

ТОНКОЕ ГИДРАВЛИЧЕСКОЕ ГРОХОЧЕНИЕ – ФАКТОР ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОПЕРАЦИЙ РУДОПОДГОТОВКИ И ОБОГАЩЕНИЯ МЕДНО-ЦИНКОВЫХ РУД

С.В. Мамонов
ОАО «Уралмеханобр»

Флотационное обогащение руд цветных металлов существенно зависит от качества их подготовки. В первую очередь это касается оптимального гранулометрического состава флотируемой руды, который обеспечивает раскрытие зерен полезного минерала (без переизмельчения) и отделение их от пустой породы.

Для выделения готового по крупности материала в циклах измельчения руд, как правило, применяется гидравлическая классификация, осуществляемая в механических классификаторах или гидроциклонах. При этом, эффективность классификации по готовому классу крупности в указанных аппаратах не превышает 45-50 % [1,2]. Это приводит к уменьшению производительности мельницы по готовому классу, увеличению циркуляционной нагрузки, а также переизмельчению зерен полезных минералов, что в конечном итоге снижает извлечение ценных компонентов в концентрат.

В последнее время на некоторых горно-обогатительных предприятиях гидроциклоны отечественного производства заменены на гидроциклонные установки фирмы «Доберсек», которые снабжены средствами автоматического поддержания давления в гидроциклонах и имеют высокую стоимость. Однако, практика работы предприятий, внедривших указанные установки, показала лишь незначительный прирост эффективности классификации (до 50-55 %).

Перспективным направлением для классификации является тонкое грохочение [3,4], реализуемого на грохотах нового поколения.

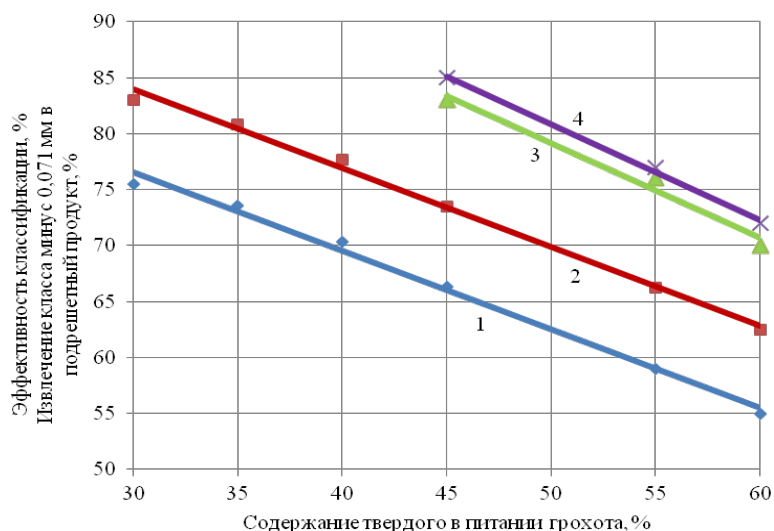
Для оценки перспективности применения тонкого грохочения в операциях тонкой классификации в качестве испытательного аппарата был выбран высокочастотный грохот Repulper корпорации Derrick.

Объектом исследований являлась медно-цинковая руда Гайского месторождения, представленная питанием гидроциклонов операции классификации III стадии измельчения.

В ходе экспериментов было изучено влияние на эффективность мокрого тонкого грохочения следующих технологических параметров: содержание твердого в питании грохота; размер ячейки сита; нагрузка на грохот, а также содержание в питании грохота частиц с диаметром, близким к размеру отверстия сит.

Экспериментально полученные зависимости основных параметров тонкого грохочения от содержания твердого в питании грохота, приведенные на рис. 1, показали, что при содержании свыше 55 % твердого в пита-

нии грохота эффективность классификации не превышает 60 %. При этом содержание класса минус 0,071 мм в подрешетном продукте не превышает 70 %.



