



СОЮЗ СОВЕТСКИХ
СОЦИАЛИСТИЧЕСКИХ
РЕСПУБЛИК

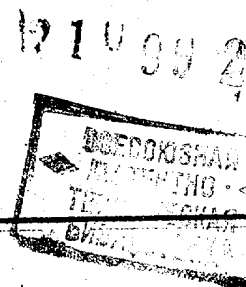
(19) SU (11) 1741617 A3

(51)5 G 01 N 33/20

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ
ПО ИЗОБРЕТЕНИЯМ И ОТКРЫТИЯМ
ПРИ ГКНТ СССР

ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ

К ПАТЕНТУ



1
(21) 4202164/02
(86) PST/SE 85/00339 (10.09.85)
(22) 11.03.87
(31) 8404579-8
(32) 12.09.84
(33) SE
(46) 15.06.92. Бюл. № 22
(71) Синтер-Каст АБ (SE)
(72) Стиг Леннарт Бекеруд (SE)
(53) 621.746.328.5.58(088.8)

(56) Marineck K. Einfluß der Schmelzverfahren und Schmelzföhrung auf Fehler Eci Gußcisen mit Kugelgraphit und Kontroll magnamen zur Begrenzung und Vermeidung dieser Fehler. - Gisser-Prax. 1982. № 15- 16. 235 -246.

(54) СПОСОБ АВТОМАТИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ЧУГУНА С ЗАДАННОЙ СТРУКТУРОЙ

Изобретение относится к металлургии, в частности к разработке способов автоматического контроля получения чугуна.

Цель изобретения - повышение точности анализа и улучшение экспрессности.

Сущность предлагаемого способа обусловлена следующим.

Способ получения отливок из расплава чугуна, содержащего модифицирующую структуру добавки, включает отбор исследуемого количества жидкого чугуна из ванны при помощи пробоотборного сосуда; осуществление затвердевания отобранного количества для затвердевания из состояния, в котором пробоотборный сосуд и отобранное количество находятся по существу в термическом равновесии с температурой

2
(57) Изобретение относится к металлургии и может быть использовано при автоматическом контроле получения чугуна с заданной структурой. Цель изобретения - повышение точности анализа и улучшение экспрессности. Способ автоматического контроля получения чугуна с заданной структурой включает выплавку чугуна, его модифицирование, отбор жидкого чугуна пробоотборником, вблизи стенки металлоприемника которого установлен дополнительный термодарный слой, термический анализ чугуна, смесь и автоматическая выдача результатов в числовом виде и в виде кривых в зависимости от времени затвердевания пробы, сравнения полученных результатов с эталонными, а также последующую корректировку расплава путем присадки необходимого количества модификаторов. 1 з.п. ф-лы, 4 ил.

превышающей температуру кристаллизации ванны, и предусмотрение полного затвердевания отобранного количества в течение 0,5-10 мин. Одновременно производится измерение и запись температурно-временной последовательности при помощи двух измеряющих температуру устройств, одно из которых размещается в центре отобранного количества, а другое - в расплавленном материале в непосредственной близости к стенке пробоотборного сосуда. Степень дисперсности графитовой фазы по сравнению с известными эталонными значениями для такого же процесса выполнения пробы оценивается с помощью температуры, измеренной во время первых кристаллизационных процессов в распла-

