

НАУЧНЫЕ ОСНОВЫ НОВОГО ГИРОСКОПИЧЕСКОГО ПРИНЦИПА СОЗДАНИЯ УСИЛИЙ РАЗРУШЕНИЯ В ГОРНЫХ МАШИНАХ И УСТРОЙСТВАХ ДЛЯ РАЗРУШЕНИЯ ГОРНЫХ ПОРОД ИСТИРАНИЕМ

Грабский А.А.¹, Покаместов А.В.²

¹ *Московский государственный горный университет, e-mail: a.a.grabsky@yandex.ru*

² *НПП «Профиль-Т», e-mail: pokamest@bk.ru*

Необходимость разработки новых способов деструкции горных пород и устройств, их реализующих, определяется задачей существенного сокращения энерго- и металлозатрат на разрушение геоматериалов за счет решения проблемы разделения функционального дуализма рабочего органа, разрушающего горную породу, и обеспечения его устойчивой работы с помощью автоматизированной системы с отрицательной обратной связью. В работе впервые разработаны научные основы и на практике реализован метод дезинтеграции горных пород за счет гироскопического эффекта в гироскопических мельницах, позволяющий управлять силовыми нагрузками в результате независимого управления величинами угловых скоростей бегунка и размольного стола, а также спроектирован и выполнен в металле экспериментальный образец гироскопической мельницы (ГМ), не имеющий аналогов в России и за рубежом.

Ключевые слова: гироскопическая мельница, гироскопический эффект, горная машина, деструкция горных пород.

SCIENTIFIC BASES OF A NEW GYROSCOPIC PRINCIPLE CREATIONS OF EFFORTS OF DESTRUCTION IN MOUNTAIN CARS AND DEVICES FOR DESTRUCTION OF ROCKS BY AN ATTRITION

Grabsky A.A.¹, Pokamestov A.V.²

¹ *Moscow state Mining University, e-mail: a.a.grabsky@yandex.ru*

² *NPP Profil-T, e-mail: pokamest@bk.ru*

The necessity to develop new methods of the rocks destruction and the devices, which can realize such methods, is determined by the task to reduce energy and metal costs for the destruction of geomaterials significantly at the expense of resolving the problem of functional dualism separation of the working body, which destroy the rocks, and by the task to ensure its stable operation with the help of the automated system with the inverse feedback. In this work for the first time scientific bases are developed and the method of disintegration of rocks at the expense of gyroscopic effect in the gyroscopic mills, which allows to operate power loadings as a result of independent management in sizes of angular speeds a roller and a grinding table is realized in practice, and also the experimental sample of the gyroscopic mill (GM) which does not have analogs in Russia and abroad is designed and executed in metal.

Keywords: gyroscopic mill, gyroscopic effect, mountain car, destruction of rocks.

Введение

Анализ существующих технических устройств, машин и оборудования по разрушению горных пород показывает, что их высокая энерго- и металлозатратность определяется тремя основными причинами, а именно:

- 1) значительной массой рабочего органа этих устройств (щек, валков, роторов, шаров, стержней и т.д.), которая достигает нескольких тонн;
- 2) одновременным использованием рабочего органа как в качестве элемента, создающего разрушающее усилие, так и в качестве силового элемента, непосредственно

действующего на измельчаемую горную породу, что требует сложной системы регулирования устойчивой деятельности рабочего органа устройства, а также энергоемкого силового привода, обеспечивающего работу всех элементов устройства;

3) отсутствием у системы регулирования устойчивой деятельности рабочего органа устройства свойств системы автоматического регулирования с отрицательной обратной связью, что не только ограничивает область устойчивой работы, но и приводит к катастрофическому разрушению конструкции устройства.

Таким образом, необходимость разработки новых способов деструкции горных пород и устройств, их реализующих, определяется задачей существенного сокращения энерго- и металлозатрат на разрушение геоматериалов за счет решения проблемы разделения функционального дуализма рабочего органа, разрушающего горную породу, и обеспечения его устойчивой работы с помощью автоматизированной системы с отрицательной обратной связью.

Существенного результата в этой области теории и практики разрушения можно достичь только за счет использования принципиально новых способов и машин и механизмов, эффективно реализующих процесс разрушения горных пород.

