



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ,
ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21), (22) Заявка: 2007134312/28, 17.09.2007

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
17.09.2007

(45) Опубликовано: 27.01.2009 Бюл. № 3

(56) Список документов, цитированных в отчете о
поиске: . SU 277381 A1, 01.01.1970. RU 2290687
C1, 27.12.2006. RU 2274859 C1, 20.04.2006. US
6301967 A1, 16.10.2001.Адрес для переписки:
620078, г.Екатеринбург, ул. Фонвизина, 9,
кв.92, В.Г. Мазуренко

(72) Автор(ы):

Конев Сергей Федорович (RU),
Мазуренко Владимир Гаврилович (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
"Уральский государственный технический
университет - УПИ имени первого Президента
России Б.Н. Ельцина" (RU)(54) СПОСОБ ОПРЕДЕЛЕНИЯ НЕОДНОРОДНОСТИ МЕТАЛЛА И УСТРОЙСТВО ДЛЯ ЕГО
ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ (ВАРИАНТЫ)

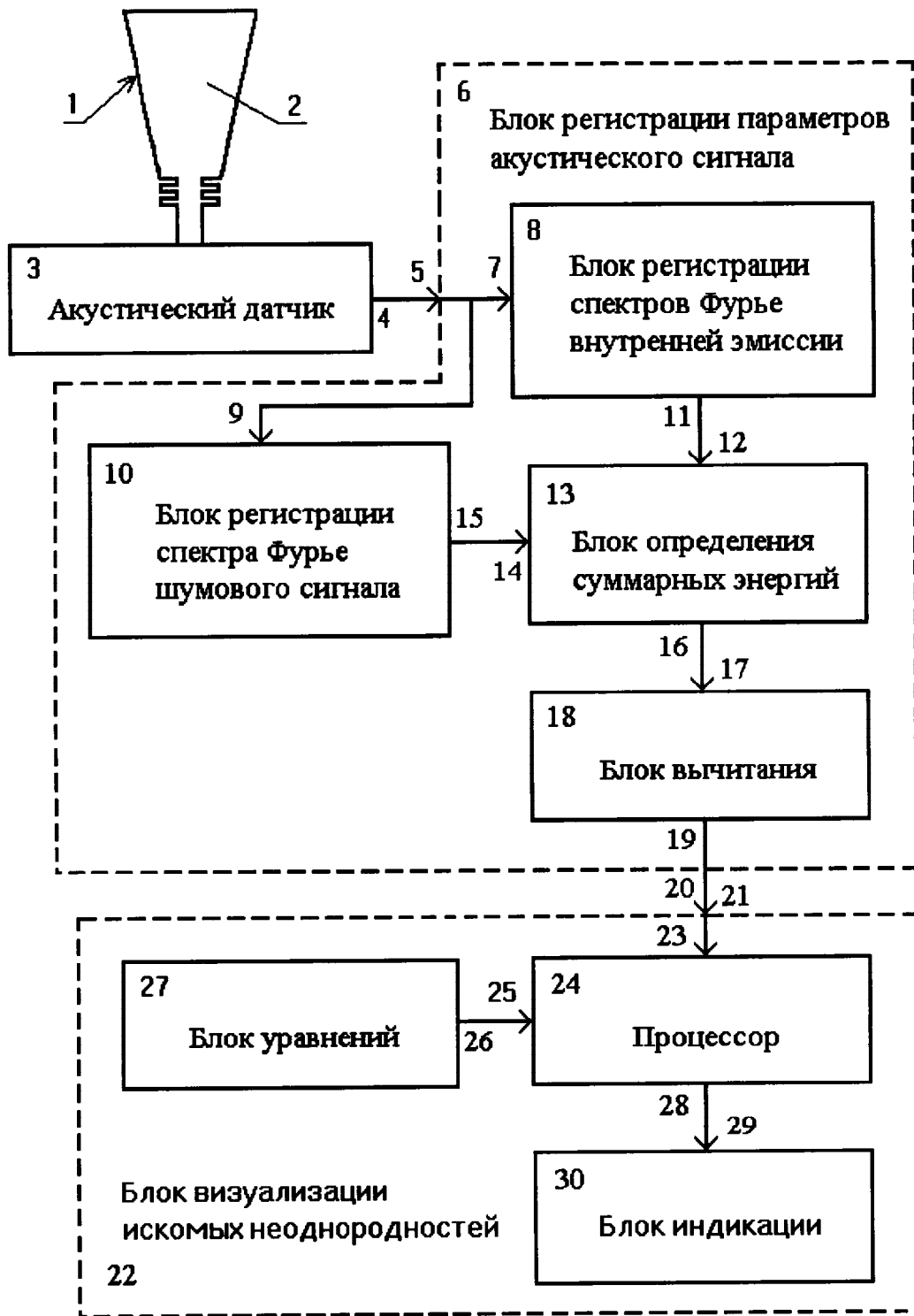
(57) Реферат:

Изобретение относится к области металлургии и предназначено для анализа состава металлов. Способ определения неоднородности металла и устройство для его осуществления (варианты) предназначены для экспрессного определения содержания газообразных и твердых примесей в расплавах металлов и сплавов. Способ включает регистрацию параметров внутренней акустической эмиссии кристаллизующегося расплава металла. Причем перед заливкой расплава металла регистрируют спектр Фурье шумовой акустической эмиссии включенного измерительного блока, затем регистрируют спектры Фурье в нескольких диапазонах частот внутренней акустической

эмиссии кристаллизующегося металла, определяют значения суммарной энергии гармоник полученных спектров Фурье и определяют уточненное значение суммарной энергии гармоник спектра Фурье для каждого диапазона частот внутренней акустической эмиссии, освобожденное от влияния энергии шумового сигнала. В качестве параметра, характеризующего неоднородности металла, используют полученный набор уточненных значений суммарных энергий. Технический результат - повышение точности определения газообразных включений и обеспечение измерения содержания и размеров твердых включений. 3 н. и 2 з.п. ф-лы, 1 ил., 3 табл.

