

ПОВРЕЖДАЕМОСТЬ АЛМАЗОВ В ПРОЦЕССЕ ПЕРЕРАБОТКИ АЛМАЗОСОДЕРЖАЩЕГО СЫРЬЯ НА ОБОГАТИТЕЛЬНЫХ ФАБРИКАХ АК «АЛРОСА»

Федоров А. А. (ИТИ (ф) ЯГУ, г. Мирный, Россия)

In the given work it is analysed set of all technological operations, with the purpose of revealing of the factors influencing damageability of diamonds. There was a task in view probability - damageability of diamonds in the centrifugal pump. We have considered a trajectory of movement of a particle in the centrifugal pump and have found out that a particle, namely diamond hits with tap in a point and the part of energy of impact leaves in diamond, for destruction.

В настоящее время на обогатительных фабриках, добывающих алмазы, стоит остро вопрос об их сохранности в пределах переработки и обогащения, то есть предотвращение снижения качества ювелирных алмазов и переход их в разряд технических. Причина ухудшения качества алмазов является их разрушение под действием возникающих нагрузок, во время технологических операций. В тоже время на аналогичных предприятиях по добыче и переработке алмазосодержащего сырья в Канаде и Африке сохранность ювелирных алмазов составляет от 90% и более.

В данной работе проанализирована совокупность всех технологических операций, с целью выявления факторов, влияющих на повреждаемость алмазов. Процесс измельчения происходит в мельницах мокрого самоизмельчения (ММС), которые используются на всех алмазных обогатительных фабриках. Как показали исследования проводимые институтом «ЯКУТНИПРОАЛМАЗ» [1] в ММС повреждение алмазов не превышает 0,1%, в то же время в цехе доводки установлено, что 15 – 20% алмазов подвергаются воздействию нагрузок и получают повреждения.

После процесса измельчения руда проходит процесс классификации в спиральных классификаторах или грохотах, которые имеют резиновую или полиуретановую футеровку. Установлено, что при разделении алмазосодержащего сырья по классам повреждаемость алмазов не наблюдается. Транспорт в большей части на обогатительной фабрике происходит гидравлическим способом, основным звеном которого являются насосы центробежного типа, мощность приводных электродвигателей которых изменяется от 100 кВт, а частота вращения от 800 об/мин.

В работе решается задача определения повреждаемости алмазов в центробежном насосе, в котором передача энергии потоку жидкости от приводного электродвигателя осуществляется при помощи колеса с профилированными лопатками. Это колесо называется рабочим, внутренняя полость которого образуется двумя фасонными дисками и несколькими лопатками. Работа центробежных сил в межлопастных каналах приводит к изменению энергии потока. Энергия возрастает в направлении движения от центра к периферии колеса» [2], то есть все частицы в рабочем колесе подчиняются уравнению Эйлера:

$$H_T = \frac{u_2 \cdot c_2 - u_1 \cdot c_1}{g},$$

где u_1 и u_2 – окружная скорость потока при входе в колесо и при выходе из колеса; c_1 и c_2 – абсолютная скорость потока при входе в колесо и при выходе из колеса; H_T – теоретический напор колеса центробежного насоса; g – ускорение свободного падения (рис. 1).

