

# МЕЛЬНИЦЫ ПОЛУСАМОИЗМЕЛЬЧЕНИЯ ОТЖИВАЮТ СВОЙ ВЕК

**КОЧНЕВ В.Г.**

Директор  
ООО «ТТД»,  
канд. техн. наук

**ГРУШИНСКАЯ О.В.**

Заместитель  
директора  
ООО «ТТД»

**«Реальный прорыв», «Русские опять впереди», «Вековая ошибка Запада раскрыта», «Автор изобретения скрывается в Колумбии» — так звучали бы заголовки мировых газет, если бы их авторы внимательно прочитали предлагаемую статью.**

Более тридцати лет назад шведской компанией Boliden была разработана технология с предварительным додрабливанием критического класса крупности [1] непосредственно перед подачей в мельницу полусамои измельчения (SAG), см. рис. 1.

Как показали пилотные и полупромышленные испытания (Австралия, США, Чили, ЮАР), такая технология позволила значительно — на 50–60 % — увеличить производительность и на 40–50 % снизить энергозатраты. Последующие события продемонстрировали, что она смогла составить серьезную конкуренцию схемам с полусамои измельчением, а ее показатели на порядок превзошли показатели SAG.

Добавка 5–15 % крупных шаров в мельницу самоизмельчения обеспечивала прирост производительности на те же 5–15 %, энергозатраты, однако, при этом не снижались, как в технологии Boliden, а, наоборот, во всех случаях отмечался их прирост на 8–14%.

Впервые в промышленном масштабе данная технология была применена на фабрике Ray (США). Однако, без должного изучения процесса в качестве критического класса, который требуется додрабливать, был принят класс -156+76 мм. На тот период мировому сообществу, занимавшемуся изучением процессов самоизмельчения [2], было уже известно, что такая крупность является рабочей и способна производить измельчение самостоятельно. Вероятно, специалисты фабрики не знали об этом и насытили мельницу действительно критическим классом (-60 мм), и на этом развитие данного процесса остановилось.

Вероятно, в настоящее время более 99 % мельниц в мире действуют в режиме полусамои измельчения и оснащаются приводами мощностью от 200 до 25 000 кВт. Выросло уже не одно поколение выпускников профильных институтов, которые не подозревают о существовании мельниц, работающих в режиме полного

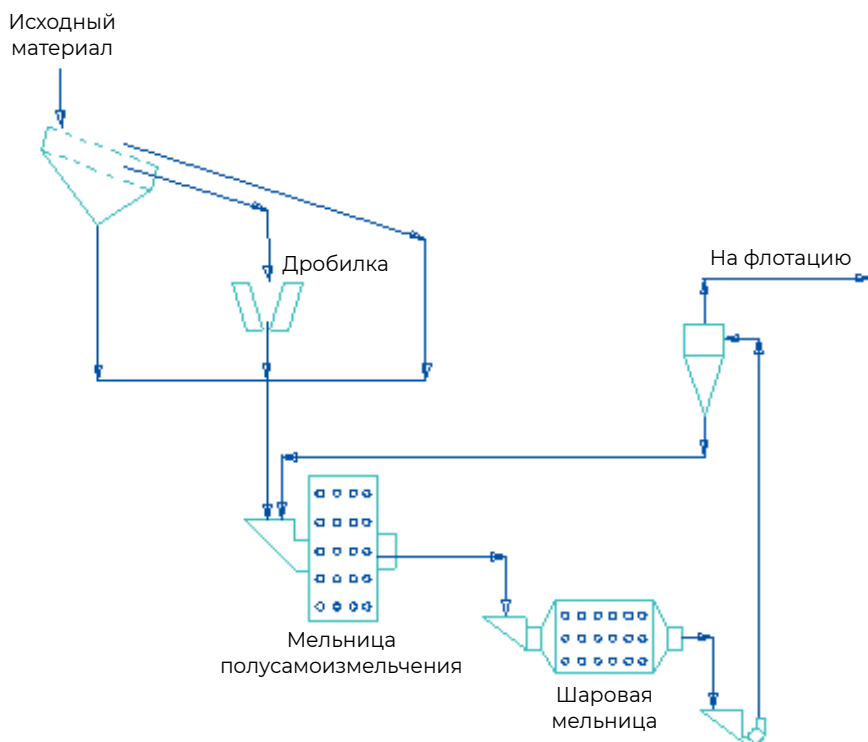


Рисунок 1. Схема Boliden

самоизмельчения (FAG). Никого не останавливает тот факт, что полусамоизмельчение увеличивает энергозатраты, расход футеровки, а также требует снижения крупности исходного сырья до 120–250 мм, тогда как на заре развития процесса самоизмельчения она составляла 300–500 мм.

