verwandlungsprozesses aufgrund der Analyse des den Flüssigkeitsstrom begleitenden Schalleffektes durchführbar ist. Mit anderen Worten besteht die Aufgabe in der Erarbeitung eines Verfahrens und einer Vorrichtung, bei denen die Realzeitkontrolle von verschiedenen Prozessen erwähnter Art beim Bekanntsein von Anfangswerten der Konzentration sowie der Daten der aktiven Eingriffe in die Verwandlung (zum Beispiel der Zuführung der aktiven Stoffe) gewährleistet werden kann.

Der Erfindung liegt die Erkenntnis zugrunde, daß der von im turbulenten Flüssigkeitsstrom immer vorhandenen Blasen (Dampf-, Gas- bzw. Kavitationsblasen), durch ihre Schwingung hervorgerufene Flüssigkeitsschall mit einer solchen veränderlichen spektralen Zusammensetzung kennzeichenbar ist, die mit der Größe des turbulenten Diffusionskoeffizienten — dieser ist für die Verwandlung charakteristisch — in einer eindeutigen Zusammensetzung verbleibt: erhöht sich der Wert des turbulenten Diffusionskoeffizienten D_{turb} während der im turbulenten Flüssigkeitsstrom stattfindenden Verwandlung, kann man daraus schließen, daß eine charakteristische Änderung des kontinuierlichen Spektrums des Flüssigkeitsschalls stattfindet. Das Wesen der Änderung besteht darin, daß sich im wirklich gedeckten Frequenzband das Verhältnis der zu einem unter einem Frequenzpegel und einem oberhalb dessen liegenden Frequenzbereichen zuordenbaren Energieinhalte vergrößert. Die Erkenntnis kann auch derart formuliert werden, daß sich bei der Steigerung des Wertes des turbulenten Diffusionskoeffizienten die Amplituden der Komponenten der höheren Frequenzen im Verhältnis zu denen der Komponenten der niedrigeren Werte erhöht. Das bedeutet, daß dem zeitlich veränderlichen Spektrum eine Zeitfunktion — sei es durch R/t gekennzeichnet — zugeordnet werden kann, die in einem monotonisch steigenden funktionellen Zusammenhang mit dem turbulenten Diffusionskoeffizienten verbleibt. Die Verwendung dieser Erkenntnis erleichtert die Tatsache, daß die charakteristischen aktuellen Konzentrationen bei den heterogenen diffusionskinetischen, in einem turbulenten Flüssigkeitsstrom ablaufenden Verwandlungsprozessen auf bekannte Weise, aufgrund der bekannten aktuellen Werte des turbulenten Diffusionskoeffizienten berechnet werden können. Dazu sollen die Anfangskonzentration, die Abhängigkeit der Größe der die Stelle der Verwandlung bildenden Oberfläche von der Zeit und/oder Konzentration, falls die letztere nicht ständig ist, bei der durch einen Gleichgewichtszustand kennzeichnaren Verwandlung die die Gleichgewichtskonzentration bestimmenden Daten, weiterhin die Größe der in der Geschwindigkeitgleichung der Verwandlung auftretenden Konstante, bekannt sein.

Zur Lösung der gestellten Aufgabe wurde ein Verfahren sowie eine Vorrichtung erarbeitet. Das Wesen des Verfahrens besteht darin, daß ein durch die Schwingungen von in der turbulent fließenden Flüssigkeit vorhandenen Blasen hervorgener akustischer oder vibrationeller Vorgang erfaßt wird, das erfaßte Signal nötigenfalls einer Rausch- und/oder Geräuschfiltrierung unterzogen wird, danach das erfaßte Signal in ein die spektrale Zusammenfassung der letzteren rückspiegelndes elektrisches Signal umgewandelt wird, welches als ein für den relativen Momentanwert des turbulenten Diffusionskoeffizienten der Flüssigkeit charakteristisches Meßsignal zur mittelbaren realzeitigen Kontrolle der Verwandlung benutzt wird.

