

# РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



## ПАТЕНТ

НА ИЗОБРЕТЕНИЕ

№ 2451591

### СПОСОБ ПОВЕРХНОСТНОГО УПРОЧНЕНИЯ СТАЛЬНЫХ ФУТЕРОВОК ШАРОВЫХ МЕЛЬНИЦ

Патентообладатель(ли): *Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Санкт-Петербургский государственный горный институт имени Г.В. Плеханова (технический университет)" (RU)*

Автор(ы): *см. на обороте*

Заявка № 2010133477

Приоритет изобретения **09 августа 2010 г.**

Зарегистрировано в Государственном реестре изобретений Российской Федерации **27 мая 2012 г.**

Срок действия патента истекает **09 августа 2030 г.**

*Руководитель Федеральной службы  
по интеллектуальной собственности*

*Б.П. Симонов*







## (12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21), (22) Заявка: **2010133477/02, 09.08.2010**(24) Дата начала отсчета срока действия патента: **09.08.2010**

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: **09.08.2010**(43) Дата публикации заявки: **20.02.2012**(45) Опубликовано: **27.05.2012**(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: **RU 2120849 C1, 27.10.1998. US 5509286 A, 23.04.1996. JP 7096463 A, 11.04.1995.**

Адрес для переписки:

**199106, Санкт-Петербург, В.О., 21 линия, 2, СПГГИ (ТУ), отдел интеллектуальной собственности и трансфера технологий (отдел ИС и ТТ)**

(72) Автор(ы):

**Болобов Виктор Иванович (RU),  
Баталов Андрей Петрович (RU),  
Бойцов Юрий Петрович (RU),  
Бочков Владимир Сергеевич (RU)**

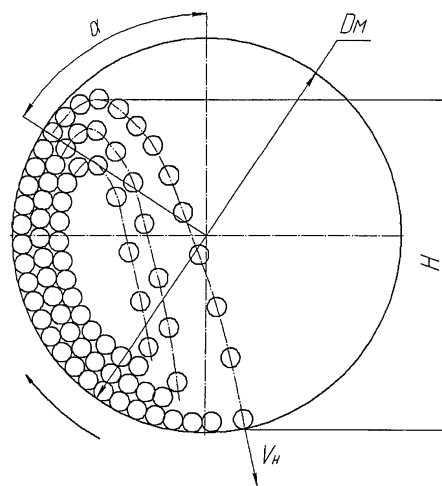
(73) Патентообладатель(и):

**Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Санкт-Петербургский государственный горный институт имени Г.В. Плеханова (технический университет)" (RU)**

## (54) СПОСОБ ПОВЕРХНОСТНОГО УПРОЧНЕНИЯ СТАЛЬНЫХ ФУТЕРОВОК ШАРОВЫХ МЕЛЬНИЦ

(57) Реферат:

Изобретение относится к области упрочняющей обработки деталей и может быть использовано для повышения износостойкости футеровочных плит шаровых мельниц. Шаровую мельницу загружают шарами из отбеленного чугуна с коэффициентом загрузки в интервале 30-40% от внутреннего объема ее барабана. Запускают шаровую мельницу со скоростью вращения барабана  $V_6$ , обеспечивающей падение шаров на футеровку нормально к ее поверхности. Причем  $V_6 = 0,75V_{6\text{крит}}$ , где  $V_{6\text{крит}}$  - скорость вращения барабана, соответствующая переходу параболической траектории движения шаров к круговой. Время бомбардировки футеровки шарами выбирают из условия обеспечения 20-кратного нанесения удара по всей поверхности футеровки. В результате повышается износостойкость поверхностного слоя футеровки мельницы. 1 ил.



Фиг.1

Изобретение относится к области упрочняющей обработки деталей и может быть использовано для повышения износостойкости стальных футеровочных плит шаровых мельниц, в первую очередь из стали 110Г13Л (стали Гадфильда).

Известен способ обработки дробью цельнокатаных железнодорожных колес (RU 2146996 С1, В24С 1/10, 27.03.2000). Данный способ включает упрочнение поверхности диска колес и мест его перехода в обод и ступицу дробью, осуществляемое путем эжекции дроби из шести сопел Лаваля под давлением 4,6-5,5 кгс/см<sup>2</sup> с продолжительностью 8-10 мин с обеих сторон колеса, при этом сопла Лаваля устанавливают в диаметрально противоположных направлениях с возможностью перекрытия зон обработки поверхности трех пар сопел не менее чем на величину радиуса каждой зоны обработки.

Недостатком данного способа является то, что для упрочняющей обработки этим способом футеровок шаровых мельниц необходимо дополнительное оборудование, а именно сопла Лаваля. Также могут возникнуть сложности с установкой сопел внутри корпуса шаровой мельницы и с последующей упрочняющей обработкой.

Известен способ обработки лопаток турбомашин (SU 1269391 А1, В24С 1/00, 20.01.2006), при котором обработку лопаток турбомашин, включающую дробеструйный наклеп в два этапа, причем на первом этапе проводят защиту острых кромок, а на втором этапе обработки ведут стеклянными шариками, отличающийся тем, что, с целью повышения качества обработки, после защиты кромок проводят наклеп стальными шариками при давлении 2-5,5 кгс/см<sup>2</sup>, затем снимают защиту, удаляют с наклепанной поверхности слой толщиной 0,2-10 мкм, а окончательный наклеп проводят при давлении 2-4 кгс/см<sup>2</sup>, причем отношение диаметров стальных шариков к стеклянным выбирают в пределах 8 - 53.

