



СОЮЗ СОВЕТСКИХ СОЦИАЛИСТИЧЕСКИХ РЕСПУБЛИК
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СССР
ПО ДЕЛАМ ИЗОБРЕТЕНИЙ И ОТКРЫТИЙ

СВИДЕТЕЛЬСТВО

№ 702284

На основании полномочий, предоставленных Правительством СССР,
Государственный комитет СССР по делам изобретений и открытий
выдал настоящее свидетельство на изобретение:

"Способ измерения содержания металлического компонента
во влажных мелкодисперсных материалах"

Заявитель:

ЛЕНИНГРАДСКИЙ ОРДЕНА ЛЕНИНА, ОРДЕНА ОКТЯБРЬСКОЙ
РЕВОЛЮЦИИ И ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ ГОРНЫЙ
ИНСТИТУТ ИМ. Г. В. ПЛЕХАНОВА

Автор (авторы):

Галушкин Сергей Сергеевич, Дейч Владимир
Генрихович, Кричевский Евгений Самойлович и Шипулин
Александр Владимирович

Заявка №
2503439

Приоритет изобретения

5 июля 1977г.

Зарегистрировано в Государственном реестре
изобретений Союза ССР

14 августа 1979г.

Председатель Комитета

Начальник отдела

Союз Советских
Социалистических
Республик



Государственный комитет
СССР
по делам изобретений
и открытий

О П И С А Н И Е ИЗОБРЕТЕНИЯ

К АВТОРСКОМУ СВИДЕТЕЛЬСТВУ

(11) 702284

(61) Дополнительное к авт. свид-ву —

(22) Заявлено 05.07.77 (21) 2503439/18-25, (51) М. Кл.²

с присоединением заявки № —

G 01 N 25/18

(23) Приоритет —

Опубликовано 05.12.79. Бюллетень № 45

(53) УДК 536.2
(088.8)

Дата опубликования описания 10.12.79

(72) Авторы
изобретения

С. С. Галушкин, В. Г. Дейч, Е. С. Кричевский и А. В. Шипулин

(71) Заявитель

Ленинградский ордена Ленина, ордена Октябрьской Революции
и ордена Трудового Красного Знамени горный институт
им. Г. В. Плеханова

(54) СПОСОБ ИЗМЕРЕНИЯ СОДЕРЖАНИЯ МЕТАЛЛИЧЕСКОЙ КОМПАНЕНТЫ ВО ВЛАЖНЫХ МЕЛКОДИСПЕРСНЫХ МАТЕРИАЛАХ

1

Изобретение относится к области измерительной техники и может быть использовано в обогащательной промышленности для измерения содержания металлических включений в концентратах и кеках металлосодержащих руд, в порошковой металлургии и других отраслях народного хозяйства.

Известны способы измерения содержания, состава, качества материала по его теплопроводности или измерение самой теплопроводности [1].

В этом способе необходимо иметь эталонную среду с известным коэффициентом теплопроводности, что является существенным недостатком, так как наличие эталонной среды в любом случае реализацию вышеперечисленных способов делает не пригодной для поточных измерений непосредственно в производственных условиях. Кроме того, при наличии влаги в испытуемых средах возникают значительные погрешности, так как теплопровод-

2

ность является одновременно функцией и содержания, и влажности.

Ближайшим техническим решением является способ определения коэффициента теплопроводности, а, следовательно, и содержания металлической компоненты в однородной неметаллической среде, с помощью плоского теплового зонда постоянной мощности. В основу способа положены закономерности развития одномерного температурного поля в полуграниченном теле при нагревании его постоянным тепловым потоком. При этом производится запись избыточной температуры нагревателя в функции от корня квадратного текущего времени. Одновременно с этим производится запись избыточной температуры материала в точке, состоящей от нагревателя на определенном расстоянии, также в функции от корня квадратного текущего времени. После чего через определенный отрезок времени, соответствующий выходу в регулярный режим нагрева, производят расчетным путем опре-

деление коэффициента теплопроводности. В завершении по имеющемуся коэффициенту теплопроводности судят о качественных параметрах среды [2].

Однако, известный способ обладает недостатками.

