

# ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(12)

РЕСПУБЛИКА БЕЛАРУСЬ



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ЦЕНТР  
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ  
СОБСТВЕННОСТИ

(19) ВУ (11) 23024

(13) С1

(46) 2020.06.30

(51) МПК

C 21D 1/10 (2006.01)

C 21D 9/08 (2006.01)

(54)

## УСТРОЙСТВО ДЛЯ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОГО НАГРЕВА ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ЗАГОТОВОК И ОТПУСКА И НОРМАЛИЗАЦИИ ПОКОВОК В ПРОЦЕССЕ ШТАМПОВКИ

(21) Номер заявки: а 20180022

(22) 2018.01.23

(43) 2019.08.30

(71) Заявитель: Белорусский национальный технический университет (ВУ)

(72) Авторы: Адаменко Владимир Михайлович; Мрочек Жорж Адамович (ВУ)

(73) Патентообладатель: Белорусский национальный технический университет (ВУ)

(56) SU 1498797 A1, 1989.

RU 2266339 C2, 2005.

RU 2150517 C1, 2000.

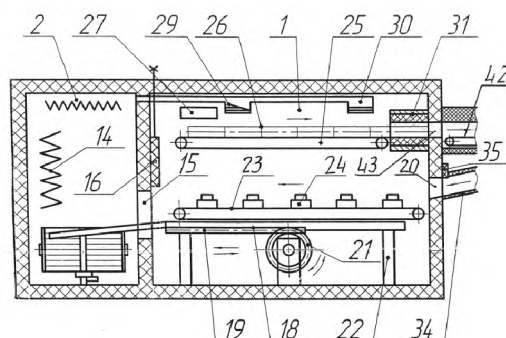
SU 561742, 1977.

SU 1409382 A1, 1988.

SU 675632, 1979.

(57)

1. Устройство для предварительного нагрева цилиндрических заготовок и отпуска и нормализации поковок в процессе штамповки, соединяемое с горячештамповочным прессом и содержащее футерованный корпус, в котором расположены камера предварительного нагрева, камера выдержки и камера охлаждения, расположенная ниже камеры выдержки, при этом камера охлаждения содержит наклонный, стационарно установленный рольганг со свободно вращающимися роликами, окно для выгрузки поковок с автоматической заслонкой и окно для загрузки поковок с автоматической заслонкой, которое соединено с камерой выдержки, которая содержит установленный на опорах с возможностью качания рольганг со свободно вращающимися роликами, один конец которого соединен с кривошипом, который соединен с выходным валом мотора-редуктора,



Фиг. 1

ВУ 23024 С1 2020.06.30

# ВУ 23024 С1 2020.06.30

установленного вне камеры выдержки, а другой конец упомянутого рольганга расположен у окна, соединяющего упомянутую камеру с камерой охлаждения, а камера предварительного нагрева содержит конвейер для перемещения поступающих от горячештамповочного прессы горячештампованных поковок, под которым расположен закрепленный на опорах механизм укладки горячештампованных поковок, включающий зубчатую рейку, смонтированную на горизонтально расположенных направляющих с возможностью возвратно-поступательного движения посредством шестерни, жестко насаженной на выходной вал мотора-редуктора, установленного вне камеры предварительного нагрева; наклонно установленный скат, неподвижно соединенный с механизмом укладки горячештампованных поковок и расположенный в окне камеры выдержки с возможностью подачи горячештампованных поковок на рольганг, расположенный в камере выдержки, и расположенный над конвейером для перемещения горячештампованных поковок конвейер для перемещения цилиндрических заготовок через футерованный индуктор в горячештамповочный пресс, при этом камера предварительного нагрева воздуховодом соединена с камерой охлаждения, в которой установлен вентилятор для принудительной подачи теплового потока, исходящего от охлаждаемых поковок в камеру предварительного нагрева.

2. Устройство по п. 1, **отличающееся** тем, что угол поворота рольганга, установленного в камере выдержки, составляет  $10-15^\circ$ , а мотор-редуктор выполнен с возможностью вращения кривошипа со скоростью 1-1,5 об/мин.

---

Изобретение относится к области индукционного нагрева, термической обработки заготовок и может быть использовано для сквозного нагрева предварительно нагретых цилиндрических заготовок под пластическую деформацию отпуска, нормализацию поковок, например: деталей рулевых механизмов из стали 25ХГТ, после их штамповки на кривошипных горячештамповочных прессах (КГШП) с использованием остаточного штамповочного тепла.