Die Erfassung kann sowohl mittels eines Mikrophons, als auch eines Körperschallmessers durchgeführt werden. Die Erfassung der Vibrationen durch den Körperschallmesser ist vorteilhafter, wenn der Frequenzbereich des Flüssigkeitsschalls mit dem Band der hörbaren Töne nicht übereinstimmt und es ist notwendig, wenn sich die Flüssigkeit im Vakuum befindet, da in diesem Falle die den Schalleffekt weiterleitende Gasatmosphäre fehlt.

Das Verhältnis des Pegels der Geräusche zu dem des Signals, das die Effektivität der Erfassung bestimmt, kann künstlich durch Hervorrufung von Blasen verbessert werden. Dazu kann zum Beispiel ein kapillaraktiver Stoff oder ein fester, bei der Temperatur der Flüssigkeit verdampfender Stoff in Pulverform oder ein eingeblasenes Gas verwendet werden.

Das die spektrale Zusammensetzung rückspiegelnde Signal kann aus dem erfaßten Signal auf viele Weise gewonnen werden. Eine der als insbesondere vorteilhaft betrachteten Möglichkeiten besteht darin, daß im das erfaßte Signal bedeckenden Spektrumbereich eine Bezugsfrequenz ausgewählt wird, wodurch das Spektrum in zwei Bereiche aufgeteilt wird. Zu einem derselben und dem vollen Erfassungsbereich, oder zu beiden werden die entsprechenden effektiven Werte oder Mittelwerte bestimmt und jene miteinander geteilt. Im allgemeinen wird der auf den mit höheren als die Bezugsfrequenz bestimmte Spektrumbereich ausgewählt und der entsprechende Wert mit dem zum vollen Spektrumbereich gehörenden Wert verglichen. Der Erkenntnis nach bedeutet das sich vergrößernde Verhältnis die Vergrößerung des turbulenten Diffusionskoeffizienten D_{turb} .

In einer weiteren vorteilhaften Verwirklichung des erfindungsgemäßen Verfahrens wird das erfaßte Signal vor der Bildung des effektiven Wertes oder des Mittelwertes einer spektralen Transformation unterzogen. Die spektrale Transformation kann die Ausfiltrierung der Geräusche umfassen und ihr Wesen besteht darin, daß sie in einem oder mehreren ausgewählten Bereichen des Spektrums aus dem Spektrum entfernt (ausfiltriert) werden. Die spektrale Transformation kann auf bekannte Weise durch eine Serie von Schmalbandfiltern, einen Spektrumanalysator, eine zu einem A/D-Umwandler zugeschaltete Rechenmaschine usw. durchgeführt werden.

Das Wesen der ebenso zur Lösung der gestellten Aufgabe erarbeiteten Vorrichtung besteht darin, daß sich in einer Reihenschaltung angeordnet, eine auf akustischem Prinzip arbeitende Erfassungseinheit, einen Verstärker, eine Signalverarbeitungseinheit und eine Recheneinheit enthält, wobei die Signalverarbeitungseinheit mit einem das Ausgangssignal des Verstärkers in Spektralbereiche aufteilenden, die zu den letzteren gehörenden effektiven Werte oder Mittelwerte und deren Verhältnis bestimmenden Stromkreis versehen ist.

Die erfindungsgemäße Vorrichtung ist vorteilhaft in der Signalverarbeitungseinheit mit einem das dem Verstärker entnommene Signal in verschiedenen Spektralbereichen umformenden Stromkreis versehen.

In der Signalverarbeitungseinheit der erfindungsgemäßen Vorrichtung ist es vorteilhaft, daß zur Durchführung der Bestimmungsaufgaben Eingangsfilter, wie Schmalbandfilter oder Hochpaßfilter und Tiefpaßfilter, nötigenfalls ein oder mehr Multipliziereinheiten, einen Summator sowie je ein Glied zur Bestimmung des effektiven Wertes oder des Mittelwertes in zwei Reihenschaltungen angeordnet sind, wobei die Ausgänge der Reihenschaltungen einer Teilereinheit zugeführt sind, die als Meßsignal die Momentanwerte der Zeitfunktion R/t bestimmt. Die Multipliziereinheiten sind zur Durchführung der spektralen

Es ist zweckmäßig, die Recheneinheit mit Eingängen zur Weiterleitung von Festwerten, Eichdaten und Realzeitdaten zu versehen.