Во-первых, коэффициент теплопроводности зависит не только от состава вещества, но и от его влажности и температуры. Поэтому меняющаяся влажность и температура материала приводят к значительным погрешностям при измерении контролируемого параметра.

Во-вторых, в известном способе необходимо производить измерение температуры в двух точках, одна из которых расположена в плоскости нагрева, а вторая — внутри измеряемого материала, отстоящая от плоскости нагрева на строго заданном расстоянии, что значительно усложняет способ, делая его неприемлемым для технологических измерений.

В-третьих, этот способ требует значительных расчетных операций, что затрудняет его автоматизацию.

В-четвертых, выходная величина является функцией корня квадратного от времени измерения, что также является существенным недостатком способа.

Цель предлагаемого изобретения — снижение погрешности измерений и упрощение процесса измерения.

Для этого пробу влажного материала сжимают до постоянной плотности, которую определяют по заполняемости всего объема пор материала влагой, измеряют его начальную температуру, затем в плоскости сжатия осуществляют нагрев материала и производят измерение его текущей температуры, а затем через фиксированный отрезок времени определяют величину контролируемого параметра по соотношению:

$$\lambda = \frac{WR}{S \left[T_1(\tau) - T_0 - \frac{\partial T_1}{\partial \tau} \tau \right]}, \quad (1)$$

где T_1 и τ — текущие температура материала и время;

T_0 — начальная температура материала;

W — мощность плоского нагревателя;

R — толщина слоя материала;

S — площадь плоского нагревателя.

Предлагаемый способ позволяет исключить влияние переменной влажности и начальной температуры контролируемой среды. Это достигается уплотнением пробы влажного материала до такой степени, чтобы все поры заполнились влагой. Кроме того, предлагаемый способ проще, чем известные до сего времени способы. Это дает возможность использовать его в устройствах, пригодных для поточных измерений. Последнее свойство получено за счет того, что согласно предлагаемому способу не требуется наличия эталонной среды с напередзаданным коэффициентом теплопроводности, а также измерение текущей температуры материала осуществляется только в плоскости нагрева. Отсутствие операции измерения температуры внутри материала в точке удаленной от плоскости нагрева на строго определенном расстоянии, значительно упрощает предлагаемый способ, и кроме того, снижает погрешность измерений. В предлагаемом способе процесс измерения производится в реальном масштабе времени.

На фиг. 1 приведен график измерения избыточной температуры материала в плоскости нагрева; на фиг. 2 дана блок-схема устройства, реализующего предлагаемый способ.

Испытуемый материал помещается в кювету с адиабатически изолированным дном (фиг. 1). В этом случае будет выполняться следующее условие. Отношение приращения температуры к приращению толщины слоя пробы на уровне дна кюветы

$$\frac{\partial T}{\partial x} \Big|_{x=R} = 0.$$

При этом необходимо, чтобы толщина слоя пробы R была много меньше диаметра кюветы d , т.е. $R \ll d$.

На материал, который имеет начальную температуру T_0 , ставится датчик с теплоизолированной от окружающей среды верхней плоскостью. Дном датчика является плоский нагреватель, питаемый от источника постоянной мощности, т.е.

$W = \text{const}$. Затем проба сдавливается датчиком до такой плотности, при которой все поры заполняются водой. Причем сила давления должна быть постоянной и достаточной для выполнения вышеупомянутого условия во всем диапазоне влажностей контролируемого материала. При этом величина ее определяется на пробе минимальной влажности по моменту начала отжатия влаги из пробы. В случае

больших и
вается че
ты и кор
образом,
ния объем
стоянкой.

После
ник посто
гревател
пература
вания. На
температу
= $f(\tau)$ пр
гулярный
регулярн

В рег;
асимитот
NN с уг
которая п
ке

где λ —

C_M —
 C —

Выпол
чить вып
многоуго
измерени
ким обра
нагрева

В этом с
ние для
 $A = MK$

Учить
твердого
рошков)
ти воды,
все врем
можно п
ента теп
независи
мой сред
функция

больших влажностей излишек воды выливается через зазор между стенками кюветы и корпусом датчика (фиг. 2). Таким образом, в любом случае после уплотнения объемная влажность пробы будет постоянной.