1 – эффективность классификации (без орошения); 2 – извлечение класса минус 0,071 мм в подрешетный продукт (без орошения); 3 – эффективность классификации (с орошением); 4 – извлечение класса минус 0,071 мм в подрешетный продукт (с орошением)

Рис. 1. Зависимость основных технологических показателей тонкого грохочения от содержания твердого в питании грохота

Повысить значения эффективности и извлечения при грохочении продуктов с весьма большой плотностью возможно путем введения дополнительного верхнего орошения с расходом воды не более 1,6 м³/ч. При этом эффективность классификации возрастает до уровня 75-83 %, а извлечение класса минус 0,071 мм в подрешетный продукт - до уровня 85 %. Необходимо отметить, что при использовании верхнего орошения обводнение продуктов классификации, в частности подрешетного продукта, не наблюдается (рис. 2): содержание твердого в подрешетном продукте составляет величину не ниже 30 %, что является оптимальным для цикла рудоподготовки и дальнейшего флотационного обогащения руд цветных металлов.

Выбор размера ячеек сита согласно справочным данным [1] определяется размером зерна граничной крупности разделения. Для исследованной пробы эта величина колеблется в интервале 70-100 мкм. Это значение, с учетом наклона грохота (24⁰) составило 0,100 мм и 0,125 мм. На рис. 3 приведены зависимости эффективности классификации и извлечения класса минус 0,071 мм в подрешетный продукт от размера отверстия сита грохота.

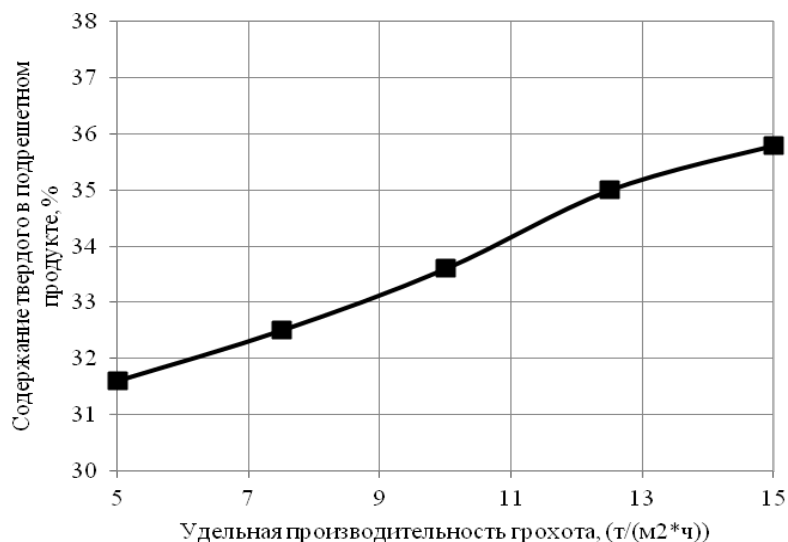
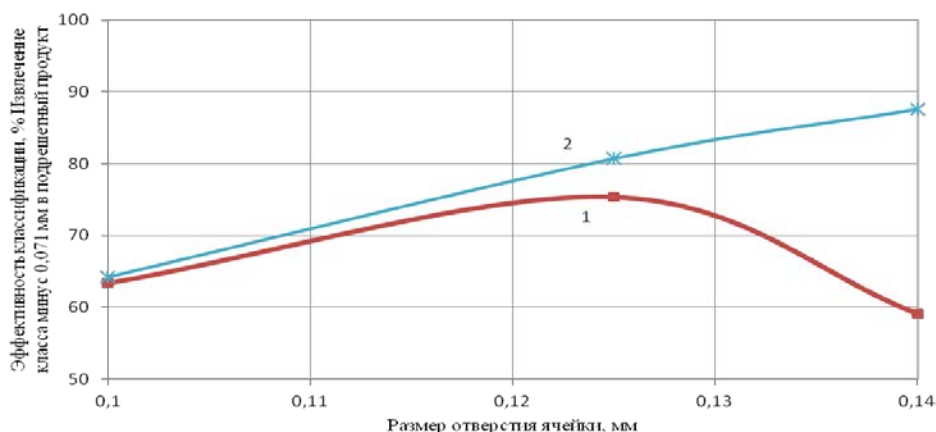