Mit Hilfe des erfindungsgemäßen Verfahrens sowie der entsprechenden Vorrichtung ist es möglich, die Kontrolle der heterogenen diffusionskinetischen Verwandlung in realer Zeit in solchen turbulent fließenden Flüssigkeiten zu führen, die der unmittelbaren Erfassung nicht zugänglich sind. Deswegen sind sie insbesondere vorteilhaft bei der Lösung von Regelungsaufgaben bei der Stahlproduktion, bei der Verfolgung des Schwefelgehaltes des Roheisens sowie zur Steuerung der Regelungstätigkeiten, Eingriffe zur Gewährleistung des Schwefelinhaltes in einem vorbestimmten Wertbereich zu verwenden.

Ausführungsbeispiel

Die Erfindung wird nachfolgend anhand von beispielsweise dargestellten Ausführungsformen und durch Darstellung eines konkreten Ausführungsbeispiels näher erläutert. Es wird dabei auf die beigelegte Zeichnung Bezug genommen. In der Zeichnung zeigen:

Fig. 1: eine mögliche Gestalt des mittels des erfindungsgemäßen Verfahrens bearbeiteten Signals;

Fig. 2: das Blockschema der erfindungsgemäßen Vorrichtung;

Fig. 3: eine vorteilhafte Ausbildung des in der Signalverarbeitungseinheit der erfindungsgemäßen Vorrichtung verwendeten Stromkreises;

Fig. 4: eine andere vorteilhafte Ausbildung des in der Signalverarbeitungseinheit der erfindungsgemäßen Vorrichtung verwendeten Stromkreises.

Es ist insbesondere vorteilhaft, das erfindungsgemäße Verfahren in der Stahlerzeugung zu verwenden. Dabei besteht eine der möglichen Aufgaben in der Bestimmung des optimalen Zeitmomentes des Gießens und dazu in der Verfolgung eines Prozesses, bei dem ein pulverisierter Legierungsstoff, in das durch Induktionsmischen in turbulenter Strömung erhaltenen Stahlbad eingeführt, aufgelöst wird. Das Gießen des Stahls in die Formen kann bei einem bestimmten, zum Beispiel 99% ausmachenden Pegel der Auflösung angefangen werden. Das Lösen bildet einen diffusionskinetischen Vorgang. Die die Strömung der Flüssigkeit begleitende Schallerscheinung wird durch einen Körperschallmesser erfaßt, der am Mantel der Deckplatte des das Stahlband enthaltenden Gefäßes befestigt wird und bis 16kHz die akustischen Schwingungen erfaßt. Aus dem durch die Messung erhaltenen Spektrum wird zuerst das Geräusch der Netzfrequenz ausgefiltert, was bedeutet, daß ein Teil des Spektrums bis zur Frequenz 100Hz dem Spektrum entnommen wird und dadurch kann der Einfluß des Stromwandlers der induktiven Mischereinheit außer Acht gelassen werden. So wird eine Funktion $y = y/x$ in einem Moment der Messung erhalten, die zum Beispiel der in Fig. 1 sichtbaren ähnlich ist, wobei y die Amplitude und x die Frequenz bedeuten. In Fig. 1 ist $f = 100\text{Hz}$ die untere Frequenzgrenze der Bewertung des Spektrums, $F = 16\text{kHz}$ die obere Frequenzgrenze derselben und $H = 5\text{kHz}$ die Bezugsfrequenz. Die letztere bestimmt im Spektrum zwei Teilbereiche T_1 und T_2 mit zeitlich veränderlichen effektiven Werten. Das Wesen des Verfahrens besteht darin, daß die zu nacheinander folgenden Zeitpunkten t_i gehörenden Funktionen $y = y/x$, t_i analysiert werden, und aufgrund der Veränderungen auf den Vorgang des Prozesses geschlossen wird. Bei der Analyse können zum Beispiel die folgenden effektiven Werte in Betracht gezogen werden: der zum Teilbereich T_1 von 100Hz bis zu 5kHz gehörende effektive Wert I_1 und der zum vollen analysierten Spektrumbereich von 100Hz bis 16kHz gehörende effektive Wert I_2 . Als Meßsignal wird das Verhältnis I_1/I_2 verwendet, dessen zeitlich veränderliche Werte die Zeitfunktion R/t bestimmen. Aufgrund der vorher durch Messungen bestimmten Übergangsfunktion des turbulenten Diffusionskoeffizienten D_{turb} und der Zeitfunktion R/t können die Momentanwerte des turbulenten Diffusionskoeffizienten D_{turb} bestimmt werden. Die erwähnten Momentanwerte, der Zeitpunkt der Einführung des Legierungsstoffes sowie die eingeführte Menge des Stoffes bilden die Grunddaten, woraus die für den Vorgang der Auflösung charakteristischen Konzentrationswerte bestimmt werden können.