К числу таких способов относится метод дезинтеграции горных пород на основе новых физических принципов создания и регулирования усилий истирания за счет использования гироскопических сил, что не имеет аналога как в России, так и за рубежом.

Этот способ реализуется с помощью гироскопической мельницы. Он продолжает разработки в области решения проблемы технологии дробления и измельчения руд и других твердых материалов, которая в Российской Федерации решалась в работах академиков К.Н. Трубецкого, В.А. Чантурия, М.И. Агошкова, В.В. Ржевского, члена-корреспондента РАН Л.А. Вайсберга, докторов технических наук Л.И. Барона, Л.А. Красовского, А.С. Воронюка, С.Е. Андреева, В.А. Перова, В.В. Зверевича, Л.Ф. Биленко, В.И. Ревнивцева и многих др. [1–5].

По известным данным материаловедения и теории прочности твердых тел, для большинства известных твердых материалов предел прочности на сжатие (раздавливание) образца на порядок превышает предел прочности на сдвиг (истирание). Согласно этому измельчающие природный материал устройства, которые имеют минимальную потребляемую мощность, должны работать в режиме сдвигового разрушения (истирания) твердого материала.

Этот вывод подтверждается всем опытом решения проблемы дезинтеграции алмазосодержащих кимберлитов. Например, за период 1959–2001 гг. при разработке

алмазных месторождений Якутии удалось за счет использования мельниц мокрого самоизмельчения вместо шаровых мельниц поднять долю добычи очень крупных ювелирных алмазов среди именных алмазов почти на 50%, а гигантских алмазов – соответственно на 30% [6].

Таким образом, на практике было подтверждено, что метод сдвигового разрушения (истирания) твердого геоматериала по энергоемкости на порядок величины эффективнее метода разрушения с помощью сжатия (раздавливание). Этот факт предопределяет **первое положение научной основы** нового гироскопического принципа создания усилий разрушения горных пород истиранием.

Основной недостаток существующих устройств по разрушению горных пород истиранием заключается в том, что в них сила тяжести рассматривается как панацея современной техники дезинтеграции горных пород. Действительно, в формуле для сил истирания ($F_{ист} = kxN$) основной физической величиной, которая может изменяться в широких пределах, является сила нормального давления, а под ней традиционно видят лишь силу тяжести. Известно, что сила тяжести определяется лишь массой рабочего органа и величиной ускорения свободного падения ($N = P = mxg$), поэтому традиционно для того, чтобы изменить усилие истирания, приходилось изменять массу рабочего органа, что приводило лишь к увеличению массы и габаритов всего устройства для дезинтеграции горных пород. Причем в процессе измельчения изменять усилие истирания было невозможно, т.к. масса рабочего органа являлась постоянной величиной.

Конструктивное решение, используемое в терочной мельнице, позволяет несколько увеличить силу нормального давления за счет гироскопической силы, но не решает проблему кардинально.

Суть же кардинального решения проблемы состоит в том, чтобы в балансе гироскопических сил и сил тяжести снизить значение последних практически до нуля.

Таким образом, метод создания усилий истирания в устройствах по разрушению горных пород за счет исключительно гироскопических сил предопределяет **второе положение научной основы** нового гироскопического принципа создания усилий разрушения горных пород истиранием.

Однако, заменить силы тяжести в терочных мельницах на исключительно гироскопические возможно только тогда, когда кардинально будет изменена конструкция этого устройства, а именно: во-первых, жесткая связь между осью силового привода вала и осью бегунка будет заменена на шарнирную, во-вторых, на продолжении оси бегунка будет расположено приспособление – источник гироскопической силы. В качестве такого приспособления

используется, например, цилиндрический маховик, вращающийся вокруг оси бегунка с помощью специального электрического двигателя.

В результате вращения маховика вокруг оси бегунка, а также вращения бегунка и маховика вокруг оси силового привода возникает гироскопический момент, величина которого определяется моментом инерции маховика (J), величиной угловой скорости маховика вокруг оси бегунка (ω) и угловой скорости вращения вокруг оси силового привода (Ω). $M = J\omega \times \Omega$, а сила нормального давления бегунка на горную породу, расположенную на размольном столе будет:

$$N=M/L=M/J\omega \times \Omega, \quad (1)$$

где L – расстояние между осью силового привода и бегунком.