(19) SU (11) 1741617 A3

ленном материале у стенки сосуда, рекалесценции у стенки сосуда (rek_v), положительной разницы между температурой у названной стенки и в центре отобранного количества (ΔT_+) и температурного градиента в пробе за фронтом эвтектического роста, выраженного как $(\frac{\alpha T}{\alpha \tau}) (T_{c \text{ макс}})$ (приблизительно постоянен по крайней мере в течение короткого периода времени во время роста эвтектики в центре отобранного количества $(\frac{\alpha T}{\alpha \tau})_c = 0$), произвольно выраженного в виде наибольших отрицательных значений ($\Delta T_{\text{макс}}$) температурной разницы, в том числе, когда расплавленная ванна имеет недостаточное количество центров кристаллизации, в нее вводится агент, повышающий зародышеобразование графита. Когда обнаруживается, что центры кристаллизации имеются в избытке, последний уменьшается. Морфология выделения графита определяется по известным эталонным величинам применительно к такому же способу отбора пробы при помощи кристаллизационной температуры в центре ванны (T_c), рекалесценции в центре (rek_c) и при максимальной температуре роста ($T_{c \text{ макс}}$). Присутствующее количество модифицирующего структуру агента корректируется так, что графит во время затвердевания чугуна после заливки выделяется в червеобразном виде.

На фиг. 1 представлен график, содержащий диаграмму затвердевания, выведенную при измерении величин, полученных при производстве червеобразного чугуна; на фиг. 2-4 — различные примеры вариантов пробоотборных сосудов, подходящих для использования при осуществлении предлагаемого способа.

На фиг. 1 показаны кривые температуры (T) и времени (τ), из которых кривая I показывает ход затвердевания вблизи стенки пробоотборного сосуда, а кривая II — процесс затвердевания в центре пробы в сосуде.

Точки a_1 , a_2 обозначают спад температуры за единицу времени благодаря теплу, выделившемуся при образовании первичной аустенитной фазы. Точка б на кривой II иллюстрирует момент, в который кристаллы аустенита (в дендритном (разветвленном) виде) образовались во всем отобранном количестве. В дальнейшем расплавленный материал пробы между аустенитными кристаллами обогащается углеродом (и другими легирующими элементами) так, что постепенно с продолжением понижения

температуры в пробе достигается эвтектический состав.

Точка в на кривой I обозначает момент, в который прекращается падение температуры. Кристаллы графита образуются на стенке сосуда при достаточном переохлаждении, и эти кристаллы графита растут вместе с железной фазой в эвтектической смеси. После этой стадии в процессе затвердевания расплавленная проба повторно нагревается (за счет рекалесценции) до равновесной температуры эвтектической смеси на фиг. 1 (она обозначена пунктирной линией T_{eu}). Однако на этой ранней стадии эвтектической реакции еще не полностью достигается устойчивое состояние роста из-за механизмов подавления роста, и скорость, с какой имеет место рекалесценция, обозначает по существу число активных зародышей графита на единицу объема. Подобным образом точка г на кривой II обозначает максимальное переохлаждение T_c , точка д — кривую рекалесценции; точка е — обычную температуру роста на установившейся стадии в центре пробоотборного сосуда. Эти данные обеспечивают информацию относительно механизма роста на стадии эвтектического затвердевания.

Температура у стенки представляет собой "моментальное изображение" хода кристаллизации в ограниченном объеме расплавленного материала (тонкая стенка), а температура в центре сосуда — "интегральное" изображение термического поведения всего внутреннего объема пробы. Температура вдоль радиуса в отобранном количестве между двумя точками измерений включает в себя температурную волну, которая распространяется вперед и отражает последовательность роста вдоль направленного внутрь фронта эвтектического затвердевания. Это значит, что нагруженный термоэлемент регистрирует процесс затвердевания, соответствующий процессу в тонкостенных отливках, когда как центральный термоэлемент обеспечивает информацией, относящейся к характеру затвердевания в толстых частях отливки. Только при рассмотрении такой комбинированной информации можно сделать заключение относительно возможности расплавленного материала образовывать требуемую структуру в отливках различной толщины во время процессов заливки и затвердевания.

Описание процессов затвердевания главным образом относится к заэвтектическим составам чугуна. Однако способ может быть также применен к чугуну эвтектического и заэвтектического составов. При затвер-

девании эвтектической композиции не происходит роста первичных кристаллов, а в случае заэвтектических составов он происходит, но только в виде выделений первичного графита.