Недостатком данного способа является то, что для проведения упрочняющей обработки шаровой мельницы необходимо применять дополнительное оборудование, также недостатком является то, что стеклянные шарики при обработке футеровки способны разбиваться и, попадая в виде осколков в щели между футеровочными плитами, будут засорять измельчаемую породу.

Известен способ упрочнения внутренних поверхностей цилиндров (RU 2120849 С1, В24С 1/10, 27.10.1998), выбираемый в качестве прототипа. Сущность данного способа заключается в следующем, цилиндры обрабатывают стальными шариками, эжектируемыми смазочно-охлаждающими жидкостями, вместе с фальшцилиндрами, установленными на торцы цилиндров. Обработку ведут шарикофакельным инструментом посредством эжекторной головки с турбинкой. Жидкость подводят одновременно к форсункам и гидроопорам.

Недостатком указанного способа является то, что упрочнение внутренних поверхностей конструкций проводят с применением смазочно-охлаждающей жидкости, которая при применении в шаровой мельнице будет попадать в щели между футеровочными плитами и впоследствии загрязнять измельчаемую породу, также данный способ требует применения дополнительного оборудования, а именно шарикофакельного инструмента.

Техническим результатом изобретения является повышение износостойкости поверхностного слоя футеровки за счет его наклепа.

Технический результат изобретения достигается тем, что в способе поверхностного упрочнения стальных футеровок шаровых мельниц, включающем обработку шарами внутренней поверхности футеровки, шаровую мельницу загружают шарами из отбеленного чугуна, с коэффициентом загрузки в интервале 30-40% от внутреннего объема барабана и запускают со скоростью вращения мельницы  $V_6$ , которую определяют из выражения

$$V_6 = 0,75 V_{\text{крит}}$$

где  $V_{\text{крит}}$  - скорость вращения барабана, соответствующая переходу параболической траектории движения шаров к круговой,

при этом обеспечивают падение шаров на футеровку нормально к ее поверхности, а время бомбардировки футеровки шарами выбирают из условия обеспечения 20-кратного нанесения удара по всей поверхности футеровки.

Сталь при высоких напряжениях и динамических нагрузках способна воспринимать пластическую деформацию с увеличением твердости и износостойкости, т.е. подвергаться наклепу. Для создания условий, при которых стальная футеровка будет подвергаться эффективному наклепу, в данном изобретении предлагается периодически запускать шаровую мельницу при загрузке только шарами, при рассчитанных режимах работы и определенном коэффициенте загрузки мельницы шарами.

Изобретение поясняется чертежом фиг.1, где  $D_m$  - внутренний диаметр корпуса барабана мельницы,  $V_n$  - скорость шара в момент его контакта с поверхностью при движении по параболической траектории,  $\alpha$  - угол отрыва шаров от корпуса барабана шаровой мельницы.

Способ осуществляют следующим образом (фиг.1). Шаровую мельницу со стальной футеровкой загружают шарами из железоуглеродистого сплава, например диаметром 0,04 м из отбеленного чугуна. Коэффициент загрузки мельницы шарами устанавливают таким, чтобы шары внешнего слоя падали на футеровку нормально к ее поверхности без проскальзывания относительно друг друга при подъеме шаров вверх, коэффициент загрузки при этих условиях составит 30-40% от внутреннего объема барабана мельницы. Запускают шаровую мельницу со скоростью

$$V_6 = 0,75 \cdot V_{\text{крит}} = 0,75 \cdot \sqrt{\frac{D_m}{2} \cdot g}$$

где  $V_{б\text{ крит}}$  - скорость вращения барабана, соответствующая переходу параболической траектории движения шаров к круговой;  $g$  - ускорение свободного падения, при этом обеспечивают падение шаров на футеровку нормально к ее поверхности. Время бомбардировки футеровки шарами, выбирают из условия обеспечения 20-кратного удара по всей поверхности футеровки. Это связано с тем, что увеличение сферической вмятины с ростом числа ударов имеет место лишь до 20 ударов, после чего практически прекращается. Данная зависимость приведена в статье Кудрявцева И.В. Влияние кривизны соприкасающихся поверхностей на глубину пластической деформации при упрочнении деталей поверхностным наклепом / И.В.Кудрявцев, Г.Е.Петушков // Повышение прочности деталей машин поверхностным деформированием: материалы II научно-технической конференции. Пермь: ППИ, 1967, на с.42).

Скорость  $V_n$  шара в момент удара о броню рассчитывается из уравнения свободного падения шара, брошенного под углом к горизонту, от наиболее высокой точки  $H$  траектории до места его соприкосновения с пластиной брони (фиг.1).

Способ позволяет повысить износостойкость стальной футеровки, что в свою очередь увеличивает ее срок службы.

### **Формула изобретения**

Способ поверхностного упрочнения стальных футеровок шаровых мельниц, включающий обработку шарами внутренней поверхности футеровки, отличающийся тем, что шаровую мельницу загружают шарами из отбеленного чугуна с коэффициентом загрузки в интервале 30-40% от внутреннего объема ее барабана, запускают шаровую мельницу со скоростью вращения барабана  $V_б$ , обеспечивающей падение шаров на футеровку нормально к ее поверхности, причем  $V_б=0,75 V_{б\text{ крит}}$ , где  $V_{б\text{ крит}}$  - скорость вращения барабана, соответствующая переходу параболической траектории движения шаров к круговой, при этом время обработки футеровки бомбардировкой шарами определяют из условия обеспечения 20-кратного ударного воздействия шаров на всю поверхность футеровки.