Таким образом, эта формула отчетливо показывает, что при создании усилия истирания масса бегунка может быть незначительной, что приводит к резкому уменьшению как веса всего устройства, как и потребления энергии, т.к. больше не надо тратить энергию на перемещение массивного бегунка.

Эта конструктивное решение позволяет независимо управлять изменениями угловых скоростей ω и Ω , а, следовательно, и величиной силы давления бегунка на размольный стол, и усилиями истирания.

Таким образом, принцип независимого управления угловыми скоростями вращения бегунка вокруг оси силового привода и маховика вокруг оси бегунка предопределяет **третье положение** научной основы нового гироскопического принципа создания усилий разрушения горных пород истиранием.

Кроме того, в терочной мельнице при угловой скорости размольного стола, превышающей величину $\Omega = 6\pi$ рад/с, происходит потеря кинематического непрерывного контакта бегунка с размольным столом, в результате чего происходит резкое уменьшение угловой скорости его вращения и уменьшение гироскопической силы, при этом устройство переходит в неустойчивый режим ударного разрушения горной породы, завершающийся разрушением конструкции самого устройства.

Этого недостатка лишена предлагаемая конструкция гироскопической мельницы, в которой устойчивость работы определяется тем, что при увеличении силы сопротивления размельчаемой породы перемещению бегунка по размольному столу происходит и уменьшение заданной величины угловой скорости Ω , что в свою очередь, согласно формуле (1), приводит к уменьшению величины гироскопического момента, а значит и величины гироскопической силы F_d . Тогда бегунок поднимается над размольным столом, а сила сопротивления уменьшается, что обеспечивает увеличение значения угловой скорости Ω до

заданной величины, т.е. с точки зрения теории автоматического регулирования предлагаемое устройство является автоматическим устройством с отрицательной обратной связью, которая и обеспечивает его устойчивую работу.

Таким образом, принцип обеспечения устойчивой работы устройства за счет автоматического регулирования величины гироскопического момента по механизму отрицательной обратной связи предопределяет **четвертый элемент** научной основы нового гироскопического принципа создания усилий разрушения горных пород истиранием.

Для реализации на практике научных основ гироскопического принципа создания усилий разрушения горных пород истиранием был разработана конструкция ГМ с центральной загрузкой породы (рис. 1) [7; 8].

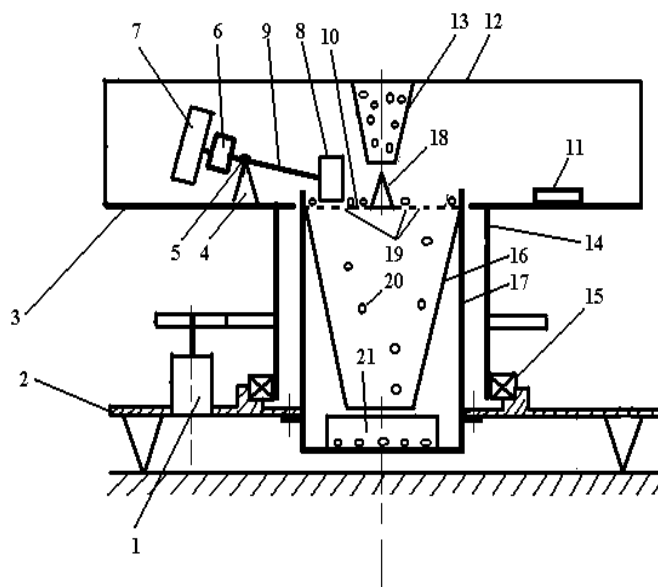


Рис. 1. ГМ с центральной загрузкой пород:

1 – электродвигатель рабочей площадки; 2 – основание; 3 – горизонтальная площадка; 4 – опора; 5 – шарнир; 6 – электродвигатель с валом; 7 – маховик; 8 – валок; 9 – рычаг; 10 – размольный стол; 11 – балансировочные грузы; 12 – цилиндрический кожух; 13 – усеченный конус центрального загрузочного устройства; 14 – цилиндр горизонтальной площадки; 15 – шарикоподшипник; 16 – разгрузочный усеченный конус; 17 – цилиндр разгрузочного усеченного конуса; 18 – центральный рассекаватель породы; 19 – перфорированные отверстия; 20 – измельчаемая порода; 21 – бункер.