RU 2 345 355 C1

RU 2 345 355 C1





FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY,
PATENTS AND TRADEMARKS

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(21), (22) Application: **2007134312/28, 17.09.2007**

(24) Effective date for property rights: **17.09.2007**

(45) Date of publication: **27.01.2009 Bull. 3**

Mail address:
**620078, g.Ekaterinburg, ul. Fonvizina, 9,
kv.92, V.G. Mazurenko**

(72) Inventor(s):
**Konev Sergej Fedorovich (RU),
Mazurenko Vladimir Gavrilovich (RU)**

(73) Proprietor(s):
**Gosudarstvennoe obrazovatel'noe uchrezhdenie
vysshego professional'nogo obrazovaniya
"Ural'skij gosudarstvennyj tekhnicheskij
universitet - UPI imeni pervogo Prezidenta
Rossii B.N. El'tsina" (RU)**

(54) **METHOD OF DETERMINATION OF HETEROGENEITY OF METAL AND DEVICE FOR ITS REALISATION (VERSIONS)**

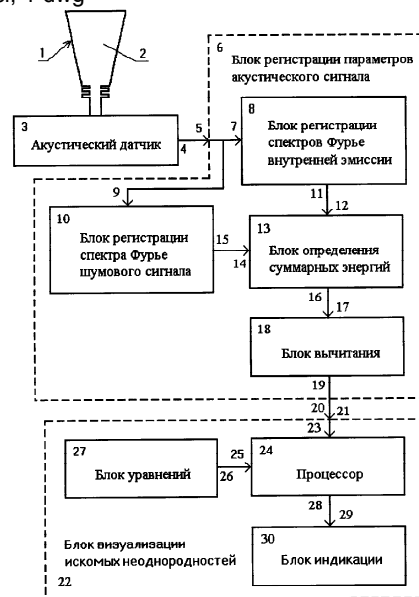
(57) Abstract:

FIELD: physics, measuring.

SUBSTANCE: invention concerns field of metallurgy and is intended for the analysis of a composition of metals. The expedient of definition of heterogeneity of metal and the device for its realisation (versions) are intended for express definition of the content of gaseous and firm impurities in melts of metals and alloys. Method includes recording of parametres of an interior acoustic emission of a crystallising melt of metal. And, before pouring of a melt of metal register spectrum Fourier of the noise acoustic emission of the included measuring block, then register Fourier spectrums in several frequency bands of an interior acoustic emission of crystallising metal, spot values of the net energy of harmonics of gained spectrums Fourier and spot the improved value of the net energy of harmonics of Fourier spectrum for each frequency band of the interior acoustic emission, voided from influence of energy of the noise signal. As the parametre characterising heterogeneity of metal, use the gained gang of the improved values of the net energies.

EFFECT: increase of accuracy of gaseous inserts determination and maintenance of measuring of content and sizes of firm inserts.

5 cl, 1 dwg



RU 2 345 355 C1

RU 2 345 355 C1

Группа изобретений относится к области металлургии и предназначена для анализа состава металлов. Изобретения могут быть использованы для экспрессного определения содержания водорода и других газообразных и твердых примесей в расплавах алюминия, меди и их сплавов, а также других металлов и сплавов.

5 Известны экспрессные способы определения содержания газов в жидких металлах, например способ по авторскому свидетельству СССР №277381 [оп.22.07.1970], основанный на погружении в исследуемый металл пористого фильтра и извлечении газов через фильтр в вакуумированный объем с измерением скорости экстракции газов по изменению давления в анализируемом объеме, по которой судят о концентрации газов в жидком металле.

Недостатком способа является потребность в сложном оборудовании, пониженная точность в связи с невозможностью полной экстракции водорода из пробы и невозможность определения содержания твердых примесей.

15 Наиболее близким к предложенному является способ определения содержания газов в металлах [патент РФ №2052810, оп.20.01.996], включающий регистрацию параметров внутренней акустической эмиссии остывающего расплава металла в процессе его кристаллизации и последующее определение обобщенного параметра, характеризующего состав металла. Таким параметром в способе-прототипе является величина суммарной внутренней акустической эмиссии за время остывания (кристаллизации) металла, 20 выражаемая числом импульсов регистрируемого сигнала внутренней акустической эмиссии и зависящая от содержания газов в металле. По числу импульсов, как итоговому параметру, судят о содержании газов в жидком металле путем сопоставления полученного результата с результатами определения содержания газа в эталонных (образцовых) пробах металла. Время экспресс-анализа лимитируется периодом затвердевания 25 исследуемой пробы, который составляет несколько минут. Способ-прототип позволяет определять с погрешностью 5% содержание водорода, вызывающего пористость затвердевшего расплава металла, то есть является способом определения неоднородности металла.