Рис. 2. График зависимости содержания твердого в подрешетном продукте от удельной производительности грохота (с применением верхнего орошения)



1 – эффективность классификации; 2 – извлечение класса минус 0,071 мм в подрешетный продукт

Рис. 3. График зависимости эффективности классификации и извлечения класса минус 0,071 мм в подрешетный продукт от размера отверстия сита грохота

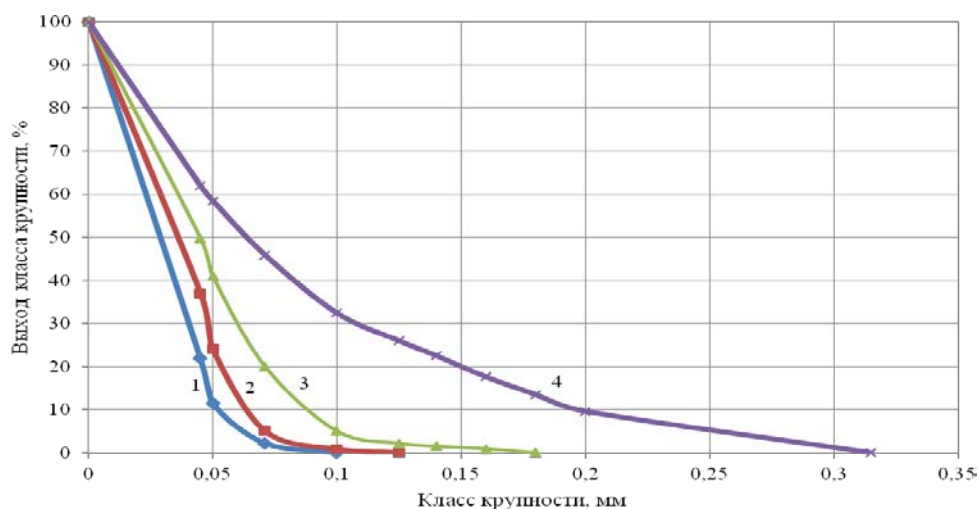
Кривые получены в результате тонкого грохочения исследуемого материала при удельной производительности $10 \text{ т/м}^2 \cdot \text{ч}$ с постоянным содержанием твердого в питании грохота равным 55 % и постоянном расходе воды, направляемой на верхнее орошение, равном $1,6 \text{ м}^3/\text{ч}$.

В результате исследований влияния размера отверстия сита на технологические показатели тонкого мокрого грохочения, при прочих равных условиях, установлено, что:

- с увеличением размера отверстия сита с 0,100 мм до 0,140 мм извлечение класса минус 0,071 мм в подрешетный продукт возрастает, в зависимости от удельной производительности, с 56 % до 93,5 %;

- эффективность классификации имеет экстремальное значение при грохочении на сите с размером отверстия сита равного 0,125 мм. С увеличением размера отверстия сита до 0,140 мм кривая эффективности классификации имеет более крутой скат, чем при размере отверстия сита 0,100 мм. Так, например, при грохочении материала со средней удельной производительностью ($10 \text{ т/м}^2 \cdot \text{ч}$) эффективность классификации при использовании сита с размером ячейки 0,100 мм на 4,3 % выше, чем при использовании сита с размером ячейки 0,140 мм.

В ходе исследований установлено, что грохот при удельной производительности $10 \text{ т/м}^2 \cdot \text{ч}$ в подрешетный продукт отсеивает 98-100 % зерен материала размером, равным размеру ячеек установленного на нем сита. Иначе говоря, он пропускает в подрешетный продукт только 2 % зерен выше этого размера и дает «чистую» гранулометрическую характеристику, как показано на рис. 4.