ГМ сухой породы с центральной загрузкой работает следующим образом: силовой привод 1 раскручивает горизонтальную площадку 3 с установленным на ней валком 8 до угловой скорости Ω вокруг вертикальной оси вращения, электродвигатель 6 раскручивает маховик 7 до угловой скорости ω , направление вектора которой совпадает с направлением рычага 9 валка 8. При этом на двухстепенной гироскоп действует гироскопический момент ($M_{\Gamma}I = J_{Mx}\omega x \Omega \sin \alpha$, где $J_M = m_M R_M^2 / 2$ – момент инерции маховика 7, m_M и R_M – соответственно

масса и радиус маховика 7, α – угол между векторами ω и Ω), а на валок 8 действует вертикальная гироскопическая сила F_d

$IF_dI = IM_{\Gamma}I/l_1 = J_m \omega \times \Omega \sin \alpha / l_1$, где l_1 – расстояние от шарнира 5 и до центра валка 8. Направление этой силы определяется знаком тригонометрической функции.

Измельчаемая горная порода 20 через усеченный конус центрального загрузочного устройства 13 попадает на размольный стол 10, по которому она равномерно распределяется с помощью центрального рассекателя 18. При истирании на размольном столе порода дезинтегрируется и через перфорированные отверстия 19 размольного стола 10 сначала попадает в разгрузочный усеченный конус 16 и далее в бункер 21.

Таким образом, ГМ является тем устройством по разрушению горных пород, в котором реализованы все научные положения нового гироскопического принципа создания усилий разрушения горных пород истиранием.

Выводы

Таким образом, в ходе исследований впервые разработаны научные основы и на практике реализован метод дезинтеграции горных пород за счет гироскопического эффекта в гироскопических мельницах, позволяющий управлять силовыми нагрузками в результате независимого управления величинами угловых скоростей бегунка и размольного стола, а также спроектирован и выполнен в металле экспериментальный образец гироскопической мельницы, не имеющий аналогов в России и за рубежом.

Список литературы

1. Алмазы России-Саха. Пятьдесят алмазных лет. РОССПЭН (Российская политическая энциклопедия). – М., 2005. – 704 с.
2. Бобин В.А., Ланюк А.Н. Сравнительная оценка шаровых мельниц и мельниц мокрого самоизмельчения по показателям роста добычи всех групп якутских именных алмазов // ГИАБ, МГГУ. – 2008. – № 7. – С. 340-344.
3. Бобин В.А., Ланюк А.Н., Покаместов А.В., Бобина А.В. Создание физико-математической модели процессов, описывающих работу гироскопической мельницы. Труды Итоговой конференции по результатам выполнения мероприятий ФЦП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2007–2012 годы» за 2009 год по приоритетному направлению «Рациональное природопользование». – М., 2009. – С. 346.
4. Бобин В.А., Покаместов А.В., Бобина А.В. Гироскопическая мельница с центральной загрузкой горной породы // ГИАБ, МГГУ. – 2009. – № 11. – С. 263-267.

5. Вайсберг Л.А., Зарогатский Л.П., Туркин В.Я. Вибрационные дробилки. Основы расчета, проектирования и технологического применения. – СПб. : ВСЕГЕИ, 2004. – 316 с.
6. Ревнивцев В.И., Зарогатский Л.П., Барзуков О.П. О динамическом уравнивании конусных инерционных дробилок // Обогащение руд. – 1987. – № 5. – С. 30-33.
7. Гирскопический измельчитель сухой горной породы / Трубецкой К.Н и др. : патент РФ № 2248242, 2005, Бюл. № 2.
8. Чантурия В.А. и др. Наночастицы в процессах разрушения и вскрытия геоматериалов. – М. : ИПКОН РАН, 2006. – 352 с.

Рецензенты

Леухин А.Н., д.ф.-м.н., к.т.н., профессор кафедры математики, информатики и информационной безопасности АНО ВПО «Межрегиональный открытый социальный институт», г. Йошкар-Ола.

Рябов И.В., д.т.н., доцент, профессор кафедры проектирования и производства ЭВС ФГБОУ ВПО «Поволжский государственный технологический университет», г. Йошкар-Ола.