30 Наиболее близким к предложенному устройством является описанная в патенте РФ №2052810 установка для определения неоднородности металла, включающая изложницу для расплавленного металла с ультразвуковым датчиком, выход которого соединен со входом блока регистрации параметров акустической эмиссии, выполненного в виде счетчика импульсов внутренней акустической эмиссии остывающего металла, выход которого соединен со входом блока индикации результатов в виде графопостроителя или 35 цифropечатающего устройства или осциллографа.

Недостатком прототипов предложенных способа и устройства является пониженная точность определения содержания газа (пористости металла, сплава металлов) и невозможность определения содержания твердых примесей в металле (сплаве металлов).

40 Задачей является создание способа и устройств, обеспечивающих увеличение точности определения содержания газа (пористости металла, сплава) и определение содержания твердых примесей в сплаве (металле).

Для решения поставленной задачи предложена группа изобретений, состоящая из способа и двух вариантов устройств для его осуществления.

45 Предложенный способ определения неоднородности металла, включающий регистрацию параметров внутренней акустической эмиссии расплава металла, залитого и остывающего в емкости измерительного блока, в процессе кристаллизации этого металла, и последующее определение обобщенного параметра, характеризующего неоднородности металла, отличается тем, что перед заливкой расплава металла в емкость измерительного блока регистрируют спектр Фурье шумовой акустической эмиссии включенного 50 измерительного блока, в качестве параметров внутренней акустической эмиссии остывающего в процессе кристаллизации металла регистрируют спектры Фурье в нескольких диапазонах частот внутренней акустической эмиссии кристаллизующегося металла, после чего определяют значение суммарной энергии гармоник спектра Фурье

шумовой акустической эмиссии и первичное значение суммарной энергии гармоник спектра Фурье для каждого диапазона частот внутренней акустической эмиссии, затем определяют уточненное значение энергии гармоник спектра Фурье для каждого диапазона частот внутренней акустической эмиссии путем вычитания значения суммарной энергии гармоник спектра Фурье шумовой акустической эмиссии из первичного значения энергии гармоник спектра Фурье для каждого диапазона частот внутренней акустической эмиссии, а в качестве обобщенного параметра, характеризующего неоднородности металла, используют полученный набор уточненных значений суммарных энергий.

Кроме того, способ определения состава металла отличается тем, что регистрируют спектры Фурье сигнала акустической эмиссии в шести диапазонах частот этого сигнала, а именно 70-80 кГц, 81-95 кГц, 96-114 кГц, 125-150 кГц, 151-175 кГц, 176-200 кГц.

Еще способ определения состава металла отличается тем, что регистрируют спектры Фурье сигнала акустической эмиссии в четырех диапазонах частот этого сигнала, а именно 25-50 кГц, 51-80 кГц, 81-115 кГц и 124-200 кГц.

Первый предложенный вариант устройства для определения неоднородности металла, включающего изложницу для расплава металла с акустическим датчиком, выход которого соединен со входом блока регистрации параметров внутренней акустической эмиссии кристаллизующегося металла, отличается тем, что блок регистрации параметров внутренней акустической эмиссии выполнен в виде микропроцессора, осуществляющего функцию регистрации спектров Фурье внутренней акустической эмиссии кристаллизующегося металла в нескольких диапазонах частот этой эмиссии, а также регистрацию спектра Фурье шумовой акустической эмиссии, определение значения суммарной энергии гармоник спектра Фурье шумовой акустической эмиссии, определение значения суммарной энергии гармоник спектров Фурье внутренней акустической эмиссии кристаллизующегося металла для каждого диапазона частот этой эмиссии и определение уточненного значения энергии гармоник спектра Фурье для каждого диапазона частот внутренней акустической эмиссии путем вычитания значения суммарной энергии гармоник спектра Фурье шумовой акустической эмиссии из первичного значения энергии гармоник спектра Фурье для каждого диапазона частот внутренней акустической эмиссии, причем выход микропроцессора является выходом устройства.

Второй предложенный вариант устройства для определения неоднородности металла, включающего изложницу для расплава металла с акустическим датчиком, выход которого соединен со входом блока регистрации параметров внутренней акустической эмиссии кристаллизующегося металла, отличается тем, что блок регистрации параметров внутренней акустической эмиссии выполнен в виде блока регистрации спектров Фурье внутренней акустической эмиссии кристаллизующегося металла в нескольких диапазонах частот этой эмиссии, кроме того, в устройство введены блок регистрации спектра Фурье шумовой акустической эмиссии, блок определения значения суммарной энергии гармоник спектра Фурье шумовой акустической эмиссии, блок определения значения суммарной энергии гармоник спектра Фурье внутренней акустической эмиссии кристаллизующегося металла для каждого диапазона частот этой эмиссии, блок вычитания значения суммарной энергии гармоник спектра Фурье шумовой акустической эмиссии из значения суммарной энергии гармоник спектра Фурье внутренней акустической эмиссии кристаллизующегося металла для каждого диапазона частот этой эмиссии, вход блока регистрации спектра Фурье шумовой акустической эмиссии соединен с выходом акустического датчика, а выход - со входом блока определения значения суммарной энергии гармоник спектра Фурье шумовой акустической эмиссии, выход блока регистрации спектров Фурье внутренней акустической эмиссии кристаллизующегося металла в нескольких диапазонах частот этой эмиссии соединен со входом блока определения значения суммарной энергии гармоник спектра Фурье внутренней акустической эмиссии кристаллизующегося металла для каждого диапазона частот этой эмиссии, выход блока определения значения суммарной энергии гармоник спектра Фурье шумовой акустической эмиссии и выход блока определения значения суммарной энергии гармоник спектра Фурье внутренней

акустической эмиссии кристаллизующегося металла для каждого диапазона частот этой эмиссии соединены с соответствующими входами вышеуказанного блока вычитания, выход которого является выходом устройства.