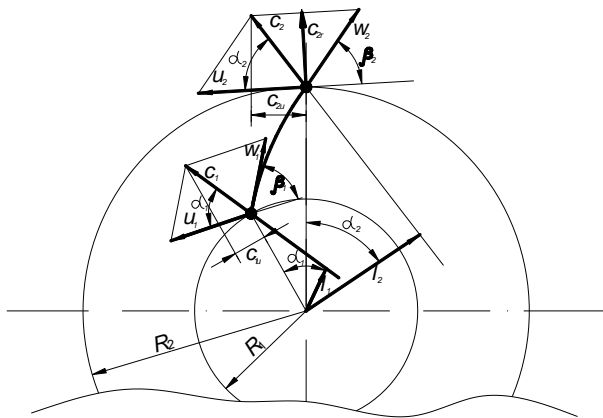


Рис. 1. Параллелограммы скоростей на входе и на выходе межлопастных каналов

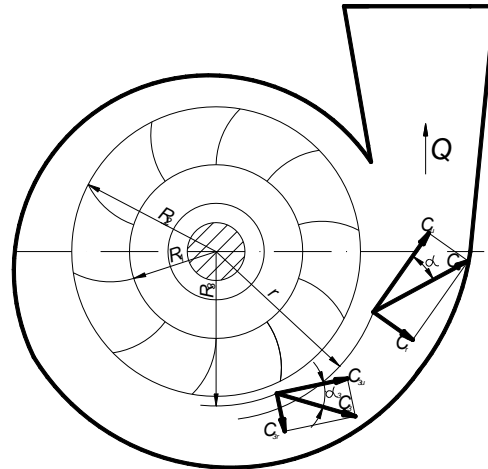


Рис. 2. Частица в отводе центробежного насоса

При выходе из колеса жидкость с частицами продолжает движения вдоль проточной полости, которую называют отводом. Рассмотрим работу отвода насоса, подающего несжимаемую жидкость. Частица в начале кольцевого отвода будет обладать абсолютной скоростью c_3 и радиусом R_3 в центре колеса, и в любой точке произвольного сечения отвода с абсолютной скоростью c и радиусом r . Установим зависимость между скоростями c и c_3 . Окружную проекцию скорости можно определить по условию постоянства момента скорости $rc_u = \text{const}$ (поскольку влияние сил трения о стенки не учитывается):

$$R_3 \cdot c_{3u} = r \cdot c_u;$$

$$c_u = c_{3u} \cdot \frac{R_3}{r}.$$

Запишем уравнение неразрывности потока при движении частицы по ободу центробежного колеса:

$$Q = 2 \cdot \pi \cdot R_3 \cdot b_3 \cdot \psi_3 \cdot c_{3r} = 2 \cdot \pi \cdot r \cdot b \cdot \psi \cdot c_r,$$

где b – ширина рабочего колеса на выходе, м; ψ – коэффициент заполнения сечения активным потоком, приняв для простоты $\psi = 0,95$, следовательно:

$$b_3 \cdot \mu_3 = b \cdot \mu \quad (b = \text{const}).$$

Отсюда находим:

$$c_r = c_{3r} \cdot \frac{R_3}{r},$$

то есть радиальные составляющие скорости находятся в таком же соотношении, как и тангенциальные составляющие (рис. 2.). Следовательно, параллелограммы скоростей при движении частицы в отводе подобны и будет существовать равенство $\alpha = \alpha_3$. Иными словами, линией потока является спираль с увеличивающимся радиусом r .

Поскольку проекции абсолютной скорости изменяются обратно пропорционально радиусу сечения:

$$c = c_3 \cdot \frac{R_3}{r}.$$

Для более точного определения траектории движения частицы в вязкой жидкости используя уравнение Архимеда для полярной системы координат [3] получим следующее уравнение:

$$r = s \cdot \varphi \cdot k_{вяз},$$

где r – полярный радиус, м; φ – полярный угол; s – единицы по оси X , значение s принимается как расстояние, между полярными углами $\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3, \dots, \varphi_z$ (рис. 3.); $k_{вяз}$ – поправочный коэффициент вязкости определяемый экспериментально и изменяющийся в пределах 1-1,8 т/м³. Для нашего случая устанавливаем $k_{вяз} = 0,85$, так как плотность среды 1,2 т/м³.

