



(51) МПК  
*H05B 3/62* (2006.01)  
*F27B 17/02* (2006.01)  
*G01N 13/02* (2006.01)  
*G01N 21/01* (2006.01)

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
 ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ПОЛЕЗНОЙ МОДЕЛИ К ПАТЕНТУ

(52) СПК

*H05B 3/62* (2021.08); *F27B 17/02* (2021.08); *G01N 13/02* (2021.08); *G01N 21/01* (2021.08)

(21)(22) Заявка: 2021111104, 20.04.2021

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
20.04.2021

Дата регистрации:  
02.11.2021

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 20.04.2021

(45) Опубликовано: 02.11.2021 Бюл. № 31

Адрес для переписки:

620002, г. Екатеринбург, ул. Мира, 19, Центр интеллектуальной собственности, Маркс Т.В.

(72) Автор(ы):

Поводатор Аркадий Моисеевич (RU),  
 Вьюхин Владимир Викторович (RU),  
 Цепелев Владимир Степанович (RU),  
 Синицин Николай Иванович (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования "Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина" (RU)

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: Вьюхин В.В., Гуштин В.С., "Изучение плотности и поверхностного натяжения расплавов методом большой капли: методические указания к лабораторной работе номер 707 по физике", Екатеринбург: УГТУ - УПИ, 2009, с.2-5. RU 191826 U1, 23.08.2019. RU 69249 U1, 10.12.2007. JP 08313168 A, 29.11.1996. DE 2034200 A, 09.07.1970. RU 2061302 C1, 27.05.1996.

(54) Нагреватель для лабораторной цилиндрической электропечи

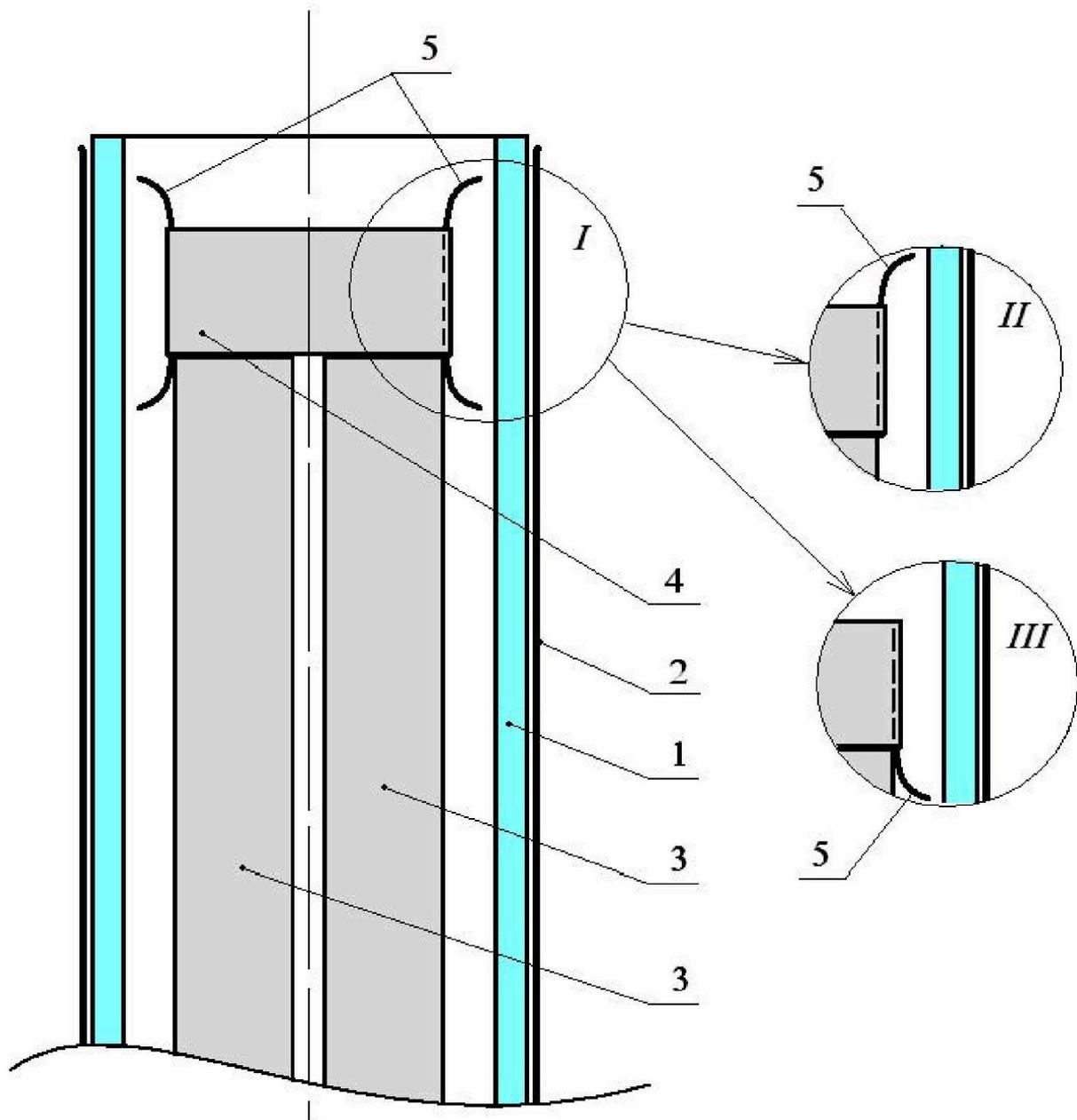
(57) Реферат:

Полезная модель относится к технической физике, а именно к устройствам для анализа материалов путем фотометрии физических параметров высокотемпературного металлического расплава в зависимости от его температуры. Изучают образец, размещенный внутри тепловой зоны цилиндрического нагревателя электропечи. Дополнительной сферой являются вузовское обучение студентов и металлургия. Нагреватель выполнен в виде тонкостенных молибденовых полуцилиндров, коаксиально расположенных внутри системы экранов, токоподводы, подключенные к каждому из полуцилиндров с одного конца, а с другого конца закреплены в токопроводящем фиксирующем цилиндре, выполненном из двух

тонкостенных молибденовых слоев, отличающийся тем, что в него введены три тонкостенных молибденовых элемента, которые зафиксированы равноудаленно друг от друга, коаксиально вдоль вышеуказанных полуцилиндров между слоями токопроводящего фиксирующего цилиндра, при этом элементы выполнены в виде узких тонкостенных молибденовых полос, выступающих сверху за края данного цилиндра и загнутых наружу над краями токопроводящего фиксирующего цилиндра. Предложенное решение обеспечивает функционирование нагревателя электропечи при расширении температурного диапазона вплоть до 1900°C. Увеличивается межремонтный период, уменьшается количество непредсказуемых срывов

экспериментов, а также использование вредных для персонала материалов. Посредством размещения тонкостенных элементов создают

контролируемый зазор между нагревателем и тепловыми экранами. 3 ил.



Фиг. 1

RU 207585 U1

RU 207585 U1

Полезная модель относится к технической физике, а именно к устройствам для анализа материалов путем бесконтактного фотометрического определения физических параметров, например поверхностного натяжения и/или плотности высокотемпературного металлического расплава в зависимости от величины его температуры. Изучают образец, размещенный внутри тепловой зоны цилиндрического тонкостенного, преимущественно молибденового, нагревателя электропечи. 5  
Дополнительной сферой являются вузовское обучение студентов и металлургия.