Экспериментально найдено, что при недостаточном переохлаждении, слабой рекалесценции и высокой температуре роста, преобладающих во время процесса затвердевания, образуется хлопьевидный графит.

Если преобладают высокая температура переохлаждения, небольшая рекалесценция и низкая температура роста, то графит затвердевает в шарообразном виде, в результате получают чугуны с шаровидной формой графита.

Когда во время затвердевания выделяется вермикулярный графит, то имеется сильное переохлаждение, сильная рекалесценция и высокая температура роста.

Демонстрируемые кривыми отклонения достаточны, чтобы сделать точные заключения по этим главным группам, в результате возможно предсказание образования червеобразного графита с высокой степенью точности, что в свою очередь дает возможность контролировать процесс в узких пределах.

Допуская, что внешние условия остаются одинаковыми от случая к случаю, можно сделать сравнение между двумя величинами, зарегистрированными устройствами измерения температуры, расположенными вблизи стенки пробоотборного сосуда и в центре расплавленного отобранного количества, и между различными испытаниями расплавленной ванны. Необходимо, чтобы различия в технике и геометрии пробоотборного сосуда и помещенного в него материала были бы так малы, чтобы можно было получить воспроизводимые и сравнимые результаты для различных проб.

Некоторое число пробоотборных сосудов, подходящих для использования при выполнении испытаний на затвердевание, описано на фиг. 2-4. Применяемая методология должна быть одинакова для каждой пробы или для каждого испытания, чтобы между расплавленным материалом и пробоотборным сосудом достигалось температурное равновесие. Температура вокруг пробоотборного сосуда регулируется так, чтобы тепло терялось пробоотборным сосудом способом, который позволяет расплавленному материалу затвердевать в течение 0,5-10 мин. Нижний предел зависит от того факта, что более быстрая скорость охлаждения приводит к образованию цементита в соответствии с метастабильной диаграммой. Более медленное охлаждение чем за 10

мин непрактично с точки зрения производительности и, кроме того, ухудшается точность измеренных результатов за счет имеющих место других реакций вокруг сосуда и за счет конвекции. Идеальный период охлаждения составляет 2-4 мин. Размеры пробоотборника или испытательного сосуда не являются настолько критическими, хотя из практических соображений диаметр сосуда должен быть не менее 2 и не более 10 см. Подходящий диаметр составляет 3-6 см. Сосуд удобно заполнять на высоту нескольких сантиметров. Высота полной пробы должна быть больше ее диаметра. Предпочтительно, чтобы тепло от пробоотборного сосуда отходило в основном в радиальном направлении. Это может быть достигнуто изоляцией верхней и нижней поверхностей отобранного количества.

Высвобождение скрытого тепла и рост фронта эвтектики (который зависит от соответствующего механизма роста) и теплопроводность затвердевшего слоя, расположенного за фронтом, в большей степени зависят как от числа кристаллов графита в эвтектической структуре, так и от формы названных кристаллов. Подходящий способ определения этой сложной функции получается определением наклона $\left(\frac{\alpha T}{\alpha \tau}\right)$, полученного во время затвердевания посредством действия измеряющего температуру устройства, расположенного рядом со стенкой сосуда, в течение того периода времени, во время которого измеряющее температурное устройство, расположенное в центре сосуда, записывает температуру плато, соответствующую температуре установившейся эвтектической стадии. $T_{с макс}$ периода времени, в течение которого $\left(\frac{\alpha T}{\alpha \tau}\right)$ равно нулю. Эта сложная функция может быть также определена путем измерения максимальной разницы ($\Delta T_{макс}$) между двумя кривыми во время процесса затвердевания. Найдено, что в обоих случаях величины изменяются для различных форм графита в чугуне. Серый чугун, включающий в себя хлопьевидный графит, дает небольшие температурные различия между двумя кривыми затвердевания. Шаровидный чугун показывает большие величины $\Delta T_{макс}$, тогда как чугун, затвердевающий в виде червеобразного чугуна, дает величины между ними, чем обеспечивается хорошая возможность дифференциальной оценки проявленных при затвердевании свойств соответствующих расплавленных ванн.

