

УДК 669.725.3

*В.И. Самойлов, А.К. Адрышев, Н.А. Куленова,  
З.В. Шерегедя, В.А. Агапов, О.А. Утешева,  
Л.Г. Гадылбекова, Л.В. Шушкевич*

### **ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА БЕРИЛЛОВЫХ КОНЦЕНТРАТОВ**

---

**В** горно-обогатительных производствах бериллового концентрата одной из острых проблем является загрязнение концентрата железом на начальной стадии обогащения руды – в процессе измельчения руды в шаровых мельницах. Прирост содержания железа в рудном материале в результате его «натирки» мелющими телами составляет несколько десятков процентов.

Берилл ( $3\text{BeO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2$ ) – стойкий к действию серной кислоты алюмосиликат бериллия, флотоконцентрат которого используется в производстве гидроксида бериллия. Перед серноокислотным вскрытием берилловые концентраты подвергают дорогостоящей активирующей подготовке – концентраты плавят с карбонатами натрия и кальция, плав гранулируют водой [1]. При переработке активированного таким образом концентрата до гидроксида бериллия значительный объём затрат приходится на очистку промежуточных продуктов технологии и гидроксида бериллия от железа.

С целью повышения качества бериллового концентрата, упрощения и удешевления его переработки в гидрометаллургии нами выполнен поиск альтернативных методов измельчения берилла.

В ходе этой работы проведены технологические испытания гидроударной установки для измельчения сыпучих материалов конструкции Чиргина С.Г. [2-4] с использованием бериллового концентрата Малышевского месторождения (Свердловская область). Результаты этой работы приводятся ниже.

*Измельчение крупнодисперсного бериллового концентрата.* Гидроударный измельчитель, созданный на базе центробежного пескового насоса (рис. 1), представляет собой систему каналов различного сечения, установленных по окружности ротора и статора аппарата. Подбор геометрических форм каналов позволяет достичь необходимой степени измельчения и эмульгирования различных веществ. Периодическое перекрытие каналов влечёт за собой изменение давления в роторе, сопровождающееся звуковой волной.

Процесс измельчения твердой фазы происходит посредством гидроударов и сопровождается значительным выделением тепла. Для предотвращения закипания гидроизмельчитель подключают системой трубопроводов к баку-смесителю. Слив пульпы после окончания процесса измельчения производится в отдельную ёмкость. Продолжитель-

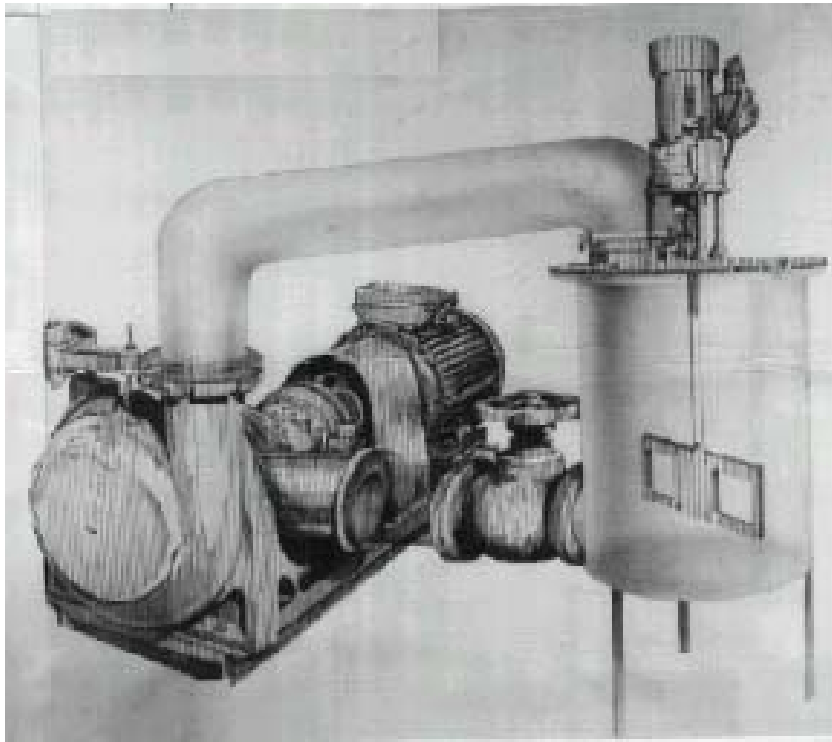


Рис. 1. Технологическая обвязка испытательного стенда

ность одного цикла измельчения составляет в среднем 20÷30 мин.

Технические параметры установки: производительность – до 30 м<sup>3</sup>/ч; потребляемая мощность – 55÷75 кВт; крупность исходного материала – до 5 мм; степень измельчения – до 10 мкм; соотношение Т:Ж = 1÷3; измельчающая среда – вода, кислота, щелочь. По заказу возможно изменение производительности установки до 50 м<sup>3</sup>/ч. Действующий опытно-промышленный участок фирмы - изготовителя (г. Екатеринбург) позволяет производить экспериментальное измельчение различных материалов. Срок изготовления оборудования в зависимости от комплектации 2-3 месяца.