После уплотнения подключается источник постоянной мощности к плоскому нагревателю и измеряется избыточная температура материала в плоскости сдавливания. На графике изменения избыточной температуры материала во времени $T_1 = f(\tau)$ прослеживаются два участка: нерегулярный режим — участок кривой АБ; регулярный режим — участок кривой ВС.

В регулярном режиме кривая $T_1 = f(\tau)$ асимптотически приближается к прямой NN с угловым коэффициентом $\frac{W}{C_M + C}$, которая пересекает ось координат в точке

$$T_0 + \frac{WR}{\lambda\rho(1+\epsilon)^2},$$

где λ — коэффициент теплопроводности пробы материала;

C_M — теплоемкость пробы материала;

C — полная теплоемкость нагревателя;

$$\epsilon = \frac{C}{C_M}.$$

Выполнив условие $C \ll C_M$, можно получить выражение для отрезка NN решением многоугольника ОАМК. При этом время измерения $\tau_{изм}$ (точка К) выбирают таким образом, чтобы в регулярном режиме нагрева (точка М) выполнялось условие:

$$\frac{W}{C_M + C} \approx \frac{\partial T_1}{\partial \tau}.$$

В этом случае можно получить выражение для отрезка:

$$A = MK - MM_1 - KK, \text{ т.е.}$$

$$\frac{WR}{\lambda\rho} = T_1(\tau_{изм})$$

Учитывая тот факт, что теплоемкость твердого материала (металлических порошков) значительно меньше теплоемкости воды, а объемная влажность пробы все время постоянна, из выражения 2 можно получить выражение для коэффициента теплопроводности (выражение 1), независимо от теплоемкости контролируемой среды. Следовательно, λ — есть функция только процентного содержания

металлической компоненты в пробе. Выражение (1) может быть легко реализовано с помощью известных в счетно-решающей технике элементов.

Устройство, реализующее данный способ, состоит из кюветы 1, в которую помещена проба контролируемого материала. На пробу установлен датчик 2, состоящий из корпуса 3, плоского нагревателя (зонда) 4 и термочувствительного элемента 5. Термочувствительный элемент 5 включен на вход блока 6 измерения текущей температуры, а также через нормально закрытый контакт переключающего устройства 7, на вход блока 8 измерения начальной температуры материала. Нагревательный элемент 4 через нормально открытый контакт устройства 7 подсоединен к выходной цепи источника 9 постоянной мощности.

Выход блока 8 коммутирован с первым инвертирующим входом сумматора 10, неинвертирующий вход которого связан с выходом блока 6. В тоже время выход блока 6 заведен на вход дифференцирующего блока 11, выход которого коммутирован с первым входом множительного устройства 12. Второй вход устройства 12 задействован на выход блока 13 текущего времени, вход которого через нормально открытый контакт устройства 7 заведен на клемму "пуск".

Выход устройства 12 связан со вторым инвертирующим входом сумматора 10, выход которого связан со входом блока 14 деления. Выход блока 14 заведен на первый вход блока 15 регистрации, второй вход которого подключен ко второму выходу блока 13 времени.

Устройство работает следующим образом.

В кювету 1 засыпается влажная контролируемая среда, затем сверху устанавливается датчик 2, с помощью которого проба уплотняется с постоянным усилием до момента заполнения всех пор влагой. Излишняя влага при этом выдавливается наружу по зазору между стенками кюветы 1 и корпусом 3 датчика 2. После этого с помощью термочувствительного элемента 5 производится измерение начальной температуры материала и запоминание этого значения блоком 8. Кроме того, сигнал о температуре материала проходит от элемента 5 к блоку 6. Затем переключающее устройство 7 переводится в другое состояние, в результате чего команда пуск проходит в блок 13 време-