ООО «ТТД» давно занимается поисками технических и технологических приемов, позволяющих избавиться от критической крупности при работе мельниц в режиме полного самоизмельчения. Первые эксперименты по технологии Boliden на пилотной установке компании подтвердили полученные ранее показатели, однако с существенной оговоркой: в качестве испытуемой использовалась мельница полного самоизмельчения, а не полусамоизмельчения (табл. 1).

Как видно из табл. 1, прирост производительности по исходной руде технологии Boliden с преддодрабливанием составил:

1. по сравнению с технологией полного самоизмельчения — 33,1 %;
2. по сравнению с технологией полусамоизмельчения (шары 5 %) — 137,8 %;
3. по сравнению с технологией полусамоизмельчения (шары 10 %) — 47,0 %.

Снижение энергозатрат при использовании технологии Boliden составило:

1. по сравнению с технологией полного самоизмельчения — 12,8 %;
2. по сравнению с технологией полусамоизмельчения (шары 5 %) — 19,7 %;
3. по сравнению с технологией полусамоизмельчения (шары 10 %) — 56,2 %.

**ТАБЛИЦА 1. ПОКАЗАТЕЛИ ИСПЫТАНИЙ ТЕХНОЛОГИИ ПЕРВИЧНОЙ ДЕЗИНТЕГРАЦИИ В ОДНОБАРАБАННОЙ МЕЛЬНИЦЕ В РЕЖИМАХ САМОИЗМЕЛЬЧЕНИЯ, ПОЛУСАМОИЗМЕЛЬЧЕНИЯ И С ПРЕДДОДРАБЛИВАНИЕМ КРИТИЧЕСКОГО КЛАССА КРУПНОСТИ**

№ п/п	Технологический режим	Производительность, кг/час		Удельный расход электроэнергии кВт-ч/т		Прирост производительности технологии с преддодраблыванием по сравнению с другими, %		Снижение удельных энергозатрат технологии с преддодраблыванием по сравнению с другими, %	
		по исходной руде	по классу -74 мкм	на 1 т исходной руды	на 1 т класса -74 мкм	по исходной руде	по классу -74 мкм	на 1 т исходной руды	на 1 т класса -74 мкм
1	Преддодраблывание критического класса крупности -60+0 мм	205,5	76,5	10,2	26,1	—	—	—	—
2	Полное рудное самоизмельчение	154,3	58,0	11,7	31,0	33,2	31,9	12,8	15,8
3	Полусамозмельчение с догрузкой 5 % шаров	86,4	43,0	12,7	54,5	137,8	77,9	19,7	52,3
4	Полусамозмельчение с догрузкой 10 % шаров	102,9	51,0	23,3	47,0	99,7	50,0	56,2	44,5

Несомненно, технология с преддодраблыванием критического класса в «голове» процесса имеет уникальные показатели по производительности и энергозатратам. Причем эти показатели были получены ООО «ТТД» на нескольких типах сырья: золотосодержащей, медесодержащей и серебресодержащей рудах. Закономерно возникает два вопроса: за счет каких ресурсов растет показатель производительности и снижаются энергозатраты и какова перспектива широкого внедрения технологии.

На первый вопрос ответ будет чуть позже. Что касается второго пункта, то при проведении пилотных испытаний технологии с преддодраблыванием в силу использования оборудования небольшого размера организация работы не вызывает трудностей, однако попытка увеличить масштаб сразу же привела к значительным финансовым затратам.

Более того, проведенные проектные проработки этой технологии для конкретных промышленных ГОКов показали, что реализовать ее трудно и затратно: увеличивается высота

подачи руды и неоправданно растет количество дробилок мелкого типа. Поэтому положительные решения руководителей предприятий, желающих внедрить технологию Voliden, совсем не очевидны; вероятно, они десять раз подумают, прежде чем решиться на масштабные работы.

Другой пример: в 1986–1989 годах были проведены полупромышленные испытания алмазосодержащей руды месторождения им. М.В. Ломоносова в Архангельской области. Для этого была смонтирована фабрика небольшой производительности (10–12 т/ч) с технологией, повторяющей технологию якутских ГОКов.

Поскольку одному из авторов данной статьи на этих предприятиях приходилось много работать, то повторить технологию не представляло труда. В «голове» процесса была смонтирована мельница самоизмельчения с размерами барабана 2,1×0,7 м [3], оснащенная новыми, не имеющими аналогов внутренними элементами: футеровкой и решеткой, которые получили название каблучковых (рис. 2).

