



(19) **RU** ⁽¹¹⁾ **2 192 333** ⁽¹³⁾ **C2**
(51) МПК⁷ **B 22 F 3/08**

РОССИЙСКОЕ АГЕНТСТВО
ПО ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

(21), (22) Заявка: 2000101013/02, 17.01.2000

(24) Дата начала действия патента: 17.01.2000

(46) Дата публикации: 10.11.2002

(56) Ссылки: RU 2124416 C1, 10.01.1999. RU 2063449 C1, 10.07.1996. EP 0331285 A2, 06.09.1989. US 5271726, 21.12.1993.

(98) Адрес для переписки:
456770, Челябинская обл., г. Снежинск, ул.
Васильева, 13, а/я 245, отдел
интеллектуальной собственности, Г.В.Бакалову

(71) Заявитель:
Российский федеральный ядерный центр -
Всероссийский научно-исследовательский
институт технической физики им. акад.
Е.И.Забабахина,
Министерство Российской Федерации по
атомной энергии

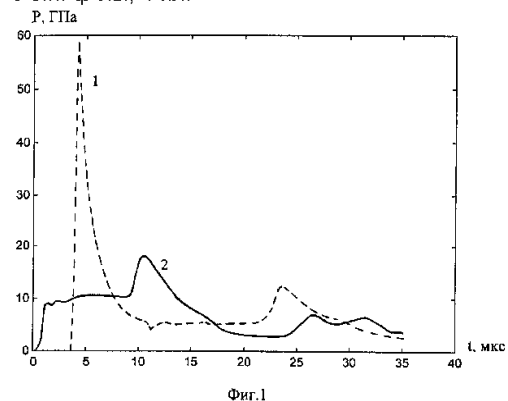
(72) Изобретатель: Козлов Е.А.,
Абакшин Е.В., Андрюшин В.И.

(73) Патентообладатель:
Российский федеральный ядерный центр -
Всероссийский научно-исследовательский
институт технической физики им. акад.
Е.И.Забабахина,
Министерство Российской Федерации по
атомной энергии

(54) СПОСОБ ДИНАМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ПОРОШКОВЫХ МАТЕРИАЛОВ

(57)
Изобретение относится к области обработки порошковых материалов высокими импульсным давлением и температурой, к получению компактных изделий. Предложенный способ включает формование полый сферической заготовки из порошка, установку в полости заготовки вкладыша из материала, акустическая жесткость которого не менее акустической жесткости компактируемого вещества, размещение заготовки в центре сферического корпуса и циклическое импульсное нагружение с последовательно снижающимся уровнем давления во фронте сходящейся ударной волны в каждом последующем цикле. Согласно изобретению первоначально осуществляют динамическую подпрессовку заготовки путем нагружения ее давлением продуктов взрыва от сферически расходящейся детонационной волны.

Обеспечивается получение компактных прочных заготовок из порошков и снижение до минимума графитизации, окисления и взаимодействия частиц порошка в заготовке. 3 з.п. ф-лы, 4 ил.



RU 2 192 333 C2

RU 2 192 333 C2



(19) **RU** ⁽¹¹⁾ **2 192 333** ⁽¹³⁾ **C2**
 (51) Int. Cl.⁷ **B 22 F 3/08**

RUSSIAN AGENCY
 FOR PATENTS AND TRADEMARKS

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

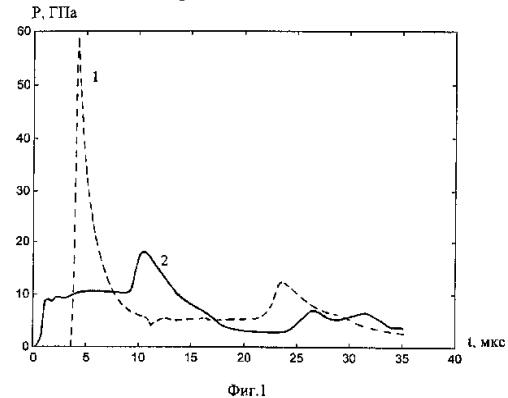
(21), (22) Application: 2000101013/02, 17.01.2000
 (24) Effective date for property rights: 17.01.2000
 (46) Date of publication: 10.11.2002
 (98) Mail address:
 456770, Cheljabinskaja obl., g. Snezhinsk,
 ul. Vasil'eva, 13, a/ja 245, otdel
 intellektual'noj sobstvennosti, G.V.Bakalovu

