

А.Т.ВЕДИН

«ЯкутНИПромалмаз», Якутск, Россия

В.Я.КОНОВАЛЕНКО

Центр взрывного дела при УГГА, Екатеринбург, Россия

ВЛИЯНИЕ ЭНЕРГИИ ВЗРЫВА НА КАЧЕСТВО АЛМАЗНОГО СЫРЬЯ

Техногенная поврежденность (ТП) кристаллов алмаза в настоящее время оценивается по массовым показателям: относительному изменению массы в отдельности и в ситовой совокупности (степени нарушенности и потерям массы в классе), количеству обломков в классе и т.д. Эта система показателей (10 обогащительных классов крупности и по два основных показателя в классе) не позволяет однозначно оценивать качественные изменения алмазного сырья в целом, описывать многие физические и минералогические изменения (трещины, микродефекты). Более целесообразной может быть оценка техногенного изменения стоимости кристаллов. Ее ценовые параметры могут служить шкалой значимости, а стоимость кристаллов можно рассматривать как интегрированный показатель качества. Взаимосвязь ТП, стоимости кристаллов и параметров выемки и технологии обогащения в целом обусловлена природной неопределенностью изменения ситового и качественного состава кристаллов алмаза, высокой статистиче-

* Под диаграммой E-R-типа понимается диаграмма, отражающая связи между классами объектов.

** СУБД – система управления базами данных.

ской вариацией при низкой частоте появления некоторых показателей (цена очень крупных кристаллов, например), что требует анализа больших статистических выборок, и до настоящего времени не оценивалась. Кроме того, не определено влияние на повреждаемость кристаллов в процессах механического дробления и измельчения степени разупрочнения кусков руды при взрыве. Косвенным подтверждением возможного неоднозначного влияния энергии взрыва на повреждаемость кристаллов являются результаты экспериментов [5], в которых рост энергозатрат при БВР на 25 % привел к снижению их на рудоподготовку в целом, с учетом процессов дробления и измельчения на фабрике, на 10 %.

Зависимость снижения стоимости совокупности кристаллов в рудном блоке при взрыве можно оценить, используя основанный на результатах работ [1, 2, 4] подход:

$$\frac{S_1}{S_0} = F_1(E) = F_0 e^{-mE/E_1},$$

где S_0 и S_1 – стоимость кристаллов, содержащихся во взрываемом блоке до и после взрыва; m и F_0 – параметры зависящие от f_0 и λ соответственно; f_0 – снижение стоимости кристаллов, находящихся на контакте с зарядом; λ – параметр формы заряда, для сферического заряда $\lambda = 0,33$, для цилиндрического $\lambda = 0,5$; E – удельная энергия взрыва (средняя плотность объемной энергии используемых зарядов ВВ); E_1 – средняя удельная энергия по блоку, при которой площадь зоны повреждаемости равна площади части блока, приходящейся на одну скважину (зависит от расстояния между скважинами, прочности кристаллов, радиуса заряда ВВ, плотности объемной энергии заряда ВВ, типа породы).

Таким образом, снижение стоимости (рост повреждаемости) кристаллов во взрываемом блоке для $E/E_1 > 2$ с параметром достоверности $R_2 = 0,98$ характеризуется указанной экспоненциальной зависимостью.

Для учета техногенного изменения стоимости кристаллов на всех стадиях рудоподготовки необходимо знать их стоимость в природном состоянии или характер ее изменения. Это можно сделать путем статистического усреднения данных по объемам руды, обеспечивающим представительность кристаллов алмаза по стоимости. Обоснованность такого подхода следует из случайного характера распределения кристаллов в рудном теле [3]. Полученная таким способом зависимость стоимостных показателей с точностью до константы будет отражать их техногенную изменчивость и изменения системы стоимостной оценки кристаллов (рыночный фактор). Так как изменения системы стоимостной оценки кристаллов известны, то нетрудно выделить техногенное изменение стоимости.

Для определения техногенного изменения стоимости кристаллов по всем стадиям рудоподготовки использовались данные паспортов буровзрывных работ по взорванным блокам, результаты классификации и оценки кристаллов по партиям отгрузки, среднемесячные показатели техногенной поврежденности по обогащательным классам и изменение прејскурантных цен на алмазное сырье за 1995-1999 гг.

Анализ данных позволил выявить взаимосвязи показателей ТП кристаллов с их средней ценой C_{cp} и удельной энергией взрыва.

Зависимость средней цены от массовой доли обломков для верхних обогащательных классов близка к линейной для кристаллов класса крупнее $-5 + 3$ мм. Начиная с класса $-5 + 3$ мм, зависимость становятся нелинейной, что объясняется существенной долей осколков, перешедших из верхних классов.

Характер зависимости показателей поврежденности в крупных классах от удельной энергии E взрыва говорит о наличии экстремума при $E = E_3 \approx 2,7$, начиная с которого ($E > E_3$) доля целых кристаллов стабилизируется, доля обломков снижается, а доля незначительно нарушенных кристаллов растет. Данный факт отражает тесную взаимосвязь повреждаемости кристаллов алмаза при обогащении на фабрике с разупрочнением руды при взрыве в карьере, так как повреждаемость при взрыве с увеличением удельной энергии может только возрастать.