Известно устройство для индукционного нагрева заготовок, содержащее заключенный в футеровку индуктор, по меньшей мере с одного торца которого установлена теплоизоляционная крышка, снабженная установленным на ее плоской поверхности резистивным электронагревателем и дополнительной обмоткой, при этом дополнительная обмотка намотана по периметру крышки на всю толщину, а ее концы присоединены к обоим концам резистивного электронагревателя [1].

Для осуществления известного устройства индукционного нагрева заготовки помещают в индуктор и нагревают индукционными токами от индуктора и излучением от резистивного нагревателя, разогреваемого токами ЭДС, наводимой электромагнитным полем в дополнительной катушке. При достижении крайней заготовкой конечной температуры крышка открывается, и заготовки перемещаются в индукторе в сторону разгрузочного окна. После перемещения и удаления нагретой заготовки крышка вновь закрывается, при этом обеспечивается равномерный нагрев по длине с исключением подстуживания торцевой поверхности заготовок.

К недостаткам известного устройства для индукционного нагрева следует отнести отсутствие возможности предварительного нагрева заготовок, а следовательно, и повышенный расход электроэнергии.

Известен агрегат для термообработки поковок, содержащий последовательно установленные нагревательную печь, охлаждающее устройство в виде бака с вентилятором и механизмом транспортировки и отпускную печь, при этом над баком расположен нагреватель, соединенный с полостью бака посредством каналов [2].

В таком известном агрегате имеется возможность попеременно производить такие процессы, как закалка, нормализация, изотермический отжиг предварительно охлажденных поковок, создаются благоприятные условия для их равномерного нагрева и охлажде-

## ВУ 23024 С1 2020.06.30

ния, при этом повышается качество термообработки по сравнению садки на поддоне в стационарном состоянии.

Недостатком известного агрегата для термообработки поковок является отсутствие возможности использования остаточного штамповочного тепла горячештампованных поковок после их пластической деформации на кривошипных горячештампованных прессах, что, в свою очередь, приводит к повышенному расходу электроэнергии.

Наиболее близким по технической сущности к предлагаемому является устройство (прототип) для изотермического отжига цилиндрических поковок с использованием ковочного тепла, содержащее термостат, установленный с возможностью вращения, который состоит из камеры нагрева, выдержки и охлаждения, в которой установлен барабан с продольными вырезами и с ней же соединяется посредством наклонного канала, а в теплоизолированной камере устанавливается тара для поковок, а барабан выполнен с возможностью шагового поворота для последовательного совмещения продольных вырезов с наклонными каналами, а загрузка поковок в термостат осуществляется посредством гидроцилиндра [3].

Недостатками данного устройства являются невозможность использования остаточного тепла для предварительного нагрева цилиндрических заготовок, а также выполнение операций термообработки поковок различного профиля, а для технологического исполнения известного устройства требуются значительные материальные затраты.

Задачей, решаемой изобретением, является расширение технологических возможностей, использование остаточного тепла горячештампованных поковок, направленное на предварительный нагрев цилиндрических заготовок, отпуск, нормализацию поковок различного профиля, экономия электроэнергии, повышение качества термообработки.

Поставленная задача достигается тем, что устройство для предварительного нагрева цилиндрических заготовок и отпуска и нормализации поковок соединено с горячештамповочным прессом и содержащий футерованный корпус, в котором расположены камера предварительного нагрева, камера выдержки и камера охлаждения, расположенная ниже камеры выдержки, при этом камера охлаждения содержит наклонный, стационарно установленный рольганг со свободно вращающимися роликами, окно для выгрузки поковок с автоматической заслонкой и окно для загрузки поковок с автоматической заслонкой, которое соединено с камерой выдержки, которая содержит установленный на опорах с возможностью качания рольганг со свободно вращающимися роликами, один конец которого соединен с кривошипом, который соединен с выходным валом мотора-редуктора, установленного вне камеры выдержки, а другой конец упомянутого рольганга расположен у окна, соединяющего упомянутую камеру с камерой охлаждения, а камера предварительного нагрева содержит конвейер для перемещения поступающих от горячештамповочного пресса горячештампованных поковок, под которым расположен закрепленный на опорах механизм укладки горячештампованных поковок, включающий зубчатую рейку, смонтированную на горизонтально расположенных направляющих с возможностью возвратно-поступательного движения посредством шестерни, жестко насаженной на выходной вал мотора-редуктора, установленного вне камеры предварительного нагрева; наклонно установленный скат, неподвижно соединенный с механизмом укладки горячештампованных поковок и расположенный в окне камеры выдержки с возможностью подачи горячештампованных поковок на рольганг, расположенный в камере выдержки, и расположенный над конвейером для перемещения горячештампованных поковок конвейер для перемещения цилиндрических заготовок через футерованный индуктор в горячештамповочный пресс, при этом камера предварительного нагрева воздуховодом соединена с камерой охлаждения, в которой установлен вентилятор для принудительной подачи теплового потока, исходящего от охлаждаемых поковок в камеру предварительного нагрева.