(71) Applicant:
 Rossijskij federal'nyj jadernyj tsentr -
 Vserossijskij nauchno-issledovatel'skij
 institut tekhnicheskoy fiziki im. akad.
 E.I.Zababakhina,
 Ministerstvo Rossijskoj Federatsii po
 atomnoj ehnergii
 (72) Inventor: Kozlov E.A.,
 Abakshin E.V., Andrjushin V.I.
 (73) Proprietor:
 Rossijskij federal'nyj jadernyj tsentr -
 Vserossijskij nauchno-issledovatel'skij
 institut tekhnicheskoy fiziki im. akad.
 E.I.Zababakhina,
 Ministerstvo Rossijskoj Federatsii po
 atomnoj ehnergii

(54) **METHOD FOR DYNAMIC TREATMENT OF POWDER MATERIALS**

(57) Abstract:
 FIELD: processes and equipment for treating powder materials at high impulse pressure and elevated temperature, manufacture of compacted products. SUBSTANCE: method comprises steps of forming hollow spheric blank out of powder; placing in cavity of blank insert of material whose acoustic rigidity is no less than that of compacted material; placing blank in center of spheric casing and applying cyclic impulse load to blank at successively decreased pressure level along front of converging shock wave at each next cycle; according to invention initially realizing dynamic afterpressing of blank at loading it by means of pressure of explosion products from spherically diverging detonation wave. EFFECT: enhanced strength

of compacted powdered blanks with minimum degree of graphitization, oxidation and mutual interaction of powder particles in blank. 4 cl, 4 dwg



RU 2 1 9 2 3 3 3 C 2

RU 2 1 9 2 3 3 3 C 2

Изобретение относится к области обработки порошковых материалов высокими импульсным давлением и температурой, создаваемыми взрывным или ударно-волновым нагружениями с последующим высокоскоростным охлаждением.

Известен способ, реализуемый в патенте США 3659972, В 29 С 13/00, опубл. 1972г., в котором при работе устройства для искусственного получения алмазов с помощью взрыва, направленного внутрь, порошок засыпается в сферическую полость корпуса, сферически сходящаяся ударная волна воздействует на корпус, обжимает порошок, обеспечивая его компактирование.

Недостатком описанного выше способа является то, что порошок засыпается в полость без предварительного уплотнения, что приводит к реализации при сжатии высоких температур и осуществлению преобразований в материале каждой частицы порошка. При низкой объемной плотности частиц происходит их оплавление, окисление и в результате - потеря первоначальных свойств материала. Таким образом, описанный способ позволяет обрабатывать ограниченную номенклатуру порошков и не позволяет компактировать порошки высокой дисперсности.

Наиболее близким по технической сущности к заявляемому техническому решению является способ динамической обработки материалов, описанный в патенте 2124416 от 24.12.97, опубл. 1999г., который выбран в качестве ближайшего аналога.

Способ включает формирование заготовки в виде полый сферы, при этом в центральной полости заготовки размещают сферический вкладыш. Предварительное формирование заготовки осуществляют до плотности не менее 0,5 плотности частиц исходного порошка. Заготовку с вкладышем устанавливают в сферическом корпусе, а затем осуществляют погружение сферически сходящейся ударной волной, реализуя циклическое импульсное нагружение заготовки с последовательно снижающимся уровнем давления, при этом вкладыш выполняют из материала, акустическая жесткость которого не менее акустической жесткости материала заготовки.

Способ позволяет компактировать порошковые материалы, создавая высокий уровень давления во фронте сферически сходящейся ударной волны. При этом вкладыш, подвергаясь внутренним разрушениям в области воздействия максимальных растягивающих напряжений, обеспечивает сохранение целостности компактируемой заготовки и предохраняет ее от появления в ней пор и трещин.