При эвтектоидном превращении (в твердой фазе из аустенита в феррит и цементит, точка ж скорость и, следовательно, окончательная структура могут быть исследованы детально сравнением отклонений от двух измеренных точек, особенно сравнением времени смещения и величины производных функций.

В дополнение к упомянутой возможности записывания двойных кривых затвердевания от неизвестной пробы и сравнения конфигураций этих кривых с соответствующими кривыми, получаемыми от проб с известными кристаллическими характеристиками (или графически, или любым другим способом записи, например, цифровым процессором), следующие свойства являются характерными при получении чугуна, содержащего графит, который затвердевает в червеобразной форме.

Наиболее надежным способом определения червеобразной формы роста является использование с этой целью переохлаждения в центре (T_c^*), рекалесцентной последовательности (rek_c) и максимальной температуры эвтектического роста ($T_{c \text{ макс}}$).

Действительная степень дисперсности (определяемая здесь как количество кристаллов графита на единицу объема) может быть определена с помощью рекалесцентной последовательности у стенки (rek_v).

$\Delta T_{c \text{ макс}}$ или по другому $\frac{\alpha T}{\alpha t}$ при $T_{c \text{ макс}}$ по температурной кривой начальных стадий образования эвтектики.

Начальные стадии образования эвтектики обычно встречаются при степени переохлаждения T_v^* , но при очень эффективном образовании графита задержка на кривых охлаждения показывает образование небольших количеств хлопьевидного графита.

Все перечисленные величины могут быть измерены с точностью и воспроизводимостью, которые делают возможным дать оценку кристаллизационным свойствам, характерным для расплавленной ванны, стандартных кривых с записанными кривыми, основанными на измерении полученных величин, хотя эти величины также могут быть сравнены в цифровом виде при помощи автоматической обработки данных.

С целью пояснения этих различных возможностей фиг. 1 иллюстрирует графические кривые, на которых две кривые построены с разницей по времени t ; кривая I минус кривая II = ΔT (здесь область положительных значений ΔT показана штрихов-

кой); для двух кривых построено $(\frac{\alpha T}{\alpha t})$, где названные значения даны в виде производных rek_v и rek_c (показаны заштрихованными областями положительных значений).

Таким образом, возможно считывание с графических кривых тех измерений, которые должны быть взяты, чтобы получить требуемый результат, а затем, чтобы показать, что требуемые результаты должны быть достигнуты произвольно или отбором дополнительных проб, или выполнением дополнительных испытаний. Знание кристаллизационных свойств расплавленной ванны дает возможность выполнения необходимых добавлений или необходимых удалений соответствующих веществ. Опыт заключается в том, чтобы измерить кристаллизационные свойства совершенно автоматически, а затем автоматически корректировать состав расплавленной ванны с помощью программирующей техники, чтобы получить червеобразный чугун. Скорость затвердевания зависит от теплопроводности стенки сосуда, толщины стенки, соотношения объема и поверхности пробы и окружающей температуры. Хотя все эти параметры могут изменяться, они должны быть приспособлены так, чтобы дать возможность осуществлять способ пробоотбора или испытания практическим образом, а также приспособлены для заданных отливок различных размеров.

Пробоотборный сосуд охлаждается при комнатной температуре, хотя можно продлить процесс затвердевания, производя затвердевание в печи при температуре между точкой плавления чугуна и окружающей температурой. Время затвердевания также может быть продлено путем изолирования пробоотборного сосуда или при помощи помещения сосуда в изолирующую рубашку во время процесса затвердевания. При желании, процесс затвердевания может быть также ускорен при помощи охлаждения воздухом, туманными брызгами или любым подобным способом.

Перед началом процесса измерения все устройство, пробоотборный сосуд, температурная камера и имеющийся расплавленный материал должны находиться в температурном равновесии с температурой, превышающей температуру плавления пробы. Она составляет примерно 1200–1400°C в случае чугуна.