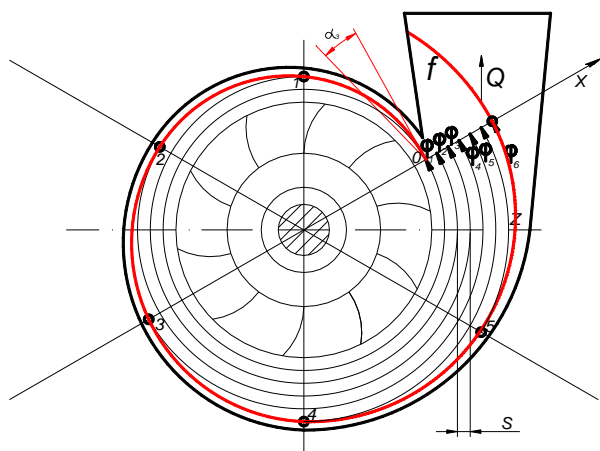


Рис. 3. Определение траектории движения частицы в спиральном отводе

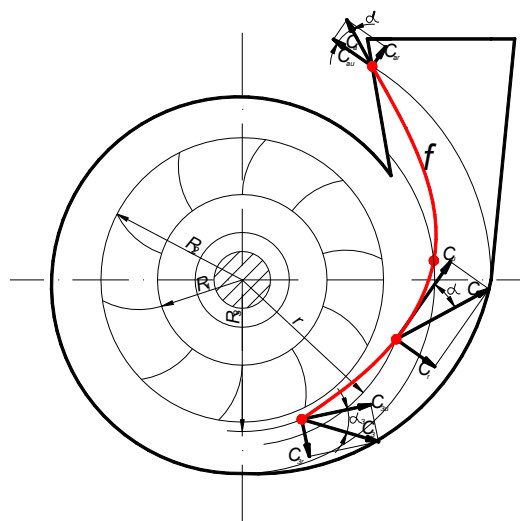


Рис. 4. Движения частицы в центробежном насосе

Зная угловую скорость, которую находим по формуле:

$$\omega = \frac{2 \cdot \pi \cdot n}{60} \text{ рад/с,}$$

где n – частота вращения колеса, об/мин.

Затем находим, за какой промежуток времени t частица проходит первый рад с отклонением s между полярными углами φ по оси X в полярной системе координат, при этом угол отклонения $\alpha_2 = \alpha_3 = 15^\circ$. Затем по кривым 0-1, 0-2, 0-3, ..., 0-z строим траекторию движения частицы f в кольцевом отводе и прямолинейном коническом диффузоре (рис. 4.).

Определяем, с какой силой кристалл алмаза ударяется о диффузор и достаточно ли напряжений для его разрушения. В момент удара на частицу будут действовать сила удара о диффузор $P_{удар}$, реакция R и сила трения $F_{трени}$ (рис. 5.). Силы сжатия $P_{сжат}$ и сдвига $P_{сдвиг}$ находим из условия что:

$$P_{\text{удар}} = m \cdot a_a, \quad (1)$$

где m - масса частицы, кг; a – полное ускорение в момент удара, м/с².

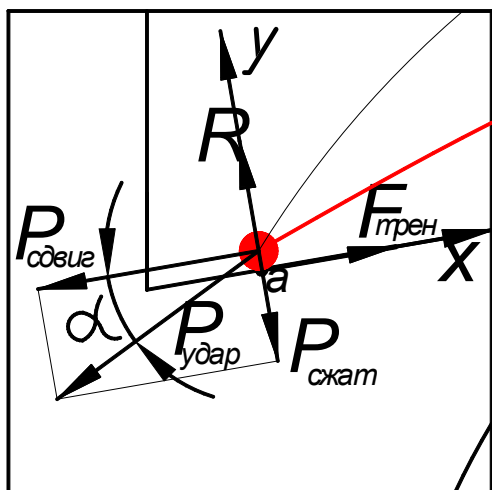


Рис. 5. Баланс сил в точке соударения частицы с диффузором

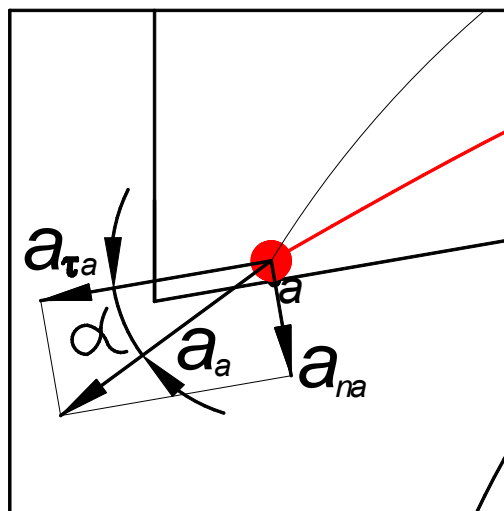


Рис. 6. Полная ускорение в точке соударения с диффузором

Полное ускорение (рис. 6.) находим по формуле:

$$a_a = \sqrt{a_{\tau a}^2 + a_{na}^2},$$

где a_{τ} – тангенциальное ускорение;

$$a_{\tau a} = \frac{a_{na}}{\operatorname{tg} \alpha},$$

где a_n – нормальное ускорение;

$$a_{na} = \frac{c_a^2}{R},$$

где c_a - абсолютная скорость в момент удара.