На фиг. 1 изображено устройство в исходном положении, общий вид; на фиг. 2 - то же, план, на фиг. 3 - разрез А-А на фиг. 2.

## ВУ 23024 С1 2020.06.30

Установка состоит из камеры 1 предварительного нагрева, камеры 2 выдержки, камеры 3 охлаждения с единой футеровочной системой. Камера 3 охлаждения расположена ниже уровня камеры выдержки. Камера 3 охлаждения имеет наклонный стационарный рольганг 4 с свободно вращающимися, но не приводными роликами, установленный на стойках 5 и 6 и служащий для размещения поковок для остывания после термообработки, боковые упоры 38, 45 для ограничения бокового перемещения поковок при скатывании, а также разгрузочное окно 7 для перемещения охлажденных поковок, при этом разгрузочное окно имеет автоматическую перемещающуюся заслонку 8, служащую для открытия-закрытия разгрузочного окна, а также для удержания поковок на наклонном рольганге в качестве упора, а для обеспечения условия скатывания охлажденных поковок угол наклона рольганга составляет  $10-15^\circ$  по отношению к расположению разгрузочного окна, с наружной стороны которого установлена тара 36 для охлажденных поковок. В камере охлаждения 3 установлен вентилятор 9 для принудительной циркуляции теплового потока, исходящего от охлаждаемых поковок в камеру предварительного нагрева 1 по воздуховодам 29, 30. Камера 3 охлаждения и камера 2 выдержки разделены между собой футеровочной перегородкой, в которой имеется окно 10, служащее загрузочным для камеры 3 охлаждения и разгрузочным для камеры 2 выдержки, при этом в рабочем положении оно автоматически закрывается заслонкой 40, а при перемещении поковок из камеры 2 выдержки в камеру 3 охлаждения автоматически открывается. Камера 2 выдержки имеет 2-рядный качающийся рольганг 11 со свободно вращающимися, но не приводными роликами, установленный на опорах 12, имеющий боковые упоры для ограничения бокового перемещения при скатывании поковок, а в продольном направлении упор 41 применяется с целью эффективной укладки поковок и снижения коэффициента времени нагрева, по сравнению с садкой на поддоне, зависящий от конфигурации поковок, который составляет 1,4...2,2, а также для исключения воздействия тепловой деформации на конструкцию роликов. С целью обеспечения условия качания качающийся рольганг 11 одной стороной соединен с кривошипом 37, имеющим электромеханический привод 13, выполненный в виде мотора-редуктора. При этом угол качания рольганга составляет  $10-15^\circ$  относительно оси качания, расположенный на опоре 12.

Камера 2 выдержки снабжена электронагревателями 14, служащими для создания температуры термообработки, и соединена с камерой 1 предварительного нагрева загрузочным окном 15 с автоматической заслонкой 16, служащим загрузочным для камеры 2 выдержки и разгрузочным для камеры 1 предварительного нагрева. В камеру 1 предварительного нагрева входит транспортный конвейер 25 толкательного типа, служащий для перемещения цилиндрических заготовок 26, в автоматическом режиме футерованный индуктор 31, служащий для окончательного нагрева заготовок 26, футерованный транспортный конвейер 42 для перемещения нагретых заготовок 26 для пластической деформации на кривошипном горячештамповочном прессе через окно 43, а также транспортный конвейер 23 для перемещения горячештампованных поковок 24 в камеру 2 выдержки, футерованный склиз 34 для перемещения горячештампованных поковок после штамповки на КГШП в камеру 2 выдержки через окно 20, выполненное в футерованной стене, имеющее автоматически открывающуюся и закрывающуюся заслонку 35 для исключения потерь энергии теплового потока. Снизу транспортного конвейера 23 установлен механизм укладки горячештампованных поковок в камеру 2 выдержки, закрепленный на опорах 22, состоящий из ската 17, служащий для перемещения поковок и изменения их направления, неподвижно закрепленный на зубчатой рейке 19, установленной на направляющей 18, и входит в зацепление с шестерней 21, жестко связанной с приводом 39, установленным вне камеры 1 предварительного нагрева, при этом зубчатая рейка 19 обеспечивает возвратно-поступательное движение ската 17 в автоматическом режиме.