Состояние равновесия может быть достигнуто, например, изготовлением пробоотборного сосуда вместе с измеряющим температуру устройством способом, который дает возможность погружать их в рас-

плавленную ванну, нагретую до температуры примерно 1200–1400°C и выдерживать в ванне, пока все устройство не нагреется до этой температуры, а затем извлечь из ванны и произвести охлаждение. При этом измеряющее температуру устройство соединено с каким-либо видом записывающего устройства, которое фиксирует измеренные данные в аналоговой или цифровой форме.

На фиг. 2 показан пробоотборный или испытательный сосуд для погружения в горячую расплавленную ванну. Данный сосуд представляет собой корпус 1 из огнеупорного материала (подходит керамический материал). Корпус 1 присоединен к трубчатому элементу 2, при помощи которого сосуд может удерживаться и погружаться в ванну. Корпус 1 снабжен отверстием 3, через которое расплавленный материал может втекать в корпус. В корпусе 1 предусмотрены два термоэлемента 4 и 5, один из которых расположен в непосредственной близости от стенки корпуса (4), а другой (5) – в центре корпуса. Термоэлементы соединены с записывающим устройством (не показано) при помощи проводников 6.

На фиг. 3 показан другой предпочтительный вариант пробоотборного или испытательного сосуда, который может быть заполнен горячим материалом с целью производства анализа. Сосуд этого варианта представляет собой корпус 7 с измеряющими температуру устройствами 8 и 9, введенными через его дно. Одно (8) из названных измеряющих температуру устройств размещается рядом со стенкой корпуса, а другое (9) размещается в центре корпуса. Сосуд окружен нагревающей катушкой 10 для предварительного нагрева сосуда. Измеряющие температуру устройства 8 и 9 соединены с записывающими устройствами (не показаны) при помощи проводников 11.

На фиг. 4 показан еще один вариант пробоотборного или испытательного сосуда, представляющий собой корпус 12, который окружен высокочастотным нагревающим устройством 13 для повторного нагрева сосуда и содержащейся в нем пробы. Расплавленный материал может подаваться в сосуд при помощи ковша. Корпус 12 устроен так, чтобы взаимодействовать с крышкой 14, снабженной направляющими 15 для размещения крышки на корпусе 12, и вытянутыми вниз измеряющими температуру устройствами 16 и 17, которые соединены с записывающим устройством (не показано) при помощи проводников 18. Крышка, несущая измеряющие температуру устройства, размещается на корпусе 12 по-

сле нагрева сосуда и содержащейся в нем пробы до необходимой температуры.

При практическом осуществлении способа готовят обычную ванну расплавленного чугуна, химический состав которой регулируют до требуемых величин в соответствии с химическим анализом. Затем из ванны отбирают пробу для термического анализа в соответствии с изобретением и записывают кривые затвердевания. Оценивают существующую зародышеобразующую способность расплавленной ванны. Для того, чтобы получить первичную зародышеобразующую способность, вводят необходимые добавки оксидо-сульфидообразующих агентов. Примеры подходящих оксидо- и сульфидообразующих добавок включают в себя кальций, алюминий и магний. Другим предварительным требованием для образования зародышей графита является то, чтобы углеродный эквивалент, УЭ был бы достаточно высок. Следовательно, зародышеобразование может быть облегчено введением вещества, которое совместно повышает углеродный эквивалент (УЭ), например ферросилиций, кварц или карбид кремния. Хотя введение зародышеобразующих агентов хорошо известно в промышленности, ранее не было возможно с помощью известных способов измерения устанавливать с достаточной точностью необходимость производства таких добавок перед литьем.