Техническим результатом от использования предложенных технических решений является увеличение точности определения содержания газа и пористости металла, а также обеспечение возможности определения содержания твердых примесей и их распределения по размерам за счет использования оказавшихся более информативными параметров внутренней акустической эмиссии. В качестве таких параметров регистрируют спектры Фурье сигнала внутренней акустической эмиссии в нескольких диапазонах частот этой эмиссии, причем в качестве обобщенного итогового параметра используют набор уточненных значений суммарных энергий гармоник полученных спектров Фурье, освобожденных от влияния суммарной энергии спектра шумового сигнала. В соответствии с проведенными авторами экспериментальными исследованиями уточненные значения суммарных энергий гармоник (интенсивность гармонических составляющих) диапазонов частот коррелируют с содержанием твердых включений определенного размера и содержанием газовых включений, в частности, водорода, что и обеспечивает достижение технического результата. Возможность определения размеров твердых включений определена выявленной зависимостью энергии частот сигнала внутренней акустической эмиссии кристаллизующегося металла от размеров этих включений. При этом диапазоны частот, отражающие наличие твердых включений, отличны от диапазонов частот, отражающих газовые включения, вследствие отличия размеров твердых включений от размеров газовых включений (пузырьков газа). Увеличение точности определения содержания газа и пористости металла объясняется тем, что в предложенном способе более полно учитывается характеризующая содержание газа энергетическая составляющая акустического сигнала кристаллизующегося расплава. Выявление неоднородностей остывающего расплава металла характеризует содержание газа (пористость) и твердых примесей как в расплаве, так и в остывшем, затвердевшем металле.

На чертеже показана блок-схема устройства для определения неоднородности металла и реализации предложенного способа.

Устройство для определения неоднородности металла и реализации предложенного способа включает изложницу 1 с емкостью 2 (стальной конический стакан емкостью примерно 200 куб. см) для размещения металлического расплава и ультразвуковым датчиком 3, выход 4 которого соединен со входом 5 блока 6 регистрации параметров акустического сигнала, который выполнен так, что он может осуществлять функцию регистрации спектров Фурье внутренней акустической эмиссии кристаллизующегося металла в нескольких диапазонах частот этой эмиссии, регистрацию спектра Фурье шумовой акустической эмиссии, определение суммарной энергии гармоник спектра Фурье шумовой акустической эмиссии и первичных значений суммарной энергии гармоник спектра Фурье для каждого диапазона частот внутренней акустической эмиссии и определение уточненного значения энергии гармоник спектра Фурье для каждого диапазона частот внутренней акустической эмиссии, набор (совокупность) которых является обобщенным параметром, характеризующим неоднородности металла.

Приведенная блок-схема микропроцессора (микропроцессорного блока) 6 регистрации параметров акустического сигнала отражает алгоритм его работы.

Вход 5 микропроцессора 6 (блока 6 регистрации параметров акустического сигнала) соединен со входом 7 блока 8 регистрации спектров Фурье внутренней акустической эмиссии кристаллизующегося металла в нескольких диапазонах частот этой эмиссии, а также со входом 9 блока 10 регистрации спектра Фурье шумовой акустической эмиссии. Выход 11 блока 8 регистрации спектров Фурье внутренней акустической эмиссии соединен с первым входом 12 блока 13 определения суммарных энергий, а именно определения значения суммарной энергии гармоник спектра Фурье шумовой акустической эмиссии и первичных значений суммарной энергии гармоник спектра Фурье для каждого диапазона

частот внутренней акустической эмиссии кристаллизующегося металла.

Со вторым входом 14 блока 13 определения суммарных энергий соединен выход 15 блока 10 регистрации спектра Фурье шумовой акустической эмиссии. Выход 16 блока 13 определения суммарных энергий соединен со входом 17 блока вычитания 18, в котором
5 осуществляется определение уточненного значения энергии гармоник спектра Фурье для каждого диапазона частот внутренней акустической эмиссии путем вычитания значения суммарной энергии гармоник спектра Фурье шумовой акустической эмиссии из первичного значения энергии гармоник спектра Фурье для каждого диапазона частот внутренней акустической эмиссии кристаллизующегося металла.

10 Выход 19 блока вычитания 18 является выходом 20 микропроцессора 6 и предложенного устройства в целом, так как сигнал с выхода этого блока 18 содержит все необходимые данные для определения искомой неоднородности металла (набор уточненных значений суммарных энергий по диапазонам частот сигнала внутренней акустической эмиссии), являясь носителем обобщенного параметра, характеризующего
15 искомые неоднородности металла. Выход 20 микропроцессора 6 может быть соединен с расположенной вне этого блока 6 системой передачи сигнала обобщенного параметра на удаленный терминал (на чертеже не показано) или с блоком 22 визуализации искомых неоднородностей металла (сплава). Удаленный терминал может быть выполнен в виде блока 22 визуализации искомых неоднородностей металла.