Недостатком ближайшего аналога является то, что нагружению сферически сходящейся волной подвергается недостаточно уплотненная заготовка, что приводит к перегреву частиц компактируемого порошка, к неравномерному распределению плотности по радиусу заготовки, не гарантирует сохранение чистоты компактируемого материала из-за возможного загрязнения его материалом корпуса и вкладыша вследствие откольных разрушений последних под воздействием растягивающих нагрузок. Все это снижает качество

компактов. Кроме того, ограничен круг компактируемых материалов, т.к. есть материалы, компактирование которых возможно только при более высокой первоначальной плотности заготовки. Есть материалы (к ним относятся все высокодисперсные), из которых получить предварительно сформированную заготовку с уровнем начальной плотности, ограниченным, как в прототипе, технологически невозможно или очень сложно. При этом может происходить нарушение структуры и изменение свойств, присущих порошкам.

В основу настоящего способа положена задача расширения круга компактируемых материалов при повышении качества получаемых компактов.

Поставленная задача решается тем, что в способе динамической обработки порошковых материалов, включающем формирование полый сферической заготовки из порошка, установку в полости сферической заготовки сферического вкладыша из материала, акустическая жесткость которого не менее акустической жесткости порошкового материала, размещение заготовки в центре сферического корпуса и циклическое импульсное нагружение с последовательно снижающимся уровнем давления в фронте сходящейся ударной волны в каждом последующем цикле, согласно изобретению после размещения сферической заготовки в центре сферического корпуса осуществляют динамическую подпрессовку заготовки при нагружении ее давлением продуктов взрыва сферически расходящейся детонационной волны. Сферически расходящуюся детонационную волну создают зарядом взрывчатого вещества, размещенного над наружной поверхностью заготовки, при взаимодействии его устройством, расположенным на внутренней поверхности заряда взрывчатого вещества. Ударную сферически сходящуюся волну формируют при отражении сферически расходящейся детонационной волны от внутренней поверхности сферического корпуса, либо ударную сферически сходящуюся волну создают при взаимодействии сферически расходящейся ударной волной заряда взрывчатого вещества, размещенного на наружной поверхности корпуса.

Возможность решения поставленной задачи обусловлена тем, что продукты взрыва сферически расходящейся детонационной волны создают на заготовку давление подпрессовки, уровень которого значительно ниже, чем уровень давления сферически сходящейся волны, обеспечивающей компактирование заготовки, а длительность фазы динамической подпрессовки достаточна для протекания процесса упорядочения частиц и обеспечения большей плотности заготовки к моменту воздействия на нее компактирующего импульса от сферически сходящейся ударной волны. Это позволяет снизить величину импульсного разогрева частиц порошка и сводит к минимуму протекание нежелательных процессов графитизации, окисления или химического взаимодействия частиц порошка в заготовке. Динамическая подпрессовка компактируемого высокодисперсного твердого порошка непосредственно перед приходом на заготовку основной сферически сходящейся

ударной волны повышает качество получаемых компактов и позволяет сохранить уникальные физико-механические свойства для расширенного круга обрабатываемых порошков, компактирование которых другими способами технологически неосуществимо.

Наличие отличительных от прототипа признаков позволяет сделать вывод о соответствии заявляемого изобретения критерию "новизна".

В процессе поиска не выявлено технических решений, содержащих признаки, сходные с отличительными признаками заявляемого устройства, что позволяет сделать вывод о соответствии заявляемого решения критерию "изобретательский уровень".

Предлагаемый способ иллюстрируется графиками, представленными на фиг. 1-4.

На фиг. 1 представлен график изменения во времени давления на наружной поверхности сферической оболочки, охватывающей заготовку в процессе ее компактирования: 1 - при реализации способа-прототипа, 2 - при реализации заявляемого способа.

На фиг. 2 представлен график распределения плотности по радиусу компактируемого слоя на момент времени, соответствующий выходу сходящейся ударной волны на границу заготовки и вкладыша: 1 - при реализации способа-прототипа, 2 - при реализации заявляемого способа.