После калибровки системы по функциям T_v , rek_v и ΔT получают конкретную важную информацию относительно зародышеобразующей способности. Недостаток зародышеобразующих агентов может сказаться в увеличении переохлаждения. Это увеличение в некоторых случаях бывает таким большим, что у краев пробоотборного сосуда происходит переход в метастабильное состояние. При затвердевании белого чугуна имеет место чрезвычайно быстрая рекалесценция. Для того, чтобы образовался шаровидный чугун, должно образовываться в сотни раз больше зародышей, чем требуется для образования хлопьевидного графита. Для того, чтобы получить червеобразный чугун, зародышеобразовательная способность должна быть меньше, чем требуется для образования шаровидного чугуна, подходящей является величина, равная одной десятой. Если измерена чрезвычайно низкая зародышеобразовательная способность, то может быть добавлено вещество, стимулирующее зародышеобразование. Если желательно понизить зародышеобразовательную способность, расплавленная ванна просто выдерживается в течение за-

данного периода времени, так как зародышеобразовательная способность уменьшается с увеличением времени выдержки.

Количество активных модифицирующих структуру веществ регулируется в зависимости от переохлаждения в центре материала (T_c), максимальной температуры роста ($T_{c \text{ макс}}$) и рекалесценции в центре материала (rek_c). Когда проба затвердевает, присутствующее количество активных модифицирующих структуру веществ контролирует кристаллический рост. При образовании шаровидного графита рост ограничивается в трех направлениях, когда выделение графита достигает определенного уровня. Но если количество активных модифицирующих структуру веществ немного уменьшается относительно того, какое требуется для получения шаровидного графита, то кристаллический рост ограничивается только в двух направлениях, оставляя возможность для кристаллического роста из расплавленного металла в третьем направлении. Когда имеет место такой кристаллический рост, образуются червевидные графитовые кристаллы. Анализ приведенных величин (T_c , rek_c и $T_{c \text{ макс}}$) показывает, содержит или нет расплавленная ванна достаточно модифицирующих структуру веществ. Когда такое содержание найдено недостаточным, модифицирующие структуру элементы должны быть добавлены. Для этой цели может служить магний в возможном сочетании с редкоземельными металлами, например церием. Чрезвычайно высокое содержание модифицирующих структуру веществ может быть понижено окислением, которое может быть выполнено введением кислорода в ванну или введением окисляющих агентов, например магнетита. Окисление может быть также осуществлено выдерживанием поверхности металла на воздухе в течение нескольких минут. С целью уменьшения содержания активных модифицирующих структуру веществ в ванну могут быть также добавлены ингибиторы, например титан.

Предлагаемое изобретение направлено в основном на решение проблем контроля процессов литья для затвердевания с выделениями червеобразного