20 Описанная блок-схема реализации функций микропроцессора 6 соответствует признакам предложенного способа определения неоднородности металла.

Блок-схема устройства, включающая изложницу 1, акустический датчик 3 и блок регистрации параметров акустического сигнала (микропроцессор) 6, которые обеспечивают получение обобщенного параметра, характеризующего искомые неоднородности металла,
25 дополнена блок-схемой блока 22 визуализации искомых неоднородностей металла, согласно которой выход 19 блока вычитания 18, являющийся выходом 20 микропроцессора 6, соединен с первым входом 21 блока 22 визуализации искомых неоднородностей металла и со входом 23 процессора 24, со вторым входом 25 которого соединен выход 26 блока уравнений 27, содержащего имеющиеся, экспериментально полученные ранее уравнения
30 для расчета концентраций твердых и газообразных включений, соответствующих тем или иным неоднородностям проверяемого расплава металла. Выход 28 процессора 24 соединен со входом 29 блока индикации 30, визуализирующего полученные значения концентраций включений исследуемого металла (сплава). Роль процессора 24 может выполнять микропроцессор 6 (на чертеже не показано).

35 Блок-схема блока 22 визуализации искомых неоднородностей металла отражает алгоритм его работы.

Микропроцессор 6 представляет собой компьютерную систему с запоминающими устройствами, имеющую интерфейсную связь (по кабелю или по радиоканалу) с акустическим (ультразвуковым) датчиком 3, который включает в себя прецизионный
40 усилитель с частотным диапазоном 20-220 кГц, быстрый аналого-цифровой преобразователь и интерфейс USB с буферной памятью типа FIFO (на чертеже не показано). Блоки 8, 10 регистрации спектров Фурье могут быть реализованы, например, на основе цифрового сигнального процессора ADSP-2185M фирмы Analog Devices или специализированного процессора по патенту РФ №2290687 (оп.12.27.2006) с
45 использованием разработанной авторами программы для персонального компьютера АЕАnalyzer, позволяющей осуществлять запись акустического сигнала, определение спектра Фурье шумового сигнала и спектров Фурье сигнала внутренней акустической эмиссии кристаллизующегося металла (сигнал с шумом) для каждого диапазона частот, расчет суммарных энергий спектров Фурье для каждого диапазона частот и суммарной
50 энергии спектра Фурье шумового сигнала, получение свободных от влияния энергии шума уточненных значений суммарных энергий спектров Фурье для каждого диапазона частот, а также расчет концентраций твердых включений и газа, сохранение и вывод данных. Микропроцессор 6 может выполнять функции блока 6 регистрации параметров

акустического сигнала и блока 22 визуализации искомым неоднородностей металла.

В другом варианте исполнения устройства каждый из блоков 8, 10, 13, 18, 24, 27 может быть выполнен в виде отдельного микропроцессора, каждый из которых реализует функцию одного из упомянутых блоков. Один из этих микропроцессоров или какой-то

5 другой микропроцессор (на чертеже не показано) может выполнять функцию координации и синхронизации работы всех упомянутых микропроцессоров.

Кроме того, каждый из блоков 8, 10, 13, 18 может быть реализован в виде чисто аппаратного устройства, выполняющего функцию этого блока, например, блоки 8 и 10

10 регистрации спектров Фурье исполняются в виде низкочастотных анализаторов спектра, в частности, приборов типа Ф4327, С4-34 и аналогичных им.

Способ определения неоднородности сплавов (металлов) и работа устройства осуществляются следующим образом.

Включают акустический датчик 3 и микропроцессор 6, составляющие измерительный блок, и регистрируют спектр Фурье шумовой акустической эмиссии включенного устройства

15 до заливки расплава металла в емкость 2, а после заливки - спектры Фурье в нескольких диапазонах частот внутренней акустической эмиссии остывающего в емкости 2 кристаллизующегося расплава.

Делается это так. Акустический сигнал, имеющий чисто шумовой характер до начала заливки металлического расплава в емкость 2, записывают в течение 10-15 секунд. Затем

20 в течение 2-3 секунд заливают расплав в емкость 2, а примерно через три секунды по окончании заливки в течение 150-160 секунд записывают сигнал внутренней акустической эмиссии кристаллизующегося расплава с наложенным на него шумовым сигналом.

Акустический сигнал, возникающий во время заливки расплава, не используется. Общее время записи акустического сигнала составляет до 180 секунд (3 мин). Акустический

25 сигнал оцифровывают и записывают в памяти микропроцессора 6 в виде файла.

После записи акустического сигнала микропроцессором 6 производят операции быстрого преобразования Фурье для получения, во-первых, спектра Фурье шумовой акустической эмиссии (блок 10) и, во-вторых, спектров Фурье внутренней акустической эмиссии кристаллизующегося металлического расплава в нескольких диапазонах частот этой

30 эмиссии (блок 8), расположенных в области частот от 20 до 200 кГц, с точностью определения частоты $\pm 0,01\%$. Количество диапазонов и распределение частот по диапазонам устанавливается экспериментально для каждого вида сплава, примеры приведены ниже.

Быстрое преобразование Фурье для шумовой акустической эмиссии и для внутренней акустической эмиссии кристаллизующегося металла в каждом диапазоне частот производят

35 (блоки 8 и 10) одним из известных способов [например, Рабинер Л., Гоулд Б. Теория и применение цифровой обработки сигналов. М.: Мир, 1978 или Гольдберг Л.М., Матюшкин Б.Д., Поляк М.Н. Цифровая обработка сигналов. М.: Радио и связь, 1990].