На фиг. 3 представлен график распределения плотности по радиусу компактируемого слоя на момент фокусировки сходящейся ударной волны в центре вкладыша: 1 - при реализации способа-прототипа, 2 - при реализации заявляемого способа.

На фиг. 4 представлен график распределения плотности по радиусу компактируемого слоя на момент выхода отраженной от центра устройства ударной волны на поверхность сферической оболочки, охватывающей заготовку: 1 - при реализации способа-аналога, 2 - при реализации заявляемого способа.

Способ реализуется следующим образом. Из порошка, подлежащего обработке, формируют полую сферическую заготовку, состоящую из двух полых полусферических деталей. Порошок при формировании заготовки уплотняется до плотности, обеспечивающей заготовке сохранение формы. Во внутренней полости заготовки размещают сферический вкладыш, который может быть однослойным или многослойным. Сборку устанавливают в устройство для динамической обработки так, что центр вкладыша совпадает с центром устройства. Герметичная сферическая оболочка охватывает сборку. На оболочке размещают заряд взрывчатого вещества, система задействия которого установлена на наружной поверхности сферической оболочки. Корпус, окружающий все описанные выше слои, выполняют однослойным или многослойным.

После задействия устройства для динамической обработки порошков во взрывчатом веществе, размещенном на наружной поверхности сферической оболочки, охватывающей заготовку, создают

сферически расходящуюся детонационную волну, направленную от центра к корпусу. Продукты взрыва,двигающиеся к центру устройства, осуществляют предварительную динамическую подпрессовку заготовки из порошка, осуществляя нагружение, уровень которого намного ниже, чем уровень нагрузки в способе-прототипе. Уровень этого давления поддерживается в течение некоторого времени практически на постоянном уровне (см. фиг. 1, линия 2), что обеспечивает выборку зазоров между зернами порошка в заготовке и дополнительное уплотнение заготовки до величин, превышающих уровень плотности, достигнутый в процессе предварительного формирования заготовки. Обеспечить такой уровень плотности другими методами для определенного класса порошков просто невозможно. Получение заготовки с такой плотностью позволяет обеспечить ее более качественное уплотнение в процессе динамического прессования в сферически сходящихся волнах. Давление подпрессовки поддерживается до момента времени, пока сферически расходящаяся волна не отразится от корпуса устройства и не сформирует сферически сходящуюся волну, а та, в свою очередь, распространяясь, не выйдет на наружную поверхность оболочки, охватывающей заготовку.

При отражении от корпуса расходящейся детонационной волны формируется сферически сходящаяся к центру ударная волна. Под ее воздействием и при последующих отражениях сферическая оболочка, охватывающая заготовку, заготовка и вкладыш испытывают циклическое импульсное нагружение с постоянно снижающимся уровнем давления. При этом амплитуда первой сферически сходящейся волны в предлагаемом способе импульсного нагружения меньше, чем в способе-прототипе (см. фиг. 1). Под воздействием на заготовку указанной импульсной нагрузки реализуется процесс ударно-волнового разогрева до температур, которые обеспечивают лишь частичное оплавление зерен материала заготовки, предотвращая их полное плавление, но достаточное для срачивания зерен в заготовке. При этом процесс происходит при более щадящем, чем в прототипе, режиме нагружения, исключая откольные явления в материале герметизирующей заготовку оболочки, а значит, гарантирует чистоту получаемого компакта.

При реализации заявляемого способа уровень первоначального давления, обеспечивающего импульсную подпрессовку, невысок, так как он обусловлен давлением, создаваемым продуктами взрыва от сферически расходящейся детонационной волны, направленной к корпусу. В одном из вариантов исполнения на наружной поверхности корпуса может быть размещен еще один слой взрывчатого вещества, инициирование которого будет происходить сферически расходящейся волной от первого слоя при задействовании его устройством, расположенным на наружной поверхности заряда.