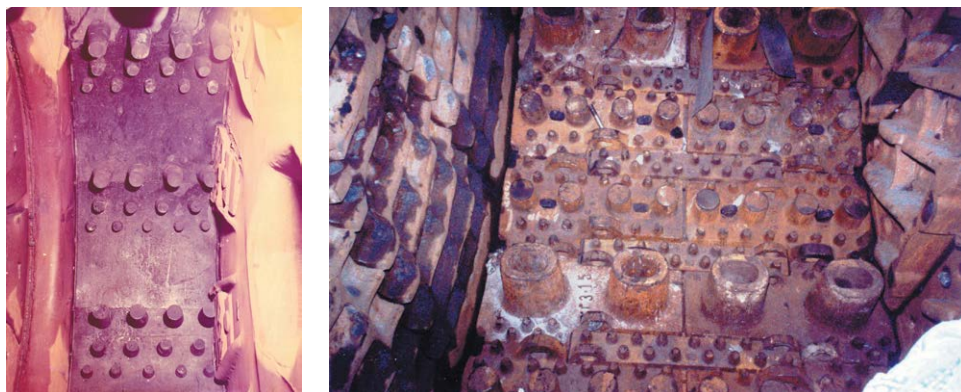


Рисунок 2. Испытание каблучковой футеровки на опытной мельнице  $D \times L = 2,3 \times 0,7$  м (АК «АЛРОСА») и на цементном заводе на мельнице  $D \times L = 7,0 \times 2,3$  м

Использование каблучковой футеровки и решетки, впервые смонтированных на мельнице, предназначенной для переработки руды, с целью получения важнейших показателей по разведке месторождений сейчас рассматривается как некая авантюра, однако на тот момент существовала определенная уверенность в ее работе.

К этому времени автор был достаточно опытным специалистом-алмазником, проработавшим в институте «Якутнипроалмаз» более 13 лет, кандидатом технических наук, прекрасно знавшим технологические возможности фабрик и установленное на них оборудование, главным образом мельницы самоизмельчения. Поэтому, когда на одной из крупных фабрик были обнаружены провальные показатели по сохранности алмазов, его немедленно откомандировали на это предприятие с целью выяснить причину и предложить мероприятия по ее устранению.

Во время работы на одной из мельниц и рассуждений о вопросах сохранности алмазов и причин нарушения кристаллов, в том числе крупных, автору пришла мысль сделать футеровку по типу своеобразного грохота и насытить всю поверхность

бобышками, чтобы крупный кусок, падая на внутреннюю поверхность, попадал на них, а кристаллы, находясь в районе подошвы бобышки, были бы защищены (рис. 2). Такая идея в тот момент руководством предприятия оценена не была; ее удалось реализовать лишь несколько лет спустя на новой фабрике на месторождении М.В. Ломоносова.

Возвращаясь к этой идее, можно сказать, что в части сохранности кристаллов она сработала.

Как показали испытания, проведенные на технологической пробе массой 6 тыс. т, роль каблучковой футеровки в механизме измельчения руды оказалась шире. Была получена производительность на 50–70 % выше, а энергозатраты на 30–40 % ниже по сравнению с расчетными значениями, причем объяснение этому на тот момент найдено не было, и результаты были приняты как есть.

Но все же полученные показатели оказались настолько неожиданными и неправдоподобными, что потребовали тщательной дальнейшей проверки в специализированных условиях. Такими условиями располагала опытная фабрика института «Якутнипроалмаз», с ними был хорошо знаком автор.

Благодаря колоссальной поддержке директора института Виктора Смольникова в 1990 году были проведены первые испытания каблучковой футеровки на опытной фабрике института на мельнице ММС-2,3×0,7 м. На основании полупромышленных опытов был составлен протокол от 28 июня 1990 года [4] за подписью заместителя директора «Якутнипроалмаз» по научной части А.А. Бохана, в котором отмечено, что по сравнению с мельницей, оснащенной обычными лифтерами, выполненными из резины в виде брусков, удельные энергозатраты снизились на 32 %, а производительность выросла на 84 %. При этом выявлена незначительная повреждаемость алмазов. После обсуждения результатов было принято решение о продолжении исследований и вторичном испытании каблучковой футеровки в резиновом исполнении в 1991 году.

По результатам сравнительных полупромышленных испытаний мельницы самоизмельчения ММС-2,3×0,7 м с обычными и каблучковыми лифтерами в резиновом исполнении и изучения повреждаемости алмазов была выпущена информационная записка от 10 октября 1991 года [5] за подписью А.А. Бохана. В ней говорилось, что производительность мельницы с каблучковой футеровкой выросла по классу -0,5 мм на 55 %, а энергозатраты снизились на 30 %. Повреждаемость алмазов-индикаторов, несмотря на резкое увеличение интенсивности измельчения, незначительно (на 0,9 %) уменьшилась. Была предложена рекомендация о проведении сравнительного промышленного испытания каблучковой футеровки на фабрике №8, имеющей две мельницы ММС-7,0×2,3 м.