Затем с помощью микропроцессора 6 (блок 13) определяют значение суммарной энергии гармоник спектра Фурье шумовой акустической эмиссии и первичные значения суммарных энергий гармоник спектров Фурье внутренней акустической эмиссии кристаллизующегося металла для каждого диапазона частот этой эмиссии. Значение суммарной энергии для каждого указанного спектра Фурье определяется в блоке 13 как

40 сумма квадратов амплитуд всех гармоник (гармонических составляющих) соответствующего спектра Фурье.

После этого определяют уточненное значение энергии гармоник спектра Фурье для каждого диапазона частот внутренней акустической эмиссии путем вычитания (блок 18) значения суммарной энергии гармоник спектра Фурье шумовой акустической эмиссии из

50 первичного значения энергии гармоник спектра Фурье для каждого диапазона частот внутренней акустической эмиссии.

Полученная на выходе 19 блока вычитания 18 (то есть на выходе 20 блока 6 регистрации параметров акустического сигнала) совокупность (набор) уточненных значений суммарных энергий для установленных диапазонов частот является обобщенным

параметром, характеризующим искомую неоднородность исследуемого сплава (металла) по твердым и газовым включениям. При этом уточненное значение суммарной энергии одного из диапазонов характеризует степень неоднородности, концентрацию газа в исследуемом сплаве, а уточненные значения суммарных энергий других диапазонов частот характеризуют степень неоднородности, концентрацию в сплаве твердых включений того или иного определенного размера.

С выхода 20 микропроцессора 6 сигнал, характеризующий значение обобщенного параметра в виде набора нескольких (уточненных) значений суммарных энергий спектров Фурье, передают либо в систему передачи обобщенного параметра на удаленный терминал (на чертеже не показано) или в блок 22 визуализации искомым неоднородностей металла для расчета концентраций твердых и газообразных включений.

Указанный выше набор уточненных значений суммарных энергий для установленных диапазонов частот, характеризующий неоднородность того или иного сплава, используется для определения концентраций включений в сплаве (металле) следующим образом.

Перед реализацией предложенного способа для эталонных образцов определенного сплава с несколькими различными известными концентрациями и размерами твердых включений и несколькими различными концентрациями газа, например водорода, экспериментально устанавливают необходимое число диапазонов частот и пределы частот этих диапазонов, производят ряд измерений эталонных образцов сплава предложенным способом. При этом определяют экспериментально, какой диапазон частот характеризует концентрацию газа в этом сплаве, а какой диапазон частот характеризует концентрацию твердых включений определенного размера.

Затем по полученному в измерениях нескольких эталонных образцов сплава ряду уточненных значений суммарной энергии для каждого диапазона частот определяют вид уравнения, отражающего зависимость известной для образцов сплава концентрации от уточненного значения суммарной энергии. С помощью этого уравнения при исследовании сплава с неизвестным содержанием газовых и твердых включений определяют искомую концентрацию твердых включений определенного размера и концентрацию газа.

Независимой переменной каждого уравнения, относящегося к одному из диапазонов частот, является найденное предложенным способом уточненное значение суммарной энергии этого диапазона частот, а зависимой переменной является искомая концентрация того или иного вида включений (твердые включения определенного размера или газ), отражаемая диапазоном частот.

Вычисление концентраций твердых включений и газа с использованием вышеупомянутых уравнений по полученным (на выходе 20 блока 6 регистрации параметров акустического сигнала) уточненным значениям суммарных энергий можно осуществлять вручную или, что более приемлемо, с помощью блока 22 визуализации искомым неоднородностей с процессором 24, использующим, например, вышеупомянутую программу АЕАnalyzer.

Блок 22 визуализации искомым неоднородностей работает следующим образом.

Для поступающего на вход 23 процессора 24 уточненного значения суммарной энергии для одного из диапазонов частот выбирается из блока уравнений 27 соответствующее этому диапазону частот уравнение, с помощью которого в процессоре 24 определяется искомое значение концентрации соответствующего этому диапазону частот того или иного вида включения в исследуемый сплав. Аналогичная операция производится для каждого из уточненных значений суммарной энергии других диапазонов частот. Полученные значения концентраций включений, отражающих неоднородности исследуемого сплава, выводятся из процессора 24 на блок индикации 30.

Ниже приведены примеры реализации предложенного способа определения неоднородностей в расплавах для алюминиевых сплавов марок 1569 и 803.

В примере реализации способа для сплава 1569 используют шесть следующих диапазонов частот, обозначенных латинскими буквами с нижним индексом 1: (A₁) 70-80 кГц, (B₁) 81-95 кГц, (C₁) 96-114 кГц, (D₁) 125-150 кГц, (E₁) 151-175 кГц и (F₁) 176-200 кГц

(точность определения частоты $\pm 0,01\%$)

При этом диапазон частот A_1 отражает содержание (концентрацию) твердых включений с размерами 10-30 мкм, диапазон B_1 30-50 мкм, C_1 50-80 мкм, E_1 150-200 мкм, F_1 более 200 мкм, диапазон частот D_1 отражает содержание (концентрацию) газовых включений.