Определяем абсолютную скорость c_a частицы в момент удара. Решим эту задачу для грунтового центробежного насоса тяжелого типа ГрАТ – 1200, который используется на всех алмазных обогатительных фабриках АК «АЛРОСА». Исходя из параллелограмма скоростей (рис. 4.) абсолютная скорость может быть выражена с помощью радиальной составляющей c_{ar} и углом α_a между абсолютной скоростью и касательной к окружности, то есть

$$c_a = \frac{c_{ar}}{\sin \alpha_2},$$

где $\alpha_2 = 15^\circ$ угол частицы при выходе из колеса. Для нашего случая величина радиальной составляющей абсолютной скорости определяется из выражения:

$$c_{ar} = \frac{Q_T}{\pi \cdot D_a \cdot b_a \cdot \psi_a},$$

где Q_T – расход жидкости (для насоса ГрАТ – 1200 $Q_T = 1200 \text{ м}^3/\text{ч} = 0,33 \text{ м}^3/\text{с}$), D_a – диаметр рабочего колеса (для насоса ГрАТ – 1200 $D_2 = 1,1 \text{ м}$), b_a – ширина рабочего колеса на выходе (для насоса ГрАТ – 1200 $b_a = 0,2 \text{ м}$) [4], ψ_a – коэффициент стеснения потока (для больших насосов $\psi_a = 0,95$). Зная величины c_r и угол α_a можем определить $c_a = 1,96 \text{ м/с}$ и полное ускорение $a_a = 26,987 \text{ м/с}^2$. Определяем из (1) силу удара частицы о диффузор $P_{\text{удар}} = 0,069 \text{ Н}$. $P_{\text{сжат}}$ частицы в момент удара о диффузор определим по формуле: $P_{\text{сжат}} = P_{\text{удар}} \cdot \sin \alpha_2$.

С помощью силы сжатия $P_{\text{сжат}}$ определим напряжения σ в точке соударения частицы с диффузором по формуле:

$$\sigma = \frac{P_{\text{сжат}}}{F_a} \leq [\sigma]_p,$$

где $F_a = 0,000081 \text{ м}^2$ – площадь взаимодействия частицы с диффузором; $\sigma = 220,5 \text{ Па}$ является действующим напряжением частицы в момент удара; допустимое напряжение $[\sigma]_p = 0,89 \text{ ГПа}$. [5] при котором происходит разрушение кристалла алмаза. Следовательно, усилия на сжатие не достаточно для разрушения кристалла алмаза.

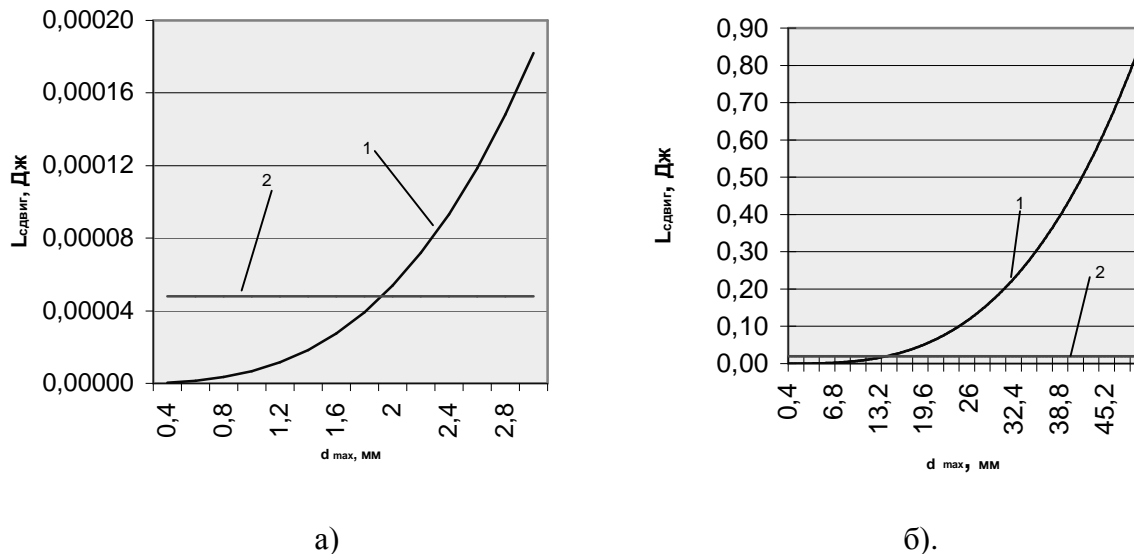


Рис. 7. Зависимость энергии взаимодействия кристалла алмаза с диффузором центробежного насоса от его крупности а) для россыпных месторождений, б) для коренных месторождений: 1 – для частиц различной крупности; 2 – допустимая энергия разрушения кристалла алмаза.