Камера 1 предварительного нагрева имеет транспортный конвейер 23 для горячештампованных поковок 24, а в верхней части - транспортный конвейер 25 толкательного

## ВУ 23024 С1 2020.06.30

типа для цилиндрических осевых заготовок 26, а также загрузочное окно 27 с автоматической заслонкой 28, воздуховодами 29, 30 для принудительной подачи теплового потока из камеры 2 охлаждения, а с противоположной стороны загрузочного окна 27 установлен футерованный индуктор 31, а с наружной стороны камеры 1 предварительного нагрева установлен механизм загрузки цилиндрических заготовок 32, индукционный нагреватель 33 для футерованного индуктора 31.

Устройство работает следующим образом: термообрабатываемая осевая цилиндрическая заготовка 26 из механизма загрузки 32 автоматически подается через загрузочное окно 27 с заданным тактом на несущую ветвь автоматического транспортного конвейера 25 толкательного типа с синхронно работающим с автоматической заслонкой 28 камеры предварительного нагрева 1 к футерованному индуктору 31, при этом 3-4 цилиндрические заготовки поступают в футерованный индуктор 31 без предварительного нагрева, а последующие цилиндрические заготовки 26 за время нахождения на конвейере 25 предварительно нагреваются за счет тепла, выделяемого горячештампованными поковками 24, находящимися на конвейере 23, поступающими сразу после горячей пластической деформации на кривошипных горячештамповочных прессах (КГШП) с остаточной температурой 780-820 °С по футерованному склизу 34 с автоматической открывающейся и закрывающейся заслонкой 35. Рабочая температура в камере 1 предварительного нагрева устанавливается за счет теплового потока первых отштампованных горячих поковок в пределах 100-200 °С, при этом происходит нагрев цилиндрических заготовок. Время выдержки поковок на конвейере регулируется автоматически в зависимости от создаваемой температуры в камере предварительного нагрева в интервале 100-350 °С с помощью установленных датчиков. При приближении поковки 24 к загрузочному окну 15 на расстоянии 100-200 мм автоматически включается электромеханический привод 13, кривошип 37 перемещает, противоположную сторону двухрядный качающийся рольганг 11 в верхнее положение к загрузочному окну 15 для укладки поковок и останавливается. Скорость вращения кривошипа составляет 1-1,5 об/мин, осуществляется по часовой стрелке с автоматической фиксацией положения в верхней и нижней точках, автоматически открывается заслонка 16, включается привод 39 механизма укладки, состоящий из направляющей 18, шестерни 21, при этом скат 17 входит в загрузочное окно 15 камеры 2 выдержки в крайнее левое положение, поковка скатывается с транспортного конвейера 23 на скат 17, скатывается на наклонный двухрядный качающийся рольганг 11, перемещается в крайнее нижнее положение до упора 41. Механизм укладки запрограммирован на рядовую укладку в зависимости от размера поковок. После укладки скат 17 автоматически возвращается в исходное положение, заслонка 16 автоматически закрывается. Автоматически включаются электронагреватели 14 в камере выдержки для создания температуры нормализации 830-850 °С. После достижения требуемой температуры она поддерживается автоматически. Поковки подвергаются нормализации при заданной температуре, и по окончании цикла нормализации автоматически открывается заслонка 40, включается электромеханический привод 13, кривошип 37 перемещает двухрядный качающийся рольганг 11 в нижнее положение от загрузочного окна 10, поковки 24, скатывается на наклонный рольганг 4, при этом поперечное ограничение перемещения поковок по поверхности наклонного рольганга 4 ограничивается упорами 38, 45, а продольное перемещение ограничивается заслонкой 8. Заслонка автоматически закрывается, включается вентилятор 9, и тепловой поток по воздуховоду 30 с температурой 400-800 °С, а с температурой 80-400 °С по воздуховоду 29 направляется в камеру предварительного нагрева. После охлаждения поковок вентилятор 9 автоматически отключается, при этом автоматически открывается наружная заслонка 8, при этом поковки скатываются в тару 36.