Eine andere Möglichkeit besteht in der Bestimmung der Momentanwerte der Zeitfunktion R/t aufgrund eines Verhältnisses I_3/I_2 , wobei I_2 den oben erwähnten effektiven oder Mittelwert bedeutet und der effektive Wert oder Mittelwert I_3 mittels einer Funktion y/x , $t/ \cdot z/x$ bestimmt wurde, wobei z/x eine entsprechende spektrumformierende Funktion ist.

Als z/x kann unter anderem eine monotonisch steigende Funktion des Veränderlichen x ausgewählt werden, zum Beispiel das Tausendfache des ganzen Teiles des Verhältnisses $x/1000$.

Diese Operation ist in Wirklichkeit eine Transformation des Spektrums. Mit Hilfe dieser Funktion kann der Einfluß der Amplituden der unter 1000Hz liegenden Schwingungen ausgesiebt und der Einfluß der höheren Frequenzen intensiviert in Betracht gezogen werden.

Bei der Verwirklichung des erfindungsgemäßen Verfahrens kann die Intensität der akustischen Erscheinung vorteilhaft vergrößert werden, falls der turbulente Strom der Flüssigkeit einer Einwirkung untergebracht wird, wodurch Blasen hervorgerufen werden. Zu diesem Zweck kann ein fester pulverförmiger Stoff von mit der Temperatur der Flüssigkeit gleichem Siedepunkt, ein oberflächenaktiver Stoff eingeführt oder ein Gas eingeblasen werden, wobei die eingebrachten Stoffe den zu kontrollierenden Prozeß nicht ungünstig beeinflussen dürfen.

Die erfindungsgemäße Vorrichtung (Fig. 2) sichert die realzeitige Kontrolle von in einem turbulenten Strom einer Flüssigkeit ablaufenden heterogenen diffusionskinetischen Verwandlungsprozessen, und dient auch zur Verwirklichung des oben dargestellten Verfahrens. Die Vorrichtung enthält in einer Reihenschaltung eine auf akustischem Prinzip arbeitende Erfassungseinheit 1 zur Verfolgung der im turbulenten Strom der Flüssigkeit ablaufenden akustischen Erscheinung, einen Verstärker 2, eine das verstärkte Signal empfangende Signalverarbeitungseinheit 3 und eine aufgrund des verarbeiteten Signals ein Ausgangssignal herstellende Recheneinheit 4. Die Recheneinheit 4 weist vorteilhaft Eingänge 11, 12, 13 auf, wodurch für den Prozeß charakteristische Festwerte, Eichwerte sowie Realzeitdaten eingeführt werden können.

Die Signalverarbeitungseinheit 3 und die Recheneinheit 4 der erfindungsgemäßen Vorrichtung können auch als entsprechend programmierte Rechenmaschine ausgebildet werden, wobei das Ausgangssignal der Recheneinheit 4 weiteren Vorrichtungen zur Steuerung oder Regelung des Prozesses zugeführt wird, wodurch der zu kontrollierende Prozeß, z. B. durch Zugabe bestimmter Stoffe, Vergrößerung der Intensität der Mischung usw. beeinflusst werden kann.