ни, выдающий сигнал пропорциональный
текущему времени в множителе уст-
ройство 12. Одновременно с этим с по-
мощью нормально открытого контакта
устройства 7 к плоскому нагревателю 4
подается питание от источника 9 посто-
янной мощности и с помощью нормально
закрытого контакта устройства 7 отклю-
чается вход блока 8 от элемента 5.
Температура нагревательного элемента 4, 10
а, следовательно, и температура гранич-
ного с ним слоя материала изменяется
во времени. Сигнал, пропорциональный
текущей температуре, вырабатывается в
блоке 6, одновременно подаваясь на диф-
ференцирующий блок 11 и на неинвертиру-
ющий вход суммирующего блока 10. С
выхода блока 11 снимается сигнал, про-
порциональный производной от текущей
температуры T_1 , и поступает в множи-
тельное устройство 12, где умножается
на сигнал, пропорциональный текущему
времени. Сигнал с устройства 12 пода-
ется на инвертирующий вход блока 10,
на второй инвертирующий вход которого
поступает сигнал, пропорциональный запол-
ненному значению начальной температуры
материала с блока 8. В блоке 10 произ-
водится вычитание сигнала с устройства
12 и сигнала с блока 8 из сигнала с
блока 6. Выходной сигнал с блока 10
подается на блок 14 деления. В блоке
14 происходит деление постоянной вели-
чины, равной произведению мощности ис-
точника нагрева и толщины слоя материа-
ла в кювете, деленных на площадь нагре-
вательного элемента, на выражение, реа-
лизуемое блоком 10. Результирующий
сигнал с блока 14 подается на блок 15
регистрации. Однако, регистрация выход-
ной величины в блок 15 осуществляется
через строго постоянный отрезок време-
ни $\Delta\tau$ с момента включения нагрева, ко-
торый задается с помощью реле времени,
помещенного в блоке 13 времени. Сигнал,
разрешающий регистрацию в блок 15,
поступает на его второй вход со второго
выхода блока 13.

Таким образом, в блоке 15 через от-
резок времени $\Delta\tau$, соответствующий
выходу на регулярный режим нагрева (во
всем измеряемом диапазоне контролиру-
емого параметра), происходит фиксация
искомого параметра, отображаемого левой
частью выражения (1). Выдержка време-

ни конкретно для каждого материала вы-
бирается экспериментально.

Использование предлагаемого способа
позволит вести технологические процессы
на предприятиях по производству метал-
лических порошковых материалов в более
оптимальных режимах за счет получения
экспрессной и более достоверной информа-
ции о содержании выпускаемой продукции.
При этом повышается качество продукции.

Ф о р м у л а и з о б р е т е н и я

Способ измерения содержания метал-
лической компоненты во влажных мелко-
дисперсных материалах, основанный на
нестационарном методе определения теп-
лопроводности в регулярном режиме с по-
мощью плоского теплового зонда постоян-
ной мощности, отличающийся тем, что, с целью снижения погрешности
измерений и упрощения процесса, пробу
влажного материала сжимают до постоян-
ной плотности, которую определяют по за-
полняемости всего объема пор материала
влагой, измеряют его начальную темпе-
ратуру, затем в плоскости сжатия осу-
ществляют нагрев материала и производят
измерение его текущей температуры, а
затем через фиксированный отрезок вре-
мени определяют величину контролируемо-
го параметра по соотношению:

$$\lambda = \frac{WR}{\rho [T_1(\tau) - T_0 - \frac{\partial T_1}{\partial \tau} \tau]}$$

где T_1 и τ — текущие температура ма-
териала и время, соответ-
ственно;

T_0 — начальная температура
материала;

W — мощность плоского на-
гревателя;

R — толщина слоя материала;