### **Пример.**

Тепловой обмен излучением в установке между остаточной нагретой поковкой при температуре  $t=800$  °С и холодной заготовкой при температуре  $t=20$  °С. Например, для по-

## ВУ 23024 С1 2020.06.30

догрева холодной заготовки изготовления детали 4310-3401411 - рейка-поршень рулевого управления, сталь 25ХГТ, с использованием прессы модели К8544 усилием 2500 т и нагревателей мощностью 700 кВт изделия завода ОАО "Автогидроусилитель". Суммарная плотность теплового потока от горячей поковки к заготовке с учетом площади поверхности поковки определяется из выражения [4]:

$$Q = qF = \varepsilon_{\Pi} C_0 [(T_1/100)^4 - (T_2/100)^4] F_1/F_2,$$

где  $q$  - плотность лучистого потока, кВт/м;

$F$  - поверхность излучения, м<sup>2</sup>;

$\varepsilon_{\Pi} = 1/(1/\varepsilon_1 + 1/\varepsilon_2 - 1)$  - предельная степень черноты двух тел;

$\varepsilon_1 = 0,87$  - степень черноты нагретой поковки;

$\varepsilon_2 = 0,94$  - степень черноты заготовки;

$C_0 = 5,77$  Вт/(м<sup>2</sup>·К<sup>4</sup>) - коэффициент излучения абсолютно черного тела;

$T_1, T_2$  - абсолютные температуры тел, °К;

$F_1$  - площадь поковки, м<sup>2</sup>;

$F_2$  - площадь заготовки, м<sup>2</sup>.

Так как площадь поковки приблизительно равна площади заготовки, принимаем  $F_1/F_2 = 1$ .

$$\varepsilon_{\Pi} = \frac{1}{\frac{1}{0,87} + \frac{1}{0,94} - 1} = 0,83.$$

$$Q = 0,83 \times 5,77 \left[ \left( \frac{800 + 273}{100} \right)^4 - \left( \frac{20 + 273}{100} \right)^4 \right] = 63,1 \text{ кВт/м}^2.$$

Температуру предварительно нагретой заготовки определяем с помощью уравнения теплового баланса:

$$C_{\text{пок}} m_{\text{пок}} (t_{\text{пок}} - t) = C_{\text{заг}} m_{\text{заг}} (t - t_{\text{заг}}),$$

где  $C$  - удельная теплоемкость стали ( $C_{\text{пок}} = C_{\text{заг}} = 0,465$  кДж/кг·К);

$m_{\text{пок}}$  - масса поковки, кг ( $m_{\text{пок}} = 6,9$  кг);

$m_{\text{заг}}$  - масса заготовки, кг ( $m_{\text{заг}} = 7,2$  кг);

$t_{\text{пок}}$  - остаточная температура поковки, °С ( $t_{\text{пок}} = 800$  °С);

$t_{\text{заг}}$  - температура холодной заготовки, °С ( $t_{\text{заг}} = 20$  °С);

$t$  - температура заготовки после нагрева в устройстве, °С.

$$C_{\text{пок}} m_{\text{пок}} t_{\text{пок}} - C_{\text{пок}} m_{\text{пок}} t = C_{\text{заг}} m_{\text{заг}} t - C_{\text{заг}} m_{\text{заг}} t_{\text{заг}}$$

$$C_{\text{пок}} m_{\text{пок}} t + C_{\text{заг}} m_{\text{заг}} t = C_{\text{пок}} m_{\text{пок}} t_{\text{пок}} + C_{\text{заг}} m_{\text{заг}} t_{\text{заг}}$$

$$t = \frac{C_{\text{пок}} m_{\text{пок}} t_{\text{пок}} + C_{\text{заг}} m_{\text{заг}} t_{\text{заг}}}{C_{\text{пок}} m_{\text{пок}} + C_{\text{заг}} m_{\text{заг}}} = \frac{0,465 \times 6,9 \times 800 + 0,465 \times 7,2 \times 20}{0,465 \times 6,9 + 7,2 \times 0,465} = 434 \text{ °С}.$$

При этом время для индукционного нагрева холодной заготовки диаметром 85 мм, длиной 190 мм по технологическому процессу составляет 45 с, а предварительно нагретой заготовки до температуры 300±30 °С по предложенному варианту составляет 37 с, что снижает потребление электроэнергии на 16-18 %.