Die Signalverarbeitungseinheit 3 weist einen Stromkreis auf, der das Ausgangssignal des Verstärkers 2 wunschgemäß umformen kann und dadurch die verschiedenen Informationen über den zu kontrollierenden Prozeß gewährleistet. Einige Möglichkeiten der zweckmäßigen Ausbildung dieses Stromkreises sind die folgenden:

Das Ausgangssignal des mit der Erfassungseinheit 1 verbundenen Verstärkers 2 wird mehreren Schmalbandfiltern 6 (Fig. 3), über einem Hochpaßfilter 15 und einem Tiefpaßfilter 14 (Fig. 4) zugeführt. Die Ausgänge der Filter sind unmittelbar (Fig. 4) oder durch Multipliziereinheiten 7 (Fig. 3) Summatoren 8 zugeschaltet und dadurch Gliedern 9 zur Bestimmung des effektiven Wertes oder des Mittelwertes zugeführt. Die Ausgänge der letzteren sind mit einer analogen oder digitalen Teilereinheit 10 verbunden. Das Ausgangssignal der Signalverarbeitungseinheit ist das Signal der Teilereinheit 10, das als Meßsignal die Momentanwerte der Zeitfunktion $R/t/$ darstellt.

Mit Hilfe der Schmalbandfilter 6 kann nötigenfalls auch die Aussiebung der Geräusche gesichert werden, was als eine Operation der Transformation des Spektrums gilt.

Die Erfassungseinheit 1 der erfindungsgemäßen Vorrichtung ist im allgemeinen als Mikrophon oder Körperschallmesser ausgebildet, dessen Ausgangssignal durch die Signalverarbeitungseinheit 3 umgewandelt wird, woraus die Recheneinheit das zur Anzeige oder zur Einschaltung der Eingriffseinheiten notwendige Signal erzeugen kann.

Die Erfindung wird des weiteren anhand eines mehr konkreten Verwirklichungsbeispiels näher erläutert.

Beispiel

Die Aufgabe besteht in der Entschwefelung von 64 Tonnen Stahl in einem Bad. Zu diesem Zweck wird ein pulverförmiger aktiver Stoff im Strom eines neutralen Trärgases durch eine ins Bad eingetauchte Lanze eingeblasen.

Der geschmolzene Stahl verbleibt in turbulenter Strömung und in jener sind nicht nur Kavitationsblasen, sondern auch die Blasen des Trärgases vorhanden. Die heterogene diffusionskinetische Verwandlung bildet eine Reaktion, die auf der Oberfläche von dispergierten Teilen stattfindet, welche Teile als Ergebnis der zwischen dem eingeführten aktiven Stoff und dem geschmolzenen Stahl ablaufenden Reaktionen entstehen. Während der Oberflächenreaktion verläßt der Schwefel den Stahl des Bades und tritt in die dispergierten Teile ein. Die dispergierten Teile verlassen das Stahlbad nach bestimmter Zeit, wobei ihre Oberflächengröße praktisch von der Anwesenheit des Schwefels (dem Schwefelinhalt) unabhängig ist.

Zur Erzeugung des Meßsignals, d. h. eines die Momentanwerte der Zeitfunktion $R/t/$ repräsentierenden Signals, wird ein richtungsempfindliches Mikrophon verwendet, dessen verstärktes Signal zu einem Hochpaßfilter 14 mit Bandgrenze 7 kHz und einem anderen Hochpaßfilter mit unterer Durchlassungsgrenze 100 Hz gegeben wird. Das letztere sichert die Aussiebung der Geräusche niedriger Frequenz, deren Quelle der in der Nähe arbeitende Stromumwandler ist. Die Geräusche weisen die maximale Amplitude bei der Frequenz 50 Hz auf. Die Ausgänge der Filter sind unmittelbar je einem Glied 9 zur Bestimmung des effektiven Wertes zugeführt, und die Glieder 9 sind mit einer analogen Teilereinheit 10 verbunden. Derart werden elektrische Signale proportional zu den Energieeinheiten des in Fig. 1 durch T_2 gezeichneten und des vollen Spektrumbereiches erzeugt, deren Verhältnis das Meßsignal, d. h. die Zeitfunktion $R/t/$ bestimmt.