При фотометрии динамики высокотемпературных физических параметров расплавов, например, поверхностного натяжения и/или плотности расплава, с горизонтальным или вертикальным положением нагревателя в электропечи, например, при определении кинематической вязкости расплава, внутри этого нагревателя помещают керамический сосуд в виде подложки или тигля, содержащий исследуемый образец. Объем образца составляет единицы или десятки см<sup>3</sup>, при этом размеры цилиндрических нагревателей составляют 4-6 см в диаметре и 15-20 см в длину. Кроме того, нагреватели, 10  
преимущественно молибденовые, оснащены комплектом из коаксиальных тепловых металлических и керамических трубчатых экранов.

Необходимо отметить, что габариты электропечи обусловлены потребляемой мощностью (порядка десяти кВт), требуемой для нагрева и плавления образцов, объем расплава которых составляет единицы см<sup>3</sup> и возможностью водяного охлаждения этой электропечи. Поэтому ее рабочее пространство имеет ограниченные размеры, в частности, диаметр. Расстояние от изучаемого образца до керамического трубчатого экрана, расположенного внутри нагревателя, составляет единицы мм. 20

Известно устройство фиксации нагревателя в вертикальной цилиндрической электропечи, в которой коаксиально расположен молибденовый нагреватель, снаружи которого находятся цилиндрические металлические и керамические тепловые экраны, один из керамических тепловых экранов выполнен в виде сужающейся кверху трубы, размещенный на верхней части нагревателя - см. пат. ПМ РФ № 191826 - аналог. 25

Наиболее близким к предлагаемой полезной модели является нагреватель для лабораторной цилиндрической электропечи, который выполнен в виде тонкостенных молибденовых полуцилиндров, коаксиально расположенных внутри системы экранов, токоподводы, подключенные к каждому из полуцилиндров с одного конца, а с другого конца закреплены в токопроводящем фиксирующем цилиндре, выполненном из двух тонкостенных молибденовых слоев. Его используют в горизонтальной электропечи, входящей в состав университетской лабораторной установки, предназначенной для изучения плотности расплавов методом большой капли - см. «Изучение плотности и поверхностного натяжения расплавов методом большой капли» - Методические указания к лабораторной работе по физике / Екатеринбург, УГТУ-УПИ, 2009, 25 стр., с. 2- 5 - прототип. 30

Недостатками вышеуказанных устройств являются нижеследующие. Во время проведения экспериментов наиболее опасная ситуация возникает при контакте теплоизолирующего экрана с нагревателем в средней его части, где сформирована горячая изотермическая зона протяженностью 3-5 см. При температурах выше 1500°С идет испарение металла нагревателя и его осаждение на поверхность экрана. Со временем слой металла на этом экране становится все более электропроводящим, что может привести к электрическому замыканию. При этом возникают их последующие сплавления, перегорание нагревателя при таком контакте и как следствие, срыв экспериментов, например лабораторных работ, с трудоемкой заменой компонентов электропечи и последующей перекалибровкой измерительной установки. 45

Кроме того, при использовании в вертикальной электропечи алундового керамического устройства фиксации нагревателя, предложенного в аналоге, требуется ряд ручных подгоночных манипуляций, в частности механической обработки, которые осуществляет высококвалифицированный специалист. Такое устройство обеспечивает определение удельного электросопротивления расплавов, в частности на основе железа, в процессе высокотемпературных исследований в диапазоне до 1600°C. Однако при изучении расплавов с температурой вплоть до 1850-1900°C, например жаропрочных, необходима более термостойкая, чем алундовая бериллиевая керамика. Ее конструкция также требует ряда ручных подгоночных манипуляций, в частности высококвалифицированной механической обработки. Существенным недостатком индивидуального использования бериллиевой керамики для изготовления неординарного устройства фиксации нагревателя из нее, вследствие отсутствия номенклатуры таких изделий, является высокая опасность бериллиевых соединений для человека, в частности пыли (1 класс опасности), при работе с ними или изготовлении каких-либо деталей. Это особенно актуально в вузовской практике, при осуществлении лабораторных работ со студентами.