Анализировались зависимости показателей поврежденности кристаллов алмаза как от энергии взрыва, так и по уровню поврежденности. Учитывая замкнутость циклов обогащения,

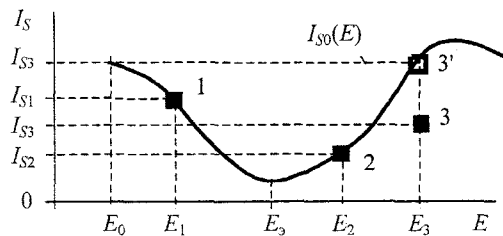
высокое извлечение массы кристаллов в целом при его малой изменчивости, можно утверждать, что относительному изменению стоимости сырья соответствует изменение средней цены в целом.

Анализ зависимостей фактических массовых и стоимостных долей, средних цен классов и средней цены в целом от удельной энергии взрыва позволил сделать следующие выводы:

- зависимости имеют нелинейный характер;
- связь с техногенной повреждаемостью проявляется однозначно для класса +10,8 карат и средней цены в целом;
- повреждаемость характеризуется экстремумом при $E = E_3 = 2,7$, где она максимальна;
- снижения повреждаемости можно достичь как снижением удельной энергии взрыва (при $E < E_3$), так и увеличением (при $E > E_3$), причем последнее предпочтительнее;
- максимальная вариация средней цены составляет около 10 %.

Анализ межклассовых взаимосвязей массовых и стоимостных долей выявил наличие статистически надежных закономерностей изменения массы и стоимости по классам крупности, что вместе с балансовыми соотношениями массы, стоимости и цены позволяет получить статистическую модель, описывающую зависимость их от удельной энергии взрыва.

Полученные выше результаты позволяют сформулировать метод оценки техногенной поврежденности по стоимостному критерию $I_S = S_2/S_0$, где S_2 – стоимость извлеченных кристаллов. Суть метода заключается в следующем. По данным фабрики оцениваются относительные массовые потери кристаллов I_m ; по количественной и стоимостной оценке техногенной поврежденности производится оценка средней цены кристаллов алмаза в ненарушенном (природном) состоянии C_0 . Затем вычисляется относительное изменение стоимости – критерий $I_S = I_m C/C_0$, где C – фактическая цена. По статистике взаимосвязанных по времени переработки руды показателей I_S и E находится базовая зависимость $I_S = I_{S0}(E)$, отражающая взаимосвязь сохранности кристаллов с параметрами рудоподготовки в карьере (см. рисунок). Относительное изменение сравниваемых состояний технологического процесса по сохранности характеризуется двумя составляющими: вкладом рудоподготовки в карьере (взрыв) и вкладом фабрики. Так, снижение сохранности состояния 2 относительно состояния 1 приходится на рудоподготовку в карьере, увеличение сохранности состояния 3 относительно состояния 2 содержит рост сохранности за счет рудоподготовки в карьере и снижение за счет фабрики.



Базовая зависимость оценки сохранности $I_S = I_{S0}(E)$ для кристаллов в процессе рудоподготовки

1, 2, 3 и 3' – сравниваемые состояния; E_0 – предельное значение E , определяемое допустимой долей негабаритных кусков взорванной породы; E_3 – экстремальное значение; E, E_i, I_{Si} – фактические значения E и I_S для сравниваемых состояний i

приходится на рудоподготовку в карьере, увеличение сохранности состояния 3 относительно состояния 2 содержит рост сохранности за счет рудоподготовки в карьере и снижение за счет фабрики.

Преимущества данного метода, по сравнению с используемыми в настоящее время показателями техногенной повреждаемости (потеря массы, степень нарушенности), заключаются в однозначности оценки эффективности технологического процесса (лучше – хуже), полноте оценок количественного изменения массы и качества кристаллов алмаза, возможности выделения в оценке повреждаемости вклада фабрики и рудоподготовки в карьере.

Недостатком метода является низкая оперативность и точность, обусловленная существующим состоянием оценки необходимых исходных данных.

ЛИТЕРАТУРА

1. Боровиков В.А. Воздействие динамических и статических нагрузок на кристаллы алмазов во вмещающих породах при взрывной отбойке / В.А.Боровиков, И.Ф.Ванягин, М.Г.Менжулин // Зап. ЛГИ. 1991. Т.125.
2. Коноваленко В.Я. Обоснование типа взрывчатых веществ для ведения добычных работ в кристаллосодержащих рудах // Физические проблемы взрывного разрушения массивов горных пород: Сб. трудов Междунар. науч. конф. М., 1998.

3. *Коптиль В.И.* Типоморфные особенности алмазов эксплуатирующихся кимберлитовых трубок Удачная, Юбилейная и Сытыканская / В.И.Коптиль, А.Н.Липашова // Образование. Общество. Технический прогресс: Сборник докладов и тезисов III Мирнинской науч.-практ. конф. Мирный, 1999.
4. *Неганов В.П.* Разрушаемость кристаллов высокоценных минералов алмаза при взрывной отбойке / В.П.Неганов, В.А.Скрипка // Труды Иргиредмет. 1977. № 31.
5. *Fuerstenau M.C.* Optimization and production cost in mining and ore preparation process / M.C.Fuerstenau, G.Chi, R.C.Bradt // Proceedings of the XIX International Mineral Processing Congress, USA, 1995.