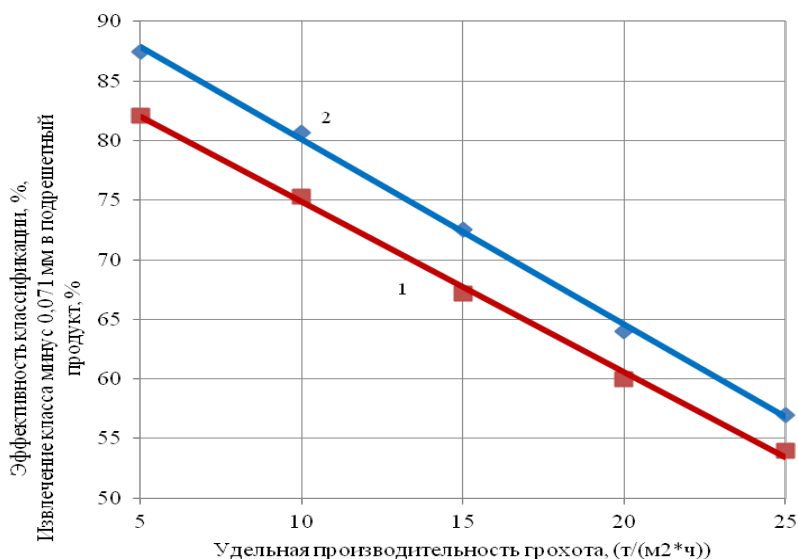


1 – гранулометрический состав подрешетного продукта при грохочении на сите с размером ячейки 0,100 мм; 2 – гранулометрический состав подрешетного продукта при грохочении на сите с размером ячейки 0,125 мм; 3 – гранулометрический состав подрешетного продукта при грохочении на сите с размером ячейки 0,140 мм; 4 – гранулометрический состав исходной пробы

Рис. 4. Гранулометрические характеристики исходного и подрешетного продуктов, полученных при грохочении исходного материала на различных ситах

При этом отмечено, что гранулометрическая характеристика мало зависит от производительности.

Исследовано влияние удельной производительности грохота на технологические показатели тонкого грохочения. Исследования проведены при вариации удельной производительности от $5 \text{ т/м}^2 \cdot \text{ч}$ до $25 \text{ т/м}^2 \cdot \text{ч}$ с шагом $5 \text{ т/м}^2 \cdot \text{ч}$. При этом приняты следующие фиксированные параметры: размер отверстия сита – $0,125 \text{ мм}$, содержание твердого в питании – 55% , расход воды верхнего орошения – $1,6 \text{ м}^3/\text{ч}$. На рис. 5 приведен график зависимости эффективности классификации и извлечения класса минус $0,071 \text{ мм}$ в подрешетный продукт от удельной производительности грохота.



1 – эффективность классификации; 2 – извлечение класса минус $0,071 \text{ мм}$ в подрешетный продукт

Рис. 5. График зависимости эффективности классификации и извлечения класса минус $0,071 \text{ мм}$ в подрешетный продукт от удельной производительности грохота

Из данных приведенных на рис. 5, следует, что при удельной производительности грохота от $5 \text{ т/м}^2 \cdot \text{ч}$ до $25 \text{ т/м}^2 \cdot \text{ч}$ наблюдается постепенное снижение эффективности грохочения с 82% до 54% . При этом, извлечение расчетного класса крупности в подрешетный продукт также снижается с 88% до 57% . Показатели тонкого грохочения в данном интервале превосходят показатели классификации в гидроциклонах, в связи с чем, указанный диапазон может быть принят в качестве рабочего при последующих исследованиях, а также для использования грохотов тонкого грохочения в промышленных условиях.

На основании исследований были определены оптимальные параметры тонкого грохочения: содержание твердого – 55% , удельная производительность – $10 \text{ т/м}^2 \cdot \text{ч}$, размер отверстия ячейки сита – $0,125 \text{ мм}$. В оп-

тимальном режиме выполнен контрольный опыт с целью сравнения технологических показателей тонкого грохочения с технологическими показателями процесса классификации пульпы осуществляемой в гидроциклонах. Результаты контрольного опыта показали превосходство тонкого грохочения над традиционной классификацией пульпы в гидроциклоне (табл. 1) по величине эффективности классификации на 40 %, по содержанию флотационного класса крупности на 20 %, по извлечению флотационного класса крупности на 26 %.