Кроме того, использование на верхнем торце нагревателя устройства фиксации на основе его собственного веса, предлагаемого в аналоге, в горизонтальной печи практически невозможно. При этом деформации, например, провисание молибденового нагревателя и/или тепловых экранов, как металлических, так и керамических, а также искажение однородности тепловых полей, в горизонтальной или вертикальной электропечи аналогичны. Отсюда возникают нестабильность изотермической области нагрева, а также наличие взаимной неконтролируемой децентровки нагревателя, экранов и изучаемого образца. В конечном итоге, появляется опасность срыва экспериментов, а также сокращается межремонтный период работы.

Проблемой аналога и прототипа является возможность проявления неоднородности, неравномерности и несимметричности теплового поля внутри нагревателя электропечи, в том числе на краях нагревателя и экранов. Из-за этого возможны деформации, а также неконтролируемое взаимное смещение нагревателя и экранов при их нагреве, что ведет к их контакту, замыканию и перегоранию нагревателя. При этом сокращается межремонтный период работы измерительной установки.

Технический результат, достигаемый при реализации заявляемого устройства, заключается в том, что расширяются функциональные возможности электропечи посредством увеличения стабильности изотермической области нагрева, уменьшаются неоднородность, неравномерность и несимметричность теплового поля внутри нагревателя электропечи, которые обусловлены взаимной децентровкой нагревателя, экранов и изучаемого образца. Кроме того, увеличивается межремонтный период работы измерительной установки. Таким образом, предлагаемое решение обеспечивает осуществление экспериментов по определению физических параметров расплавов, таких как поверхностное натяжение и/или плотность, в горизонтальной электропечи при высоких температурах изучения расплавов, вплоть до 1900°C. Осуществляют создание контролируемого зазора между нагревателем и тепловыми экранами посредством размещения тонкостенных молибденовых элементов в преимущественно верхней, менее нагретой части нагревателя, где практически не оседает испарившийся металл нагревателя. Такой зазор обеспечивает возможность предотвратить электрическое замыкание и его негативные последствия, влекущие срыв экспериментов.

При осуществлении заявляемого устройства решается проблема отсутствия устройств данного назначения и, соответственно, достигается технический результат, который

заключается в реализации назначения устройства.

Указанная проблема решается с помощью предлагаемой полезной модели - нагревателя для лабораторной цилиндрической электропечи.

5 Заявляется нагреватель для лабораторной цилиндрической электропечи, который выполнен в виде тонкостенных молибденовых полуцилиндров, коаксиально расположенных внутри системы экранов, токоподводы, подключенные к каждому из полуцилиндров с одного конца, а с другого конца закреплены в токопроводящем фиксирующем цилиндре, выполненном из двух тонкостенных молибденовых слоев.

10 От прототипа устройство отличается тем, что в него введены три тонкостенных молибденовых элемента, которые зафиксированы равноудаленно друг от друга коаксиально вдоль вышеуказанных полуцилиндров между слоями токопроводящего фиксирующего цилиндра, при этом элементы выполнены в виде узких тонкостенных молибденовых полос, выступающих сверху за края данного цилиндра и загнутых наружу над краями токопроводящего фиксирующего цилиндра.

15 Таким образом, в конечном итоге достигается расширение температурного диапазона и номенклатуры исследуемых высокотемпературных металлических расплавов при изучении их физических параметров, в частности таких, как поверхностное натяжение и/или плотность, методом большой капли в горизонтальной электропечи. Кроме того, уменьшается количество непредсказуемых срывов экспериментов, увеличивается  
20 межремонтный период исследовательского комплекса, а также уменьшается необходимость использования вредных для персонала материалов. При этом наличие контролируемого зазора между нагревателем и тепловыми экранами обеспечивает уменьшение возможности возникновения взаимной децентровки нагревателя и экранов, а также их контакта и прогиба.