Zwecks Vorbereitung der Kontrolle wurde der Prozeß der Entschwefelung mehrmals verfolgt, und zwar zwecks Bestimmung der Übergangsfunktion zwischen der Zeitfunktion $R/T/$ und dem turbulenten Diffusionskoeffizienten unter Verwendung der erfindungsgemäßen Vorrichtung. Der Schwefelinhalt des Stahls wird durch flammenphotometrische Messungen auf der Grundlage von vor und nach der Behandlung entnommenen (in der Hütte vor dem Gießen und aus dem Stahlbad vor dem Ausgießen in die Formen entnommenen) Proben bestimmt. Aus den notierten Werten der Zeitfunktion $R/t/$ sowie den Daten der Analyse konnte es durch Rechnen festgestellt werden, daß die kinetische Gleichung der aktuellen Schwefelkonzentration $S/t/$ bei den Werten $R/t/$ zwischen 0,05 und 0,80 die folgende konkrete Gestalt aufnimmt:

$$\frac{dS/t/}{dt} = -0,89 \frac{R/t/}{S/t/ - E/t/}$$

Hier bedeutet $E/t/$ die Schwefelkonzentration im Gleichgewichtszustand, wozu aus theoretischen Gründen die Gleichung

$$E/t/ = \frac{S_0}{1 + 0,0225 \, m/t/}$$

angegeben werden kann, wobei S_0 den Schwefelinhalt vor der Behandlung (dem Gießen in der Hütte) und $m/t/$ die Menge des bis zum Moment t der Behandlung eingeblasenen und durch elektronisches Wägen bestimmten aktiven Stoffes bedeuten.

Die Kontrolle des Prozesses in realer Zeit wird derart vorgenommen, daß die die Zeitfunktion $R/t/$ rückspiegelnden Meßsignale der erfindungsgemäßen Vorrichtung und die Meßsignale der elektronischen Waageeinrichtung einem Minikomputer zugeführt werden, der aufgrund der konkreten kinetischen Gleichung nach Einspeisung des Wertes S_0 in kurzen Zeitabständen die Werte der aktuellen Schwefelkonzentration $S/t/$ berechnet und anzeigt. Zwischen der Entnahme der zur Bestimmung des Schwefelinhaltes S_0 notwendigen Probe und dem Anfang der Behandlung soll eine Zeitdauer etwa 20 bis 30 Minuten gesichert werden, in welcher der Schwefelinhalt bestimmbar ist. Der zu kontrollierende Prozeß selbst dauert 3 bis 10 Minuten, in Abhängigkeit von der Geschwindigkeit der Erreichung des erwünschten Schwefelgehaltes.

Die Kontrolle bezweckt einerseits die Vermeidung von Abfallprodukten wegen des zu hohen Schwefelinhaltes, andererseits die Verhinderung der Auflösung des Stickstoffes aus der Umgebung anstelle des entfernten Schwefels und die Vermeidung der Verwendung von zu hohen Mengen des aktiven Stoffes. (Der Stickstoff kann den Schwefel in dem Stahl ersetzen, falls im Stahlbad die Menge des letzteren zu niedrig ist.)

Nach den Kontrollprüfungen, wie oben dargestellt, konnte festgestellt werden, daß die durch die Vorrichtung angezeigten Konzentrationswerte, unter Berücksichtigung des Toleranzbereiches, mit den durch flammenphotometrische Analyse gemessenen Werten übereinstimmen. Die Übereinstimmung konnte im Falle von 21 durchgeprüften Kontrollen bestätigt werden.

Die erfindungsgemäße Vorrichtung und das jener grundlegende Verfahren bilden relativ einfache Maßnahmen zur genauen Realzeitkontrolle von geprüften Prozessen erwähnter Art, wobei keine Probenahme notwendig ist. Ein spezieller Vorteil ist darin zu sehen, daß bei bestimmten Bedingungen (bei der Erfüllung der sog. Reynolds-Analogie) der Wert des turbulenten Diffusionskoeffizienten als Grund zur Berechnung des turbulenten Viskositätskoeffizienten und der turbulenten Wärmeleitfähigkeitszahl dienen kann.

Obwohl zur Erreichung der zuverlässigen Meßergebnisse die Kontrollmessungen und Berechnungen notwendig sind, der Vorgang auch während der Prüfungen untersucht werden soll, gewährleisten das vorgeschlagene Verfahren und die entsprechende Vorrichtung auf zuverlässige Weise Daten, die bei den Realzeitkontrollen notwendig sind. Derart wurde eine Lösung einer zur Zeit nicht gelösten Aufgabe erarbeitet.