При выполнении термической операции отпуска поковок время нахождения горячештампованных поковок 24 на конвейере 23, его скорость регулируются автоматически с целью снижения температуры поковок до температуры отпуска 250-300 °С. Затем цикл повторяется как для процесса нормализации, при этом температура в камере предварительного нагрева возрастает до 300-350 °С, что, в свою очередь, повышает температуру заготовки до 250-350 °С, что снижает время окончательного нагрева заготовки под пластическую деформацию на 15-20 % по сравнению с существующими методами нагрева. Процессы регулирования температуры осуществляются в автоматическом режиме по соответствующим датчикам.

# BY 23024 C1 2020.06.30

Использование предлагаемого устройства для предварительного нагрева цилиндрических заготовок, отпуска, нормализации поковок с использованием остаточного штамповочного тепла обеспечивает по сравнению с существующим следующие преимущества:

предлагаемое устройство для предварительного нагрева цилиндрических заготовок, отпуска, нормализации поковок с использованием остаточного штамповочного тепла простое в обслуживании и надежное в работе;

позволяет снизить энергозатраты за счет предварительно нагретых цилиндрических заготовок;

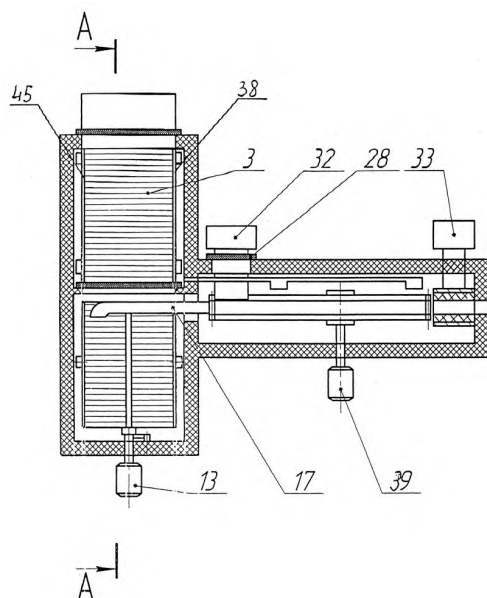
предлагаемое устройство позволяет снизить время окончательного нагрева под пластическую деформацию заготовок на 10-25 % за счет предварительно нагретой заготовки;

уменьшить время нагрева поковок, улучшить их качество путем равномерности структурных превращений при нормализации отпуска за счет укладки на рольганг по сравнению с подом печи;

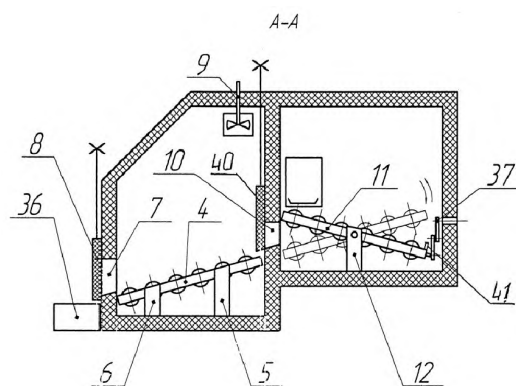
применение футерованной замкнутой системы позволяет более эффективно использовать электроэнергию, тепловую энергию нагретых поковок, исключить подстуживание.

Источники информации:

1. А. с. СССР 675632, МПК Н 05В 11/00, Н 05В 5/08, С 21D 1/12, 1979.
2. А. с. СССР 561742, МПК С 21D 9/00, 1977.
3. А. с. СССР 1498797, МПК С 21D 9/00, 1989.
4. Краснощеков Е.А. и Сукомел А.С. Задачник по теплопередаче: Учеб. пособие для вузов - 4-е изд. Перераб. - М.: Энергия, 1980.



Фиг. 2



Фиг. 3