Такие испытания состоялись в 1999 году и отражены в протоколе от 13.05.1999 [6] за подписью главного ин-

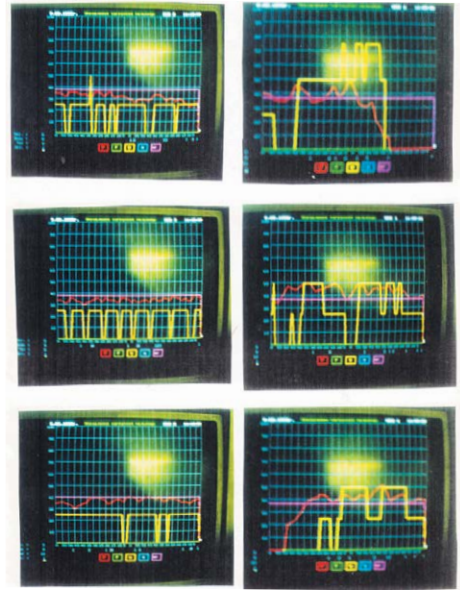


Рисунок 3. Диаграммы работы питателя (слева — со стандартной футеровкой; справа — с каблучковой футеровкой)

женера АК «АЛРОСА» В.Т. Калитина, где сказано, что по представленным сравнительным диаграммам мощности и скорости питателя (рис. 3), наблюдается увеличение производительности ММС №1, оснащенной каблучковой футеровкой, на 30–35 % по сравнению с ММС №2 со стандартной футеровкой.

Также были отмечены некоторые недоработки конструкции, сроки их исправления, и намечены следующие испытания, которые должны были состояться в августе — сентябре 1999 года, но по определенным причинам были отложены и впоследствии перенесены на новый срок.

Еще одни интересные испытания состоялись в 1994 году в исследовательской лаборатории компании Anglo American (Anglo American Research Laboratories) в ЮАР [7]. В результате проведенных экспериментов было установлено, что с помощью каблучковой футеровки

производительность мельницы самоизмельчения повышается на 75 %, а удельные энергозатраты снижаются на 55 %. Эта работа изложена в отчете компании на английском языке (может быть предоставлен по запросу).

Таким образом была разработана и прошла полупромышленные и промышленные испытания каблчковая футеровка для мельниц самоизмельчения. Она показала уникальные результаты, которые выгодно отличают ее от схем с полусамоизмельчением.


Всем пользователям мельниц, работающих в режиме полусамоизмельчения, а также проектным организациям, отвечающим за внедрение таких мельниц, следует обратить внимание на каблчковую футеровку. Она работает значительно эффективнее шаров, отрицательные факторы использования которых должны быть знакомы любому грамотному специалисту.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В статье были рассмотрены две технологии, связанные с решением проблемы переработки критиче-

ской крупности в мельнице полусамоизмельчения (технология Boliden) и в мельнице полного самоизмельчения (технология ООО «ТТД»). Обе технологии показали удивительные результаты, которые трудно переоценить.

Однако, как показано выше, зарубежная технология может быть реализована лишь при колоссальных затратах, тогда как по технологии ООО «ТТД» эффект достигается за счет футеровки, замена которой происходит регулярно, что обеспечивает возможность корректировать конфигурацию футеровки, ее лифтеров, добиваясь оптимума для конкретной руды.

**Теперь на вопрос о том, за счет чего достигаются рост производительности и снижение энергозатрат по технологии ООО «ТТД», можно смело ответить: за счет применения каблчковой футеровки, позволяющей переработать дополнительное сырье, а именно материал, именуемый критической крупностью.** 

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Bond E.C. An expert reviews the design and evolution of early autogenous grinding systems. Engineering and Mining J., 1964, №8, pp. 105-111.
2. H.S. Giesser. Tube milling practice. Engineering and Mining J., 1914, feb., p. 463.
3. Андреев, С.Е., Зверевич, В.В., Перов, В.А. Дробление, измельчение и грохочение. Издательство «Недра», М., 1969 г.
4. Протокол «Испытание каблчковой футеровки», «Якутнипроалмаз», 1990.
5. Протокол «Испытание каблчковой футеровки», «Якутнипроалмаз», 1991.
6. Протокол «Испытание каблчковой футеровки», АК «АЛРОСА», 1999.
7. Протокол «Испытание каблчковой футеровки» Anglo American Research Laboratories (ЮАР), 1994.



**ООО «Техника и Технология Дезинтеграции»**

тел.: +7 (921) 930-8711

e-mail: [v.cochnev@yandex.ru](mailto:v.cochnev@yandex.ru) | [www.ttd.spb.ru](http://www.ttd.spb.ru)