В табл.1 приведены измеренные предложенным способом на трех эталонных образцах сплава 1569 (уточненные) значения суммарной энергии (\mathcal{E}_C) в диапазоне частот C_1 и соответствующие этим значениям концентрации твердых включений (K_{C-TB}) с размерами 50-80 мкм.

Номер эталонного образца сплава 1569	Значение суммарной энергии \mathcal{E}_C (усл. ед.)	Концентрация твердых включений K_{C-TB} (вес.%)
1	223362	0,00
2	384812	0,05
3	611538	0,10

По представленным в табл.1 данным определена зависимость концентрации твердых включений от (уточненного) значения суммарной энергии для сплава 1569, выраженная уравнением

$$K_{C-TB} = 0,099 * \ln \mathcal{E}_C - 1,2215 \quad (1)$$

где K_{C-TB} - концентрация твердых включений, отражаемая диапазоном частот C_1 (50-80 мкм), вес.%;

\mathcal{E}_C - уточненное значение суммарной энергии для диапазона частот C_1 , усл. ед.

Для диапазонов частот A_1 B_1 E_1 F_1 сплава 1569 получены следующие уравнения зависимости концентрации твердых включений от уточненного значения суммарной энергии:

$$K_{A-TB} = 0,1442 * \ln \mathcal{E}_A - 1,2874 \quad (2)$$

$$K_{B-TB} = 0,1312 * \ln \mathcal{E}_B - 1,3726 \quad (3)$$

$$K_{E-TB} = 0,1200 * \ln \mathcal{E}_E - 0,9969 \quad (4)$$

$$K_{F-TB} = 0,1602 * \ln \mathcal{E}_F - 0,8020 \quad (5)$$

где

K_{A-TB} , K_{B-TB} , K_{E-TB} , K_{F-TB} - концентрации твердых включений, отражаемые диапазонами частот соответственно A_1 (10-30 мкм), B_1 (30-50 мкм), E_1 (150-200 мкм), F_1 (более 200 мкм), вес.%;

\mathcal{E}_A , \mathcal{E}_B , \mathcal{E}_E , \mathcal{E}_F - уточненные значения суммарных энергий для диапазонов частот соответственно A_1 B_1 , E_1 , F_1 усл. ед.

Предложенным, описанным выше способом проведены измерения содержания твердых включений в сплаве 1269 с неизвестным заранее содержанием этих включений. Результаты измерений и расчетов приведены в табл.2.

Сплав алюминиевый марки 1269					
Диапазоны частот и размеры твердых включений (мкм)					
	A_1 10-50	B_1 30-50	C_1 50-80	F_1 150-200	F_1 Более 200
Полученное значение суммарной энергии (усл. ед.)	9621	53258	429547	5210	231
Концентрация твердых включений (вес.%)	0,035	0,055	0,064	0,030	0,070

В другом примере реализации способа - для сплава марки 803 - используют четыре следующих диапазона частот, обозначенных латинскими буквами с нижним индексом 2: (A_2) 25-50 кГц, (B_2) 51-80 кГц, (C_2) 81-115 кГц и (D_2) 124-200 кГц (точность определения частоты $\pm 0,01\%$).

При этом диапазон частот A_2 отражает содержание твердых включений с размерами 10-30 мкм, диапазон B_2 30-50 мкм, C_2 50-100 мкм, диапазон частот D_2 отражает содержание газовых включений, в данном случае - водорода.

В табл.3 приведены измеренные предложенным способом на четырех эталонных образцах сплава 803 (уточненные) значения суммарной энергии (\mathcal{E}_D) в диапазоне частот D_2

и соответствующие этим значениям концентрации водорода ($K_{D-газ}$).

Таблица 3		
Номер эталонного образца 803	Значение суммарной энергии \mathcal{E}_D (усл. ед.)	Концентрация газовых включений $K_{D-газ}$ ($\text{см}^3/100 \text{ г}$)
1	4477	0,12
2	6879	0,17
3	8608	0,2
4	30003	0,25

Определенная по представленным в табл.3 данным зависимость концентрации водорода от уточненного значения суммарной энергии для сплава 803 выражена уравнением

$$K_{D-газ} = 0,0634 * \ln \mathcal{E}_D - 0,3956 \quad (6)$$

где $K_{D-газ}$ - концентрация газовых включений (водорода), отражаемая диапазоном частот D_2 , $\text{см}^3/100 \text{ г}$;

\mathcal{E}_D - уточненное значение суммарной энергии для диапазона частот D_2 , усл. ед.

Измерение содержания водорода в сплаве 803 с неизвестным заранее его содержанием, проведенное предложенным способом, дало для диапазона частот D_2 значение суммарной энергии \mathcal{E}_D , равное 9891 усл. ед. Вычисленное по формуле (6) значение концентрации водорода в исследованном сплаве 803 оказалось равно $0,19 \pm 0,01 \text{ см}^3/100 \text{ г}$.

Указанные результаты измерений концентрации твердых включений в сплаве 1269 и концентрации газовых включений (водорода) в сплаве 803 проверены с помощью эталонного метода измерения концентраций. Погрешность определения концентраций в указанных сплавах марок 1569 и 803 составила 0,007% для твердых включений и 0,01% для водорода.

При определении неоднородностей в других сплавах и металлах, например в сплавах меди, могут быть использованы другие экспериментально выявленные наборы диапазонов частот сигнала внутренней акустической эмиссии, возникающего при кристаллизации этих сплавов, а также другие экспериментально определенные виды уравнений для расчета концентраций твердых и газообразных включений.