25 Предлагаемая полезная модель поясняется чертежами:

фиг. 1 - схема нагревателя;

фиг. 2 - фото нагревателя, вид с торца;

фиг. 3 - фото нагревателя с четырьмя тонкостенными молибденовыми элементами.

30 Полезная модель содержит электропечь цилиндрической формы (на схеме не показано), основными компонентами которой являются: токоподводы (на схеме не показано), первый керамический тепловой экран 1, внешний металлический тепловой экран 2, нагреватель для лабораторной цилиндрической электропечи, в состав которого входят: тонкостенные молибденовые полуцилиндры 3, молибденовый токопроводящий фиксирующий цилиндр 4, тонкостенные молибденовые элементы 5 - см. фиг. 1.

35 Цилиндрический первый керамический тепловой экран 1 выполнен из алунда или бериллиевой керамики. Цилиндрический металлический тепловой экран 2, токопроводящий фиксирующий цилиндр 4, а также два полуцилиндра нагревателя 3 и элементы 5, в количестве не меньше трех, выгнуты из молибденового листа толщиной 0,2-0,3 мм, предпочтительно выступающие на 5 мм и отогнутые на 1 мм - см. фиг. 1, 40 фиг. 3. Варианты размещения тонкостенных молибденовых элементов 5 приведены на фиг. 1, а именно: I - полоса загнута над краями токопроводящего фиксирующего цилиндра 4; II - полоса загнута сверху токопроводящего фиксирующего цилиндра 4 - см. фиг 3; III - полоса загнута снизу токопроводящего фиксирующего цилиндра 4.

На фиг. 2. приведено фотоизображение верхнего торца нагревателя и его  
45 вышеперечисленных конструктивных компонентов: цилиндрический керамический тепловой первый экран 1, тонкостенные молибденовые полуцилиндры 3, внутренние 6 и внешние 7 слои молибденового токопроводящего фиксирующего цилиндра 4, зазоры 8 для размещения тонкостенных молибденовых элементов 5.

На фиг. 3. показано фотоизображение одного из вариантов конструкции нагревателя с четырьмя зафиксированными симметричными тонкостенными молибденовыми элементами 5.