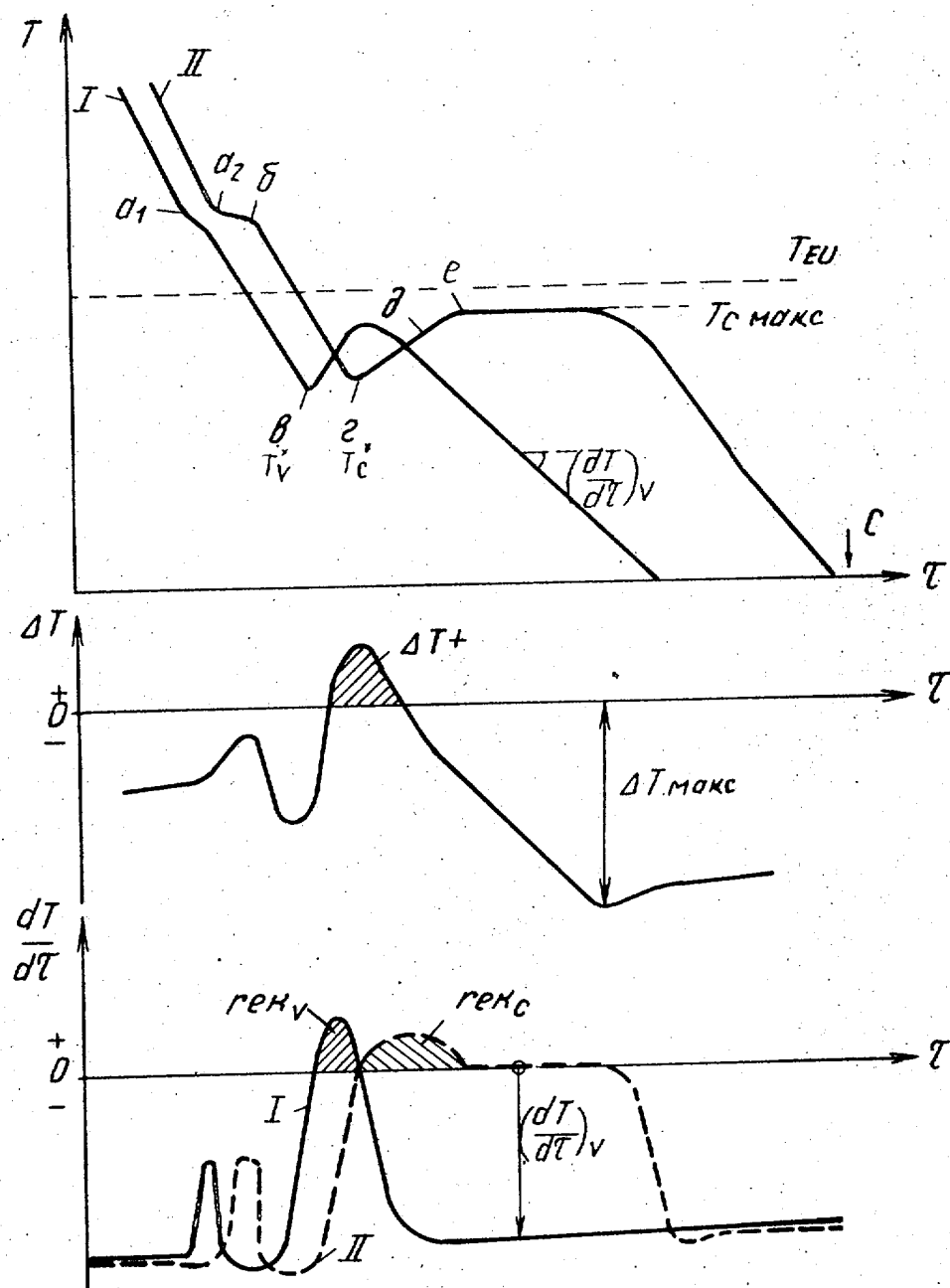
графита. Кроме того, способ предлагает также различные возможности точного определения степени распределения при производстве серого чугуна с одновременным контролем типа выделения хлопьевидного графита. Также возможно точно определять количество модифицирующих структуру веществ и необходимую степень дисперсности при производстве сфероидально-шаровидного чугуна, за счет чего имеется возможность экономии при использовании дорогих добавок.

Отклонения в кривой затвердевания, полученные при измерении в центре пробы, к концу фазы затвердевания могут также указать на возможность образования карбида, что в свою очередь дает ценное указание об имеющемся недостатке зародышеобразующего агента в сочетании с присутствием карбидостабилизирующего элемента, образующего скопления в микроструктуре.