Результаты технологических испытаний, проведённых в г. Екатеринбурге

на гидроударной установке (рис. 1) показали следующее (перерабатывался берилловый концентрат крупностью - 5 мм, массой 11 кг, среда водная, Т:Ж = 1:10, метод анализа измельчённого концентрата – седиментационный). Седиментационным анализом установлено, что уже к 11-й мин циркуляции водно-концентратной пульпы через гидроизмельчитель максимальный размер частиц концентрата снижен с 5 до 0,08 мм. Дальнейшее измельчение не приводит к снижению максимального размера частиц, однако увеличивает количество мелких фракций. Содержание фракции -5 мкм к 11-й, 31-й и 61-й минутам циркуляции водно-концентратной пульпы через гидроизмельчитель (рис. 1) составляет

Материал		ρ, кг/м <sup>3</sup>	Среда	Имя файла			T <sub>стаг.</sub> , с	T <sub>оп.</sub> , с
берилл		2800	вода	C:\ANALYSIS\BP20-4.F			604	1110
N	сита, мкм	d <sub>sr</sub> , мкм	г, %	R, %	D, %	Ra1, %	Ra2, %	Ra3, %
1	100	125,0	0,0	0,0	100,0	0,0	0,0	0,0
2	80	90,0	0,0	0,0	100,0	1,5	0,0	0,6
3	63	71,5	0,0	0,0	100,0	2,9	0,4	1,9
4	50	56,5	5,8	5,8	94,2	5,7	2,5	4,9
5	40	45,0	4,9	10,6	89,1	10,5	8,7	10,5
6	30	35,0	11,8	22,5	77,5	21,6	23,8	22,7
7	20	25,0	20,5	43,0	57,0	47,9	50,7	48,3
8	15	17,5	34,1	77,0	23,0	68,4	67,0	67,5
9	10	12,5	6,0	83,0	17,0	87,9	82,8	87,8
10	5	7,5	5,9	88,9	11,1	98,3	94,9	99,3
11	0	2,5	11,1	100,0	0,0	100,0	100,0	100,0

Параметры аппроксимации

	Вид	$d_{90}$ , мкм	P	S <sub>min</sub>
Ка1, %	Плитта	19.4475	2.97005	222.683
Ка2, %	P-Рамлер	20.2118	1.84575	211.244
Ка3, %	Норм-лог	19.5056	1.15446	254.467

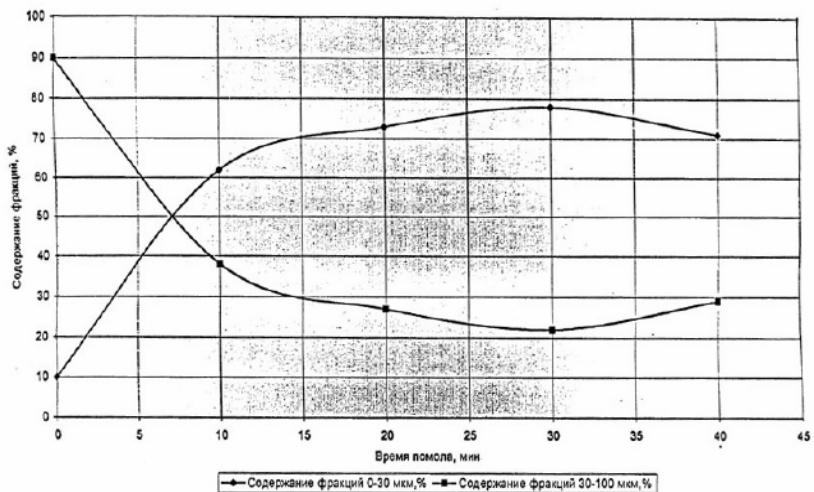
Дата	H, мм	T <sub>под.с</sub>
21/06/98 22:44	253	610
Сигнал среды	Проба	
2250	берилл	



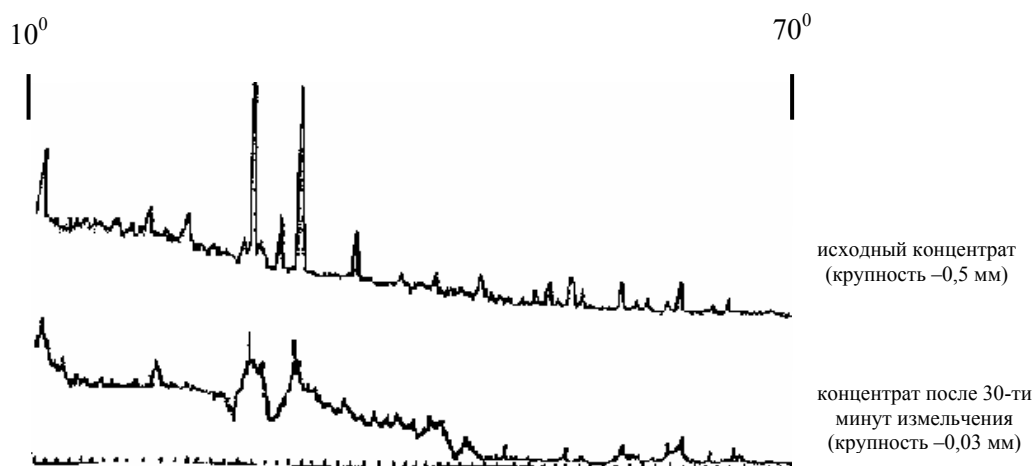
Рис. 2. Результаты анализа бериллового концентрата (30 мин циркуляции водно-концентратной пульпы через гидроизмельчитель)