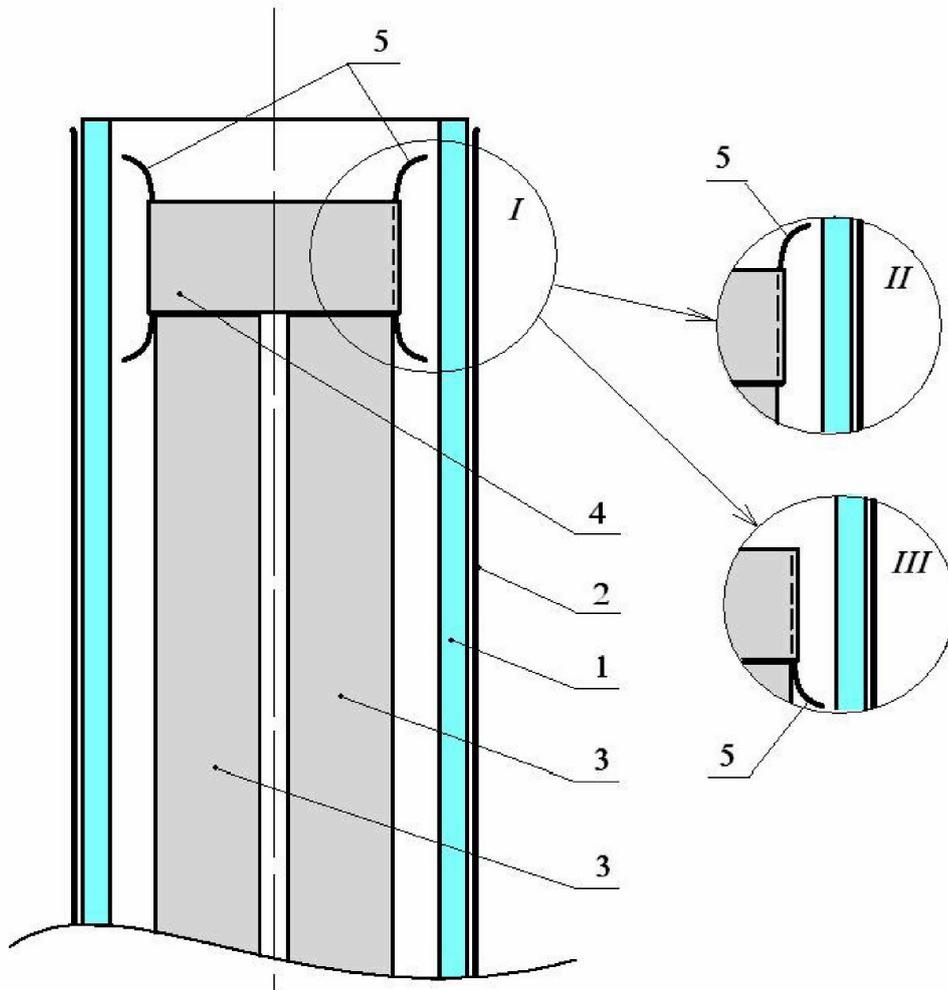
Используют нагреватель для лабораторной цилиндрической электропечи следующим образом. Данный нагреватель фиксируют внутри электропечи. В начале эксперимента, в центральной части этого нагревателя, в предполагаемой изотермической зоне, коаксиально размещают керамический сосуд в виде подложки или тигля с изучаемым металлическим образцом. Электропечь закрывают и заполняют из баллона инертным газом, например, гелием. Затем включают ее нагрев, устанавливают требуемые значения температуры, при этом осуществляют преимущественно ступенчатый, с задаваемым шагом, нагрев и последующее охлаждение образца расплава. Для каждой из температур фиксируют, посредством бесконтактной фотометрии, изменение состояния расплава образца. Затем на основе данных фотометрии вычисляют посредством известных формул физические параметры, например поверхностное натяжение и/или плотность изучаемого высокотемпературного металлического расплава в зависимости от величины каждой из температур, вплоть до 1900°C, после чего используют эти параметры в качестве характеристик изучаемого образца.

Предложенное техническое решение обеспечивает функционирование нагревателя электропечи при существенном расширении температурного диапазона и увеличении межремонтного периода. Уменьшается количество непредсказуемых срывов экспериментов, уменьшается использование вредных для персонала материалов. Данное решение соответствует уровню полезной модели.