Формула изобретения

1. Способ определения неоднородности металла, включающий регистрацию параметров внутренней акустической эмиссии расплава металла, залитого и остывающего в емкости измерительного блока, в процессе кристаллизации этого металла, и последующее определение обобщенного параметра, характеризующего неоднородности металла, отличающийся тем, что перед заливкой расплава металла в емкость измерительного блока регистрируют спектр Фурье шумовой акустической эмиссии включенного измерительного блока, в качестве параметров внутренней акустической эмиссии остывающего в процессе кристаллизации металла регистрируют спектры Фурье в нескольких диапазонах частот внутренней акустической эмиссии кристаллизующегося металла, после чего определяют значение суммарной энергии гармоник спектра Фурье шумовой акустической эмиссии и первичное значение суммарной энергии гармоник спектра Фурье для каждого диапазона частот внутренней акустической эмиссии, затем определяют уточненное значение энергии гармоник спектра Фурье для каждого диапазона частот внутренней акустической эмиссии путем вычитания значения суммарной энергии гармоник спектра Фурье шумовой акустической эмиссии из первичного значения энергии гармоник спектра Фурье для каждого диапазона частот внутренней акустической эмиссии, а в качестве обобщенного параметра, характеризующего неоднородности металла, используют полученный набор уточненных значений суммарных энергий.

2. Способ определения состава металла по п.1, отличающийся тем, что регистрируют спектры Фурье сигнала акустической эмиссии в шести диапазонах частот этого сигнала, а именно 70-80 кГц, 81-95 кГц, 96-114 кГц, 125-150 кГц, 151-175 кГц, 176-200 кГц.

3. Способ определения состава металла по п.1, отличающийся тем, что регистрируют

спектры Фурье сигнала акустической эмиссии в четырех диапазонах частот этого сигнала, а именно 25-50 кГц, 51-80 кГц, 81-115 кГц и 124-200 кГц.

4. Устройство для определения неоднородности металла, включающее изложницу для расплава металла с акустическим датчиком, выход которого соединен со входом блока регистрации параметров внутренней акустической эмиссии кристаллизующегося металла, отличающееся тем, что блок регистрации параметров внутренней акустической эмиссии выполнен в виде микропроцессора, осуществляющего функцию регистрации спектров Фурье внутренней акустической эмиссии кристаллизующегося металла в нескольких диапазонах частот этой эмиссии, а также регистрацию спектра Фурье шумовой акустической эмиссии, определение значения суммарной энергии гармоник спектра Фурье шумовой акустической эмиссии, определение значения суммарной энергии гармоник спектров Фурье внутренней акустической эмиссии кристаллизующегося металла для каждого диапазона частот этой эмиссии и определение уточненного значения энергии гармоник спектра Фурье для каждого диапазона частот внутренней акустической эмиссии путем вычитания значения суммарной энергии гармоник спектра Фурье шумовой акустической эмиссии из первичного значения энергии гармоник спектра Фурье для каждого диапазона частот внутренней акустической эмиссии, причем выход микропроцессора является выходом устройства.

5. Устройство для определения неоднородности металла, включающее изложницу для расплава металла с акустическим датчиком, выход которого соединен со входом блока регистрации параметров внутренней акустической эмиссии кристаллизующегося металла, отличающееся тем, что блок регистрации параметров внутренней акустической эмиссии выполнен в виде блока регистрации спектров Фурье внутренней акустической эмиссии кристаллизующегося металла в нескольких диапазонах частот этой эмиссии, кроме того, в устройство введены блок регистрации спектра Фурье шумовой акустической эмиссии, блок определения значения суммарной энергии гармоник спектра Фурье шумовой акустической эмиссии, блок определения значения суммарной энергии гармоник спектра Фурье внутренней акустической эмиссии кристаллизующегося металла для каждого диапазона частот этой эмиссии, блок вычитания значения суммарной энергии гармоник спектра Фурье шумовой акустической эмиссии из значения суммарной энергии гармоник спектра Фурье внутренней акустической эмиссии кристаллизующегося металла для каждого диапазона частот этой эмиссии, вход блока регистрации спектра Фурье шумовой акустической эмиссии соединен с выходом акустического датчика, а выход - со входом блока определения значения суммарной энергии гармоник спектра Фурье шумовой акустической эмиссии, выход блока регистрации спектров Фурье внутренней акустической эмиссии кристаллизующегося металла в нескольких диапазонах частот этой эмиссии соединен со входом блока определения значения суммарной энергии гармоник спектра Фурье внутренней акустической эмиссии кристаллизующегося металла для каждого диапазона частот этой эмиссии, выход блока определения значения суммарной энергии гармоник спектра Фурье шумовой акустической эмиссии и выход блока определения значения суммарной энергии гармоник спектра Фурье внутренней акустической эмиссии кристаллизующегося металла для каждого диапазона частот этой эмиссии соединены с соответствующими входами вышеуказанного блока вычитания, выход которого является выходом устройства.

45

50



**ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ,
ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ**

(12) ИЗВЕЩЕНИЯ К ПАТЕНТУ НА ИЗОБРЕТЕНИЕ

ММ4А Досрочное прекращение действия патента из-за неуплаты в установленный срок пошлины за поддержание патента в силе

Дата прекращения действия патента: **18.09.2009**

Дата публикации: **27.04.2011**

RU 2 345 355 C1

RU 2 345 355 C1