5,9; 12,6; 13,3 % соответственно. К 31-й минуте циркуляции пульпа нагревается: до ~80 °С. Не установлено прироста содержания железа в берилловом концентрате в процессе его гидроударного измельчения.

*Измельчение мелкодисперсного бериллового концентрата.*



*Рис. 3. Влияние времени помола бериллового концентрата на эффективность его измельчения*



*Рис. 4. Результаты рентгеноструктурного анализа берилла в диапазоне углов отражения от  $10$  до  $70^{\circ}$*

ностью -200 мкм. Общая продолжительность измельчения составляла 40 мин. Отбор проб измельчаемого концентрата проводился каждые 10 мин. Гранулометрический состав проб определяли на седиментографе с последующей электронной обработкой результатов.

На гистограммах частных остатков наблюдалось значительное преобладание

мелких фракций материала уже после 10 мин помола (до 62 % фракции -30 мкм). При дальнейшем измельчении содержание фракции -30 мкм в процентном отношении повысилось на 10,9 % (после 20 мин помола) и далее ещё на 4,6 % (составив в итоге 77,5 % после 30 мин помола, см. рис. 2 и 3). Увеличение времени помола до 40 мин не даёт значительного эф-

фекта, что говорит об агрегации мелких частиц, объясняющей увеличение содержания фракций -30 мкм. Важно отметить, что не установлено прироста содержания железа в процессе гидроударного измельчения концентрата.

Основываясь на данных анализов, можно сделать следующее заключение: эффективное время помола на гидроизмельчителе для данного материала составляет 30 мин (рис. 3). Дальнейший помол может быть эффективен только при условии отвода тонкой фракции в ходе помола. Возможно также повышение процента мелкой фракции при использовании в ходе помола диспергатора пузырькового типа, препятствующего процессу агрегации мелких частиц в крупные.

По истечении 30 минут циркуляции пульпы через гидроизмельчитель ре-

зультатом рентгеноструктурного анализа зарегистрировано частичное разрушение кристаллической решётки берилла (рис. 4), которое, прогрессирующе нарастало вплоть до окончания эксперимента, длившегося 40 мин.

Нами показано [1, 5, 6], что рентгеноаморфный берилл крупностью -5 мкм вскрывается серной кислотой без применения дорогостоящей его плавки с флюсами.

Таким образом, использование гидроударных диспергаторов для измельчения берилловых концентратов позволяет повысить их качество по содержанию железа и создает предпосылки к упрощению и удешевлению гидрометаллургической переработки данных концентратов.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Самойлов В.И.* Экспериментальная разработка перспективных химических методов извлечения бериллия и лития из минерального сырья. – Усть-Каменогорск: Медиа-Альянс, 2006. – 551 с.

2. *Чиргина С.Г., Тараканова А.В.* Роторный аппарат. – Патент 2161062. – М., 2000.

3. *Чиргина С.Г.* Устройство для растворения, эмульгирования и диспергирования различных материалов. – Патент 2149680. – М., 2002.

4. *Чиргина С.Г.* Устройство для растворения, эмульгирования и диспергирования раз-

личных материалов. – Патент РФ 2179066. – М., 2002.

5. *Аксютенко В.С., Кочнев В.В., Ошлаков С.П., Самойлов В.И. и др.* Способ извлечения бериллия из берилловых концентратов: Патент РФ по заяв. на изобрет. 2006129072 от 14.02.06. – М., 2006.

6. *Самойлов В.И., Куленова Н.А., Сырнев Б.В. и др.* Сернокислотное вскрытие берилловых концентратов с использованием их механической активации // БУ ВИНТИ. – М., 2006. – № 10. **ГИАБ**

#### Коротко об авторах

*Самойлов В.И.* – АО «УМЗ»,  
*Адрышев А.К., Куленова Н.А., Шерегедя З.В., Агапов В.А., Утешева О.А., Гадылбекова Л.Г., Шушкевич Л.В.* – ВКГТУ, Усть-Каменогорск.

Статья представлена Восточно-Казахстанским государственным техническим университетом.

Рецензент академик НАН РК, д-р. геол.-минерал. наук *Б.А. Дьячков.*