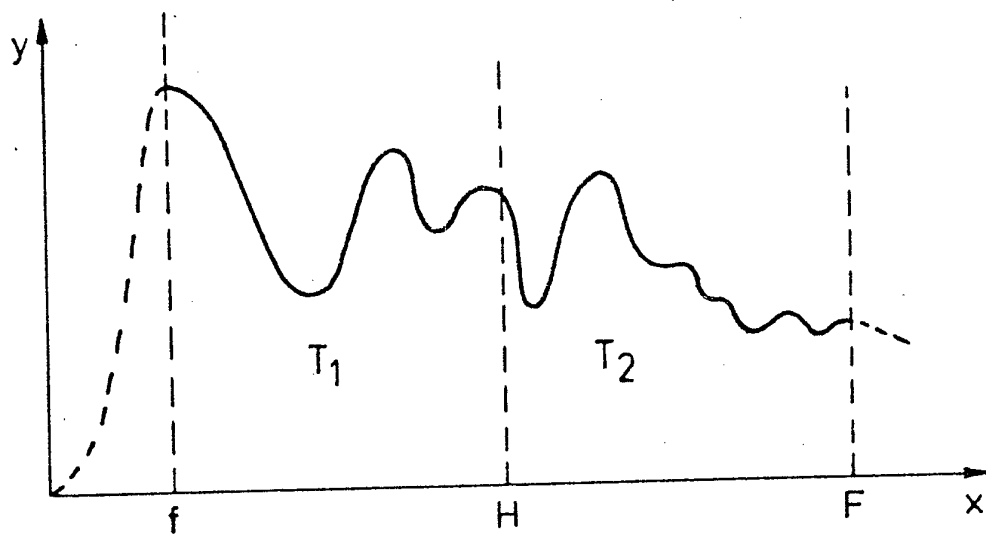


Fig.1

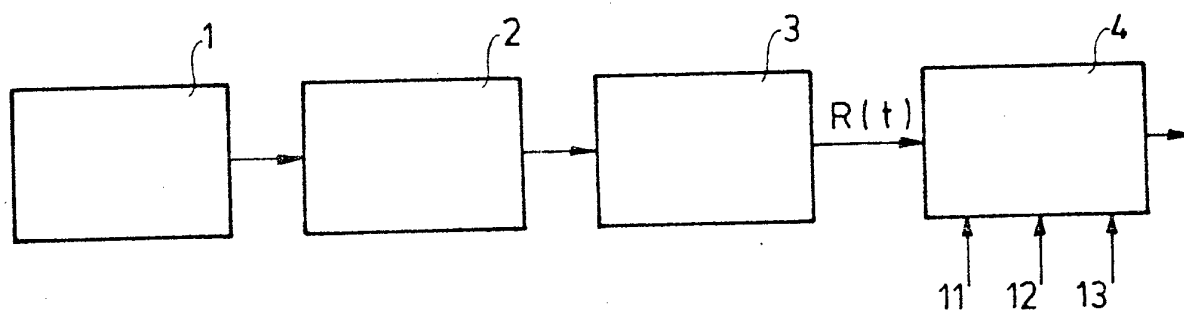


Fig.2