Создаваемый в заявляемом способе режим нагружения позволяет получить более равномерное распределение плотности по радиусу заготовки (см. фиг.2-4) и большие

значения плотности на момент времени, близкий к окончанию динамического компактирования (фиг.4). Анализ графиков позволяет увидеть, что в момент выхода сходящейся ударной волны на границу раздела заготовки и вкладыша, плотность заготовки и заявляемом способе ниже, чем в прототипе (фиг. 2), так как амплитуда основной волны больше в способе-прототипе. Затем, на более поздний момент времени, соответствующий приходу сферически сходящейся ударной волны к центру вкладыша, происходит значительное выравнивание плотности по радиусу заготовки в прототипе (фиг.3), а плотность заготовки в заявляемом способе пока еще имеет явно выраженное распределение по радиусу. Это объясняется тем, что уровень давления невысок и слои, расположенные ближе к вкладышу, не претерпели к этому моменту времени значительного уплотнения. Однако заготовка уже настолько подготовлена, что, после воздействия отраженной от центра вкладыша ударной волны, величина уплотнения и полнота выравнивания по радиусу плотности материала заготовки в предлагаемом способе превышают аналогичные характеристики заготовки, обработанной по способу-прототипу (фиг.4).

Процесс, реализуемый в заявляемом способе, позволяет получить компактные прочные заготовки из порошков, компактирование которых было невозможно, например: порошки ультрадисперсного алмаза (УДА), нанокерамики нитрида титана TiN со средним размером зерна 20 нм, микрокерамики SiO с размером зерна 5-15 мкм. Таким способом удалось получить высокоплотные твердые и прочные компакты УДА. При динамическом компактировании микрокерамики SiO с зерном 5-15 мкм получены компакты плотностью до 99% от теоретически возможной и микротвердостью 4,5 ГПа. Эти величины превосходят, соответственно, плотность горячепрессованной керамики SiO (96%) и микротвердость монокристаллов SiO (3,3 ГПа). При динамическом компактировании нанокерамики нитрида титана со средним размером зерна 20 нм были достигнуты: плотность 4,50 г/см³ и твердость 25 ГПа,

существенно превосходящие аналогичные характеристики при других, в частности магнитоимпульсном, способах компактирования предварительно подогретых до 723... 873 К тех же нанопорошков с реализацией в компактах плотности TiN на уровне 4,12...4,35 г/см³ и твердости 7,1...14,0 ГПа.

Формула изобретения:

1. Способ динамической обработки порошковых материалов, включающий формирование полый сферической заготовки из порошка, установку в полости сферической заготовки сферического вкладыша из материала, акустическая жесткость которого не менее акустической жесткости порошкового материала, размещение сферической заготовки в центре сферического корпуса и циклическое импульсное нагружение с последовательно снижающимся уровнем давления во фронте сферически сходящейся ударной волны в каждом последующем цикле, отличающийся тем, что после размещения сферической заготовки в центре сферического корпуса осуществляют динамическую подпрессовку сферической заготовки путем нагружения ее давлением продуктов взрыва от сферически расходящейся детонационной волны.

2. Способ по п. 1, отличающийся тем, что сферически расходящуюся детонационную волну создают в заряде взрывчатого вещества, размещенного над наружной поверхностью сферической заготовки, при задействовании его устройством, расположенным на внутренней поверхности заряда взрывчатого вещества.