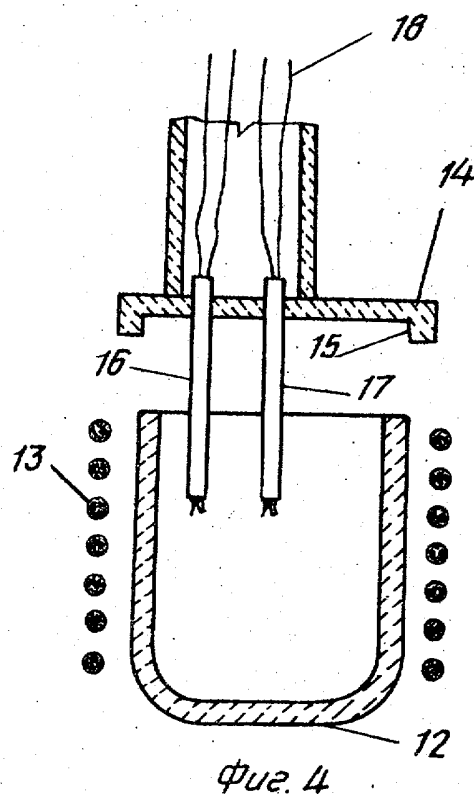
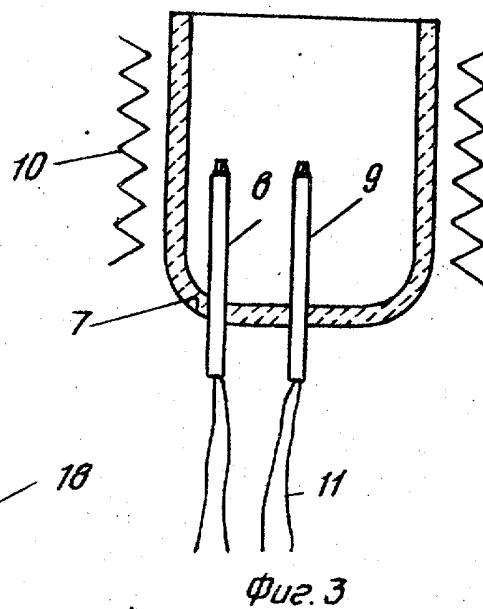
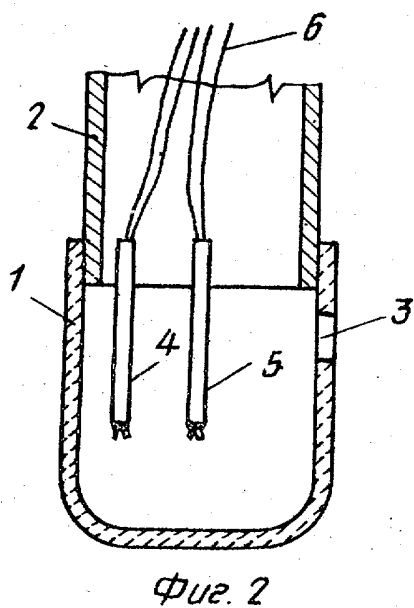
Ф о р м у л а и з о б р е т е н и я

1. Способ автоматического контроля получения чугуна с заданной структурой, включающий выплавку чугуна, его модифицирование, отбор жидкого чугуна пробоотборником с помещенным в центре его термпарным спаем, термический анализ чугуна, запись и автоматическую выдачу результатов в числовом виде и в виде кривых в зависимости от времени затвердевания пробы, сравнение полученных результатов с эталонными и последующую корректировку расплава путем присадки модификаторов, о т л и ч а ю щ и й с я тем, что, с целью повышения точности анализа и улучшения экспрессности, в пробоотборник вблизи стенки металлоприемника дополнительно устанавливают термпарный спай, а пробоотборник вводят в анализируемый расплав и выдерживают в нем до достижения им термического равновесия.

2. Способ по п. 1 о т л и ч а ю щ и й с я тем, что пробы отбирают из ванны анализируемого расплава и переносят в металлоприемник сосуда, вблизи стенки которого дополнительно устанавливают термпарный спай, а жидкий чугун в сосуде нагревают до температуры ванны анализируемого расплава.



фиг. 1



Редактор А.Петрова

Составитель Н.Косторной
Техред М.Моргентал

Корректор Т.Палий

Заказ 2095

Тираж

Подписное

ВНИИПИ Государственного комитета по изобретениям и открытиям при ГКНТ СССР
113035, Москва, Ж-35, Раушская наб., 4/5

Производственно-издательский комбинат "Патент", г. Ужгород, ул.Гагарина, 101