Таблица 1 - Сравнительные параметры гидроциклонирования и тонкого грохочения

Наименование показателя	Показатели классификации		Прирост
	в гидроциклоне	на грохоте	
Содержание класса минус 0,071 мм в слив/подрешетный продукт, %	66,5	86,9	+ 20,1
Извлечение расчетного класса в слив/подрешетный продукт, %	58,5	85,2	+ 26,7
Эффективность классификации, %	31,0	71,7	+ 40,7
Выход слива/подрешетного продукта, %	48,0	50,2	+ 2,2
Примечание: * показатели приведены по данным генерального опробования схемы рудоподготовки на ОФ ОАО «Гайский ГОК»			

Количественный минералогический анализ продуктов тонкого грохочения показал, что в подрешетном продукте наблюдается концентрация раскрытых сульфидов меди и цинка (табл. 2).

Кроме того, в подрешетном продукте, по сравнению со сливом промышленного гидроциклона, наблюдается прирост раскрытых минералов меди и цинка на 10 % и 5 %, соответственно.

Таблица 2 - Результаты минералогического анализа продуктов тонкого грохочения и слива промышленного гидроциклона

Наименование продукта	Содержание, %			
	Халькопирит		Сфалерит	
	Свободные зерна	Сростки	Свободные зерна	Сростки
Надрешетный продукт	41	59	18	82
Подрешетный продукт	57	43	45	55
Слив промышленного гидроциклона	47	53	40	60

Это подтверждается результатами изучения распределения ценных металлов по продуктам грохочения: в подрешетном продукте отмечается концентрация меди и цинка, что подтверждается данными табл. 3.

Таблица 3- Химический состав продуктов тонкого грохочения, %

Наименование продукта	Массовая доля	
	Медь	Цинк
Надрешетный продукт	1,16	0,55
Подрешетный продукт	1,89	0,79
Исходный продукт	1,53	0,67

Прирост массовой доли меди и цинка и концентрация раскрытых минералов в подрешетном продукте, позволяют сделать вывод о том, что грохот тонкого грохочения не только разделяет материал по крупности, но и кондиционирует, стабилизирует состав подрешетного продукта перед флотационным обогащением.

Результаты тестовых исследований флотационного обогащения, проводимые на сливе гидроциклона и подрешетном продукте грохота тонкого грохочения, при прочих равных условиях, показали, что при флотации подрешетного продукта получается медный концентрат при извлечении меди, равном величине 85,43 %, в то время как при флотации слива гидроциклона в медный концентрат извлекается 82,3 % меди. При этом массовая доля меди в медном концентрате остается на постоянном уровне – 15,50 % и 15,41 %, соответственно. Прирост извлечения цинка в цинковый концентрат при флотации подрешетного продукта относительно извлечения цинка при флотации слива гидроциклона составляет 0,5 % при постоянном качестве концентрата.

Таким образом, использование мокрого тонкого грохочения в рудо-подготовительных операциях при переработке руд цветных металлов позволяет существенно повысить эффективность процессов классификации данных операций, стабилизировать вещественный состав продуктов последующих стадий «глубокого» обогащения, а также повысить эффективность собственно флотационного процесса обогащения и, как следствие, повысить качественно-количественные показатели переработки минерального сырья.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Справочник по обогащению руд. Подготовительные процессы. М., Недра, 1982.
2. Вайсберг Л.А., Коровников А.Н. Тонкое грохочение как альтернатива гидравлической классификации по крупности. Обогащение руд, 2004 г., №3.
3. Пелевин А.Е., Лазебная М.В. Применение грохотов «Деррик» в замкнутом цикле измельчения на обогатительной фабрике ОАО «Комбинат КМАруда»//Обогащение руд. 2009. № 2.
4. Steven B. Тонкое грохочение в технологии обогащения минерального сырья. Горная техника, 2005 г.