Таким образом, установлено, что усилие сдвига $P_{\text{сдвиг}}$ практически полностью преобразуется в энергию сдвига вдоль кристаллической решетки. Энергию частицы определим по формуле:

$$L_{\text{сдвиг}} = \frac{m \cdot c_a^2}{2},$$

где m – масса частицы кг. Энергия частицы в момент удара будет равна $L_{\text{сдвиг}} = 0,00492 \text{ Дж}$. Считая, что энергия частицы целиком переходит в потенциальную энергию U_δ ее деформации запишем условие $L_{\text{сдвиг}} = U_\delta$. Определим допустимую потенциальную энергию деформации U_δ кристалла алмаза, необходимую для создания повреждений

(трещин) или полное его разрушение. Прочность кристалла алмаза обусловлена трещинами в направлении сдвига, которые возникают по линиям спайности вдоль кристаллической решетки, когда энергия сдвига у вершины трещины достигает критического значения. Согласно [6] следует, что энергия, необходимая для образования трещины по плоскостям спайности для кубооктаэдрической формы составляет $U_0 = 48 \text{ Дж/м}^2$. Энергия сдвига частицы зависит от массы частицы, а именно от крупности обогащаемого сырья. Известно [7], что при обогащении алмазосодержащих коренных руд на обогатительных фабриках АК «АЛРОСА» максимальная крупность кристаллов алмазов составляет 50 мм. Сопоставляя энергию, необходимую для образования трещины вдоль кристаллической решетки, и расчетные ее значения определим условие повреждаемости алмаза (рис. 7. а, б).

Таким образом, на примере центробежного насоса ГрАТ – 1200 было установлено:

1. При соударении с диффузором силы сжатия не достаточно для создания критического напряжения в точке удара.
2. Энергия взаимодействия кристаллов алмаза с диффузором центробежного насоса в 2 – 8 раз превышает энергию разрушения кристалла алмаза.

Список литературы: 1. Результаты комплексного опробования технологической схемы фабрики №15 на разных типах сырья и исследования сохранности алмазов в пределах обогащения фабрики №15 окрашенными алмазами-индикаторами. Информационная записка. – Иркутск, 2002. 2. В. М. Черкасский; Насосы, вентиляторы, компрессоры; Москва ; Энергия; стр 48 -53. 3. В. И. Турк, А. В. Минаев, В. Я Карелин; Насосы и насосные станции; Москва; Стройиздат; 1976г; стр 84. 4. Энергетические насосы, Справочное пособие; под ред. В. В. Малюшенко, А. К. Михайлов; Москва; Энергоиздат; 1981 г; стр 214. 5. Физические свойства алмазов, справочник; под ред. Н. В. Новикова; Киев; Наукова Думка; 1987; 65 стр. 6. Природные алмазы России; под ред. В. Б. Кваскова; Москва; Полярон; 1997 г. стр. 104. 7. Фабрике № 12. Исследования и оценить пропускную способность мельниц при оптимальных параметрах измельчения. Информационная записка. – Иркутск, 2002 г. стр. 20 – 28.

Сдано в редакцию 04.05.07

ГРАФОАНАЛИТИЧЕСКИЙ МЕТОД ИССЛЕДОВАНИЯ ВНУТРЕННИХ НЕСТАЦИОНАРНЫХ ПОЛЕЙ ТЕМПЕРАТУРЫ И ВЛАГОСОДЕРЖАНИЯ ПРИ ИНФРАКРАСНОМ ОБЛУЧЕНИИ.

Филатов В.В., Плаксин Ю.М., Азизов Р.Р. (МГУПП, г. Москва, Россия)

On the basis of the decision of system of the differential equations describing internal heat carrying and weight carrying in the corresponding ideal body, as a result of mathematical modeling non-stationary fields of temperature and moisture content, we invented nomograms to definition of dependence of a dimensionless temperature complex depending on criterion of Fure and of Lykov, at constant criterion of Kirpichyov.

Научно-обоснованный выбор режимных параметров процесса инфракрасной обработки продуктов требует анализа внутренних нестационарных полей температуры и влагосодержания при различных условиях облучения. Инженерные расчеты на основе первого закона термодинамики, в большинстве случаев используемого при расчетах инфракрасных установок, не позволяет решить вопрос оптимизации конкретного