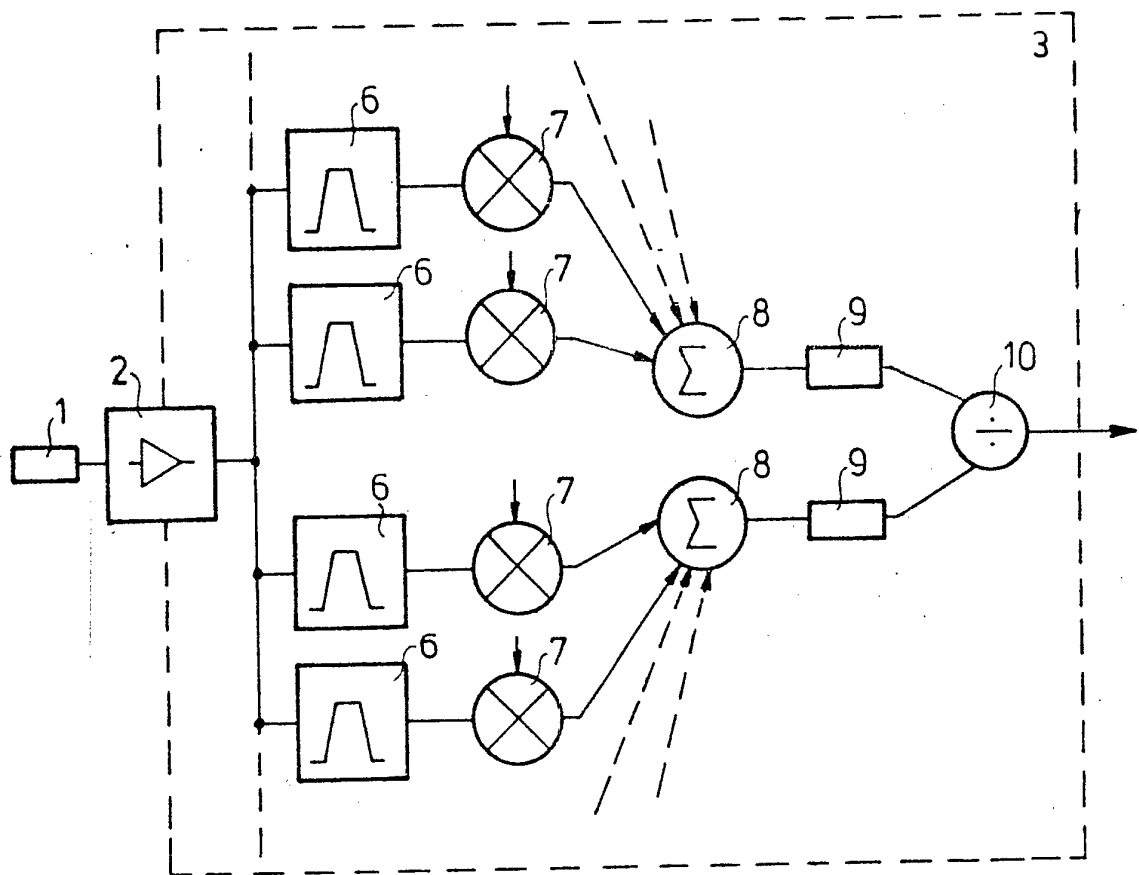


Fig. 3

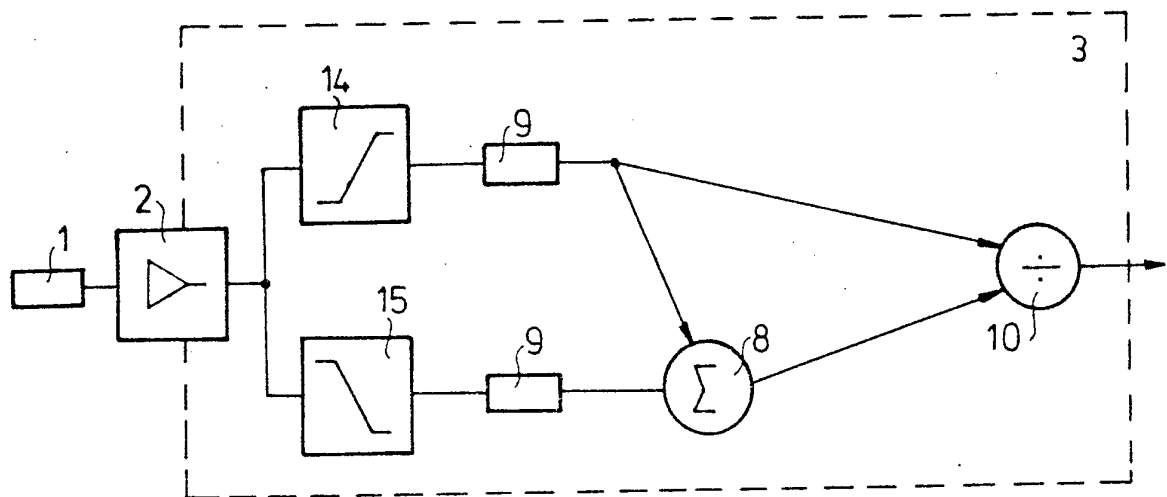


Fig. 4