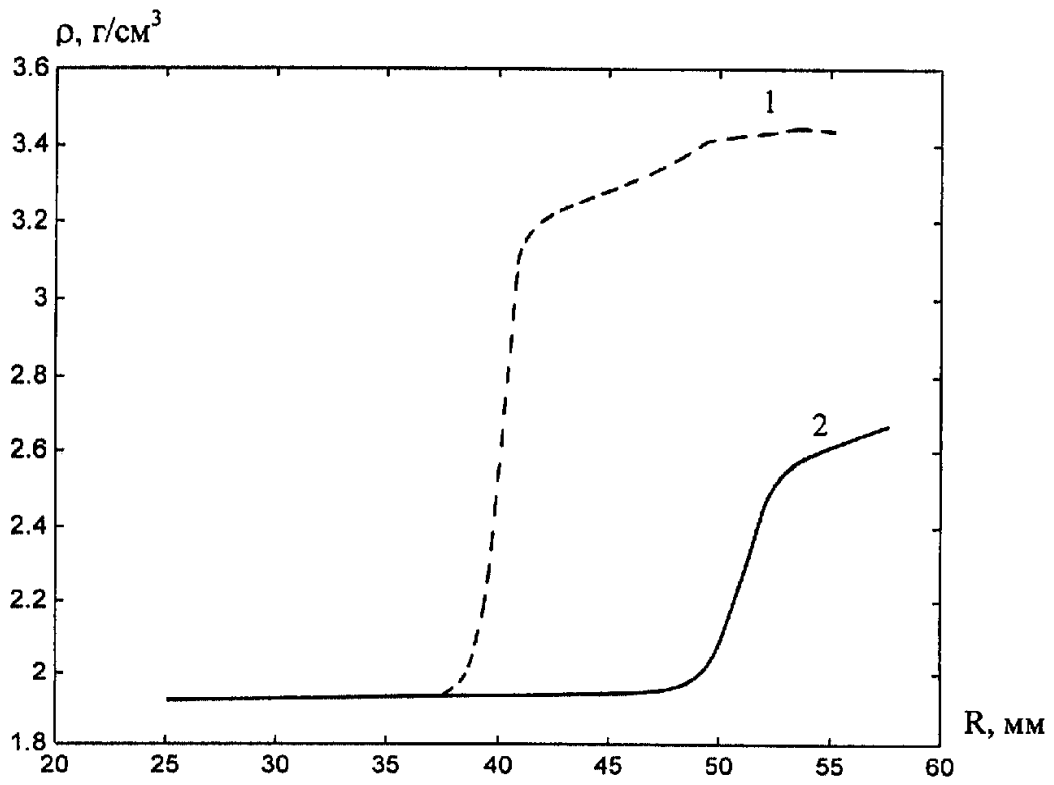
3. Способ по п. 1, отличающийся тем, что ударную сферически сходящуюся волну создают путем отражения сферически расходящейся детонационной волны от внутренней поверхности сферического корпуса.

4. Способ по п. 1, отличающийся тем, что ударную сферически сходящуюся волну создают при задействовании сферически расходящейся ударной волной заряда взрывчатого вещества, размещенного на наружной поверхности корпуса, при задействовании его устройством, расположенным на наружной поверхности заряда.