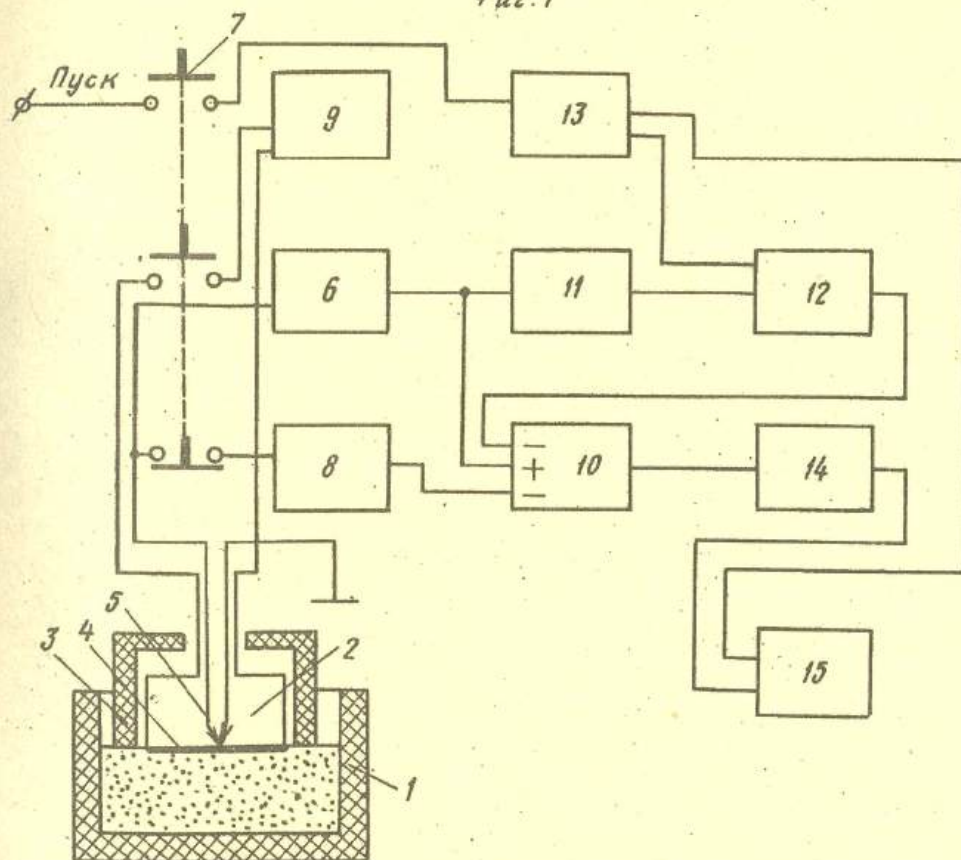
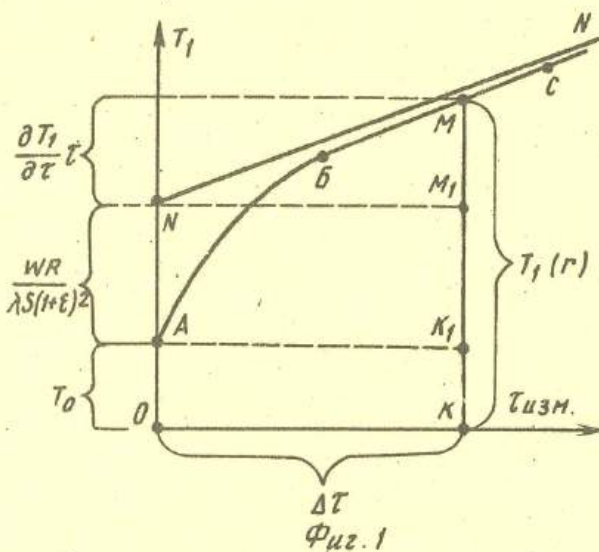
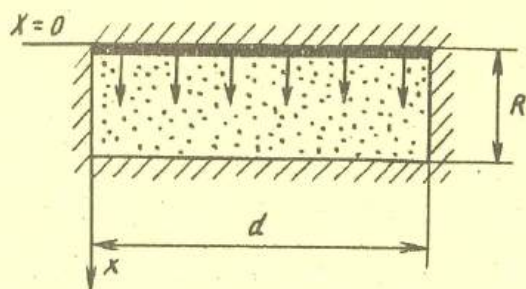
S — площадь плоского нагре-
вателя.

Источники информации,

принятые во внимание при экспертизе

1. Авторское свидетельство СССР
№ 542945, кл. G 01 N 25/18, 1977.

2. Методы определения теплопровод-
ности и температуропроводности. Под
ред. А. В. Лыкова, М., "Энергия", 1973,
с. 4-6.



Фиг. 2