#### (57) Формула полезной модели

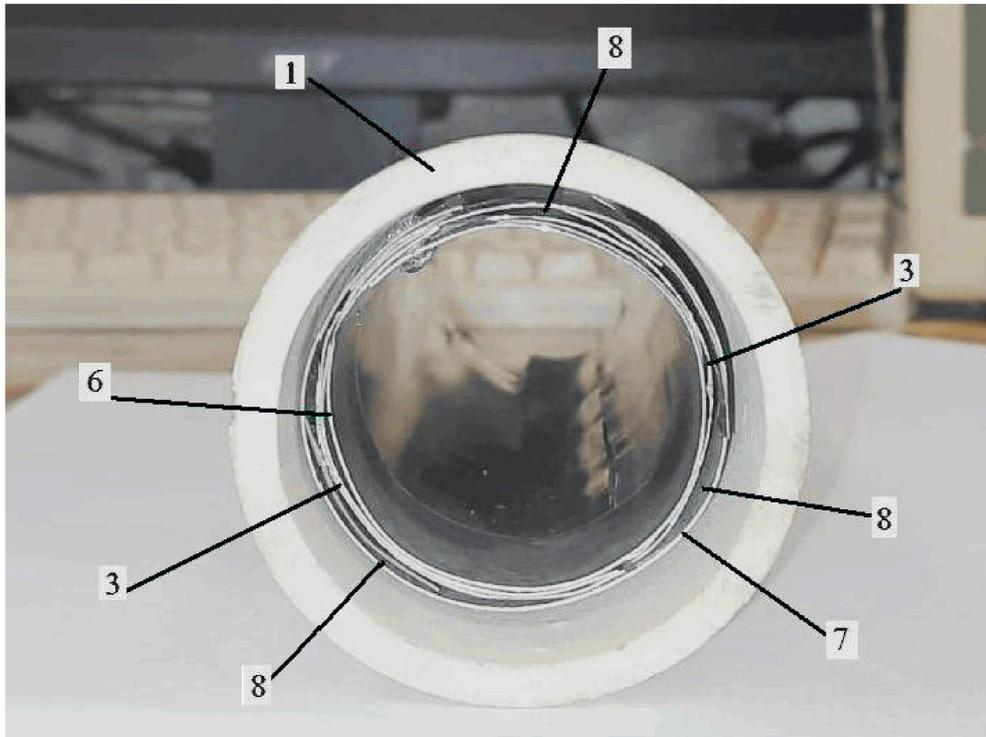
Нагреватель для лабораторной цилиндрической электропечи, который выполнен в виде тонкостенных молибденовых полуцилиндров, коаксиально расположенных внутри системы экранов, токоподводы, подключенные к каждому из полуцилиндров с одного конца, а с другого конца закреплены в токопроводящем фиксирующем цилиндре, выполненном из двух тонкостенных молибденовых слоев, отличающийся тем, что в него введены три тонкостенных молибденовых элемента, которые зафиксированы равноудаленно друг от друга, коаксиально вдоль вышеуказанных полуцилиндров между слоями токопроводящего фиксирующего цилиндра, при этом элементы выполнены в виде узких тонкостенных молибденовых полос, выступающих сверху за края данного цилиндра и загнутых наружу над краями токопроводящего фиксирующего цилиндра.

1

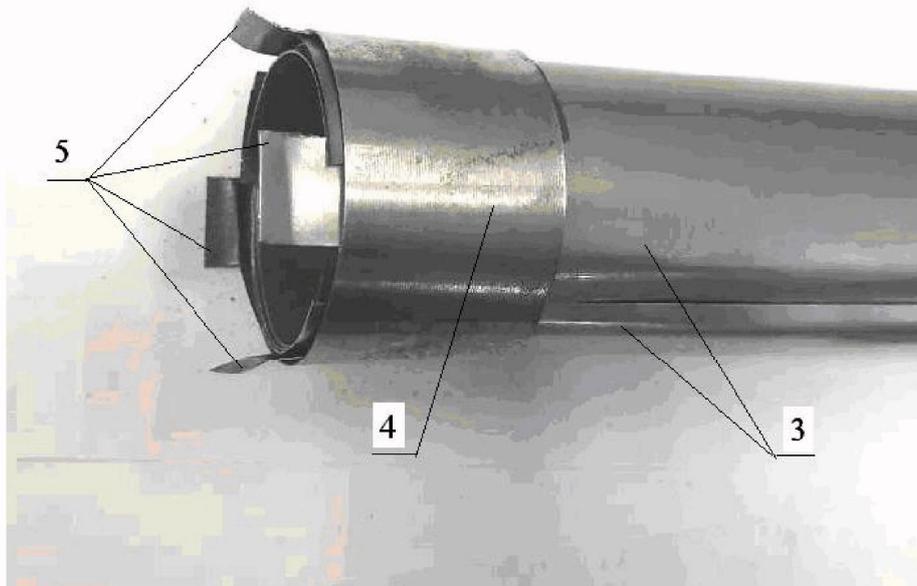


Фиг. 1

2



Фиг. 2



Фиг. 3