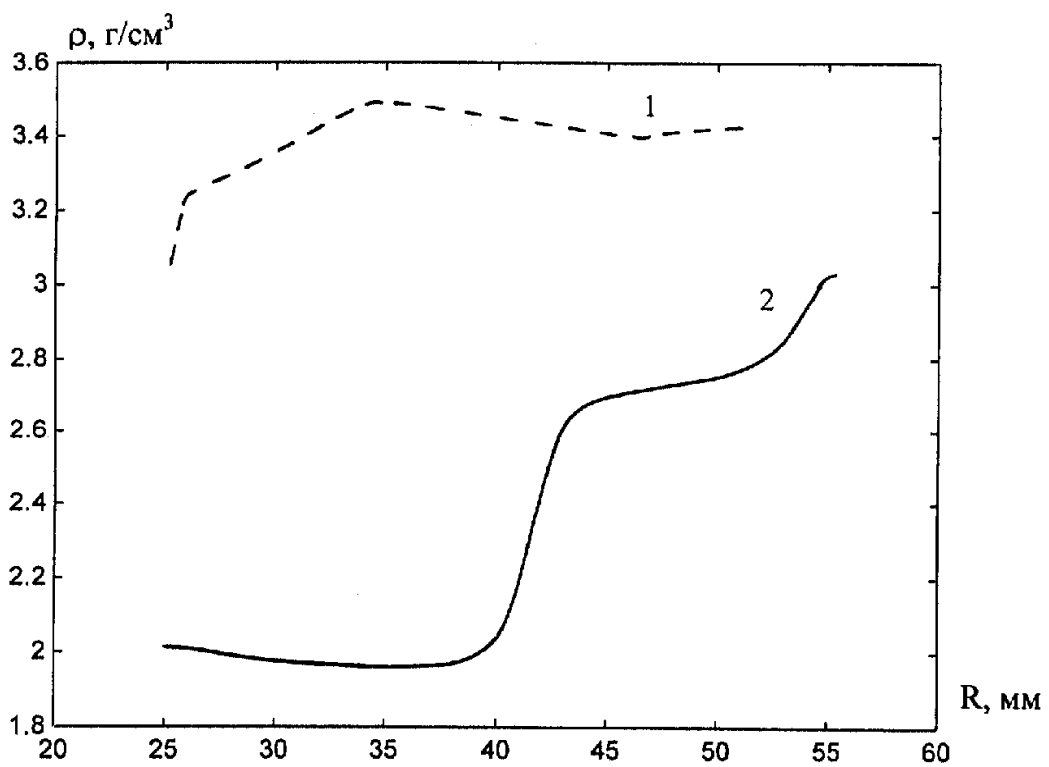
50

55

60



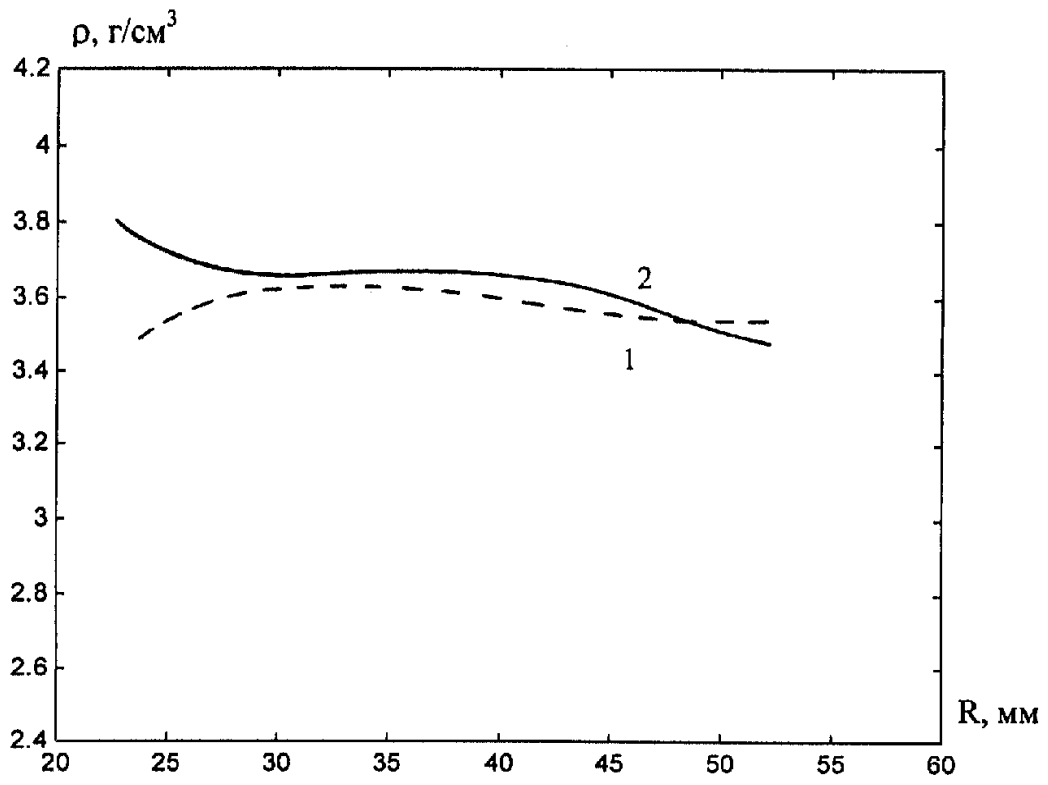
Фиг.2



Фиг.3

RU 2192333 C2

RU 2192333 C2



Фиг.4

RU 2192333 C2

RU 2192333 C2