УДК 622.7

**М.Е.ГОЛОВАНОВ, С.В.ДМИТРИЕВ**
*Металлургический факультет, группа ОП-98, ассистенты профессора*

# СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ РУДОПОДГОТОВКИ МЕДНО-НИКЕЛЕВЫХ РУД

На основе данных фабричного опробования цикла измельчения обогатительной фабрики «Печенганикель» выполнен анализ гранулометрических характеристик продуктов измельчения – классификации. На основании этого анализа и математических моделей аппаратов исследован технологический процесс измельчения с целью его оптимизации.

Выработан ряд рекомендаций по оптимизации работы измельчительного и классифицирующего оборудования, разработаны предложения по реконструкции цикла измельчение – классификация, созданы режимные карты для процесса измельчения с учетом роста производительности.

In work, on the basis of given factory approbation of a cycle of crushing of concentrating factory «Pechenganicel» the analysis гранхарактеристик products of crushing – classification is executed. On the basis of this analysis and mathematical models of devices technological process of crushing was investigated with the purpose of its optimization.

A line of recommendations regarding optimization of work измельчительного is produced and classifying equipment, offers on reconstruction of a cycle crushing – classification are developed, regime cards for process of crushing are created in view of growth of productivity.

Обогатительная фабрика № 1 перерабатывает руды Ждановского месторождения. Технологическая схема рудоподготовки включает трехстадиальное дробление от 1200 до 25 мм с поверочным грохочением в открытом цикле перед 3-й стадией, двухстадиальное измельчение в замкнутом цикле с механическим классификатором и гидроциклонами.

Исходной информацией для анализа послужили данные технологических опробований продуктов измельчения первой секции фабрики (рис.1-3) [4].

Анализ результатов опробования позволяет наметить, наряду с оптимизацией режима работы мельниц, следующие возможные пути улучшения показателей работы передела измельчение – классификация на первой секции фабрики [3]: 1) оптимизация технологической карты цикла измельчения (плотность пульпы, циркулирующая нагрузка, гранулометрические характеристики продуктов и др.); 2) оптимизация режима разделения в гидроциклонах.

На созданных моделях аппаратов и цикла проводились исследования с целью проверки оптимальности существующих насадок гидроциклонов и выбора оптимальных режимных параметров их работы [1].

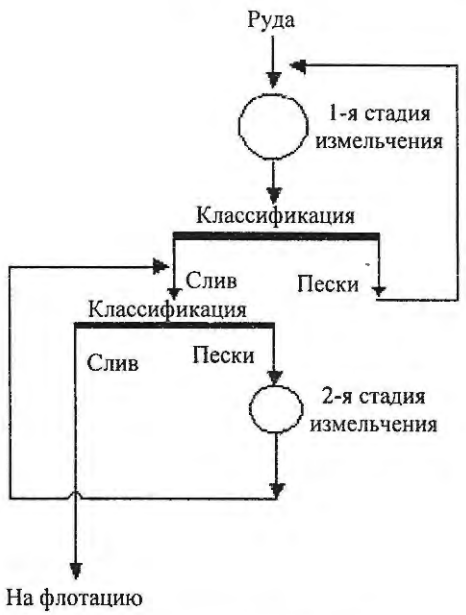



Рис.1. Технологическая схема процесса измельчения

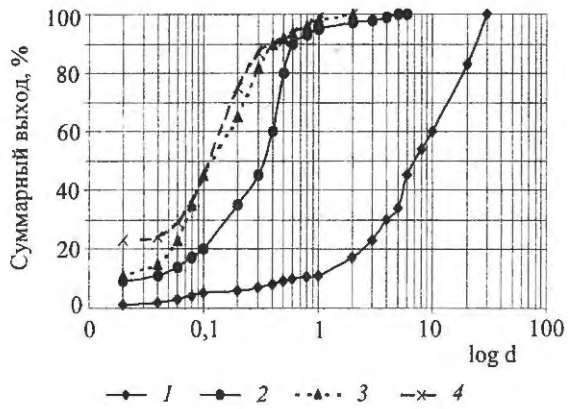



Рис.2. Характеристика крупности усредненной руды (*1*); песков гидроциклона 600 мм (*2*); песков гидроциклона 350 мм (*3*); слива мельницы № 23 (*4*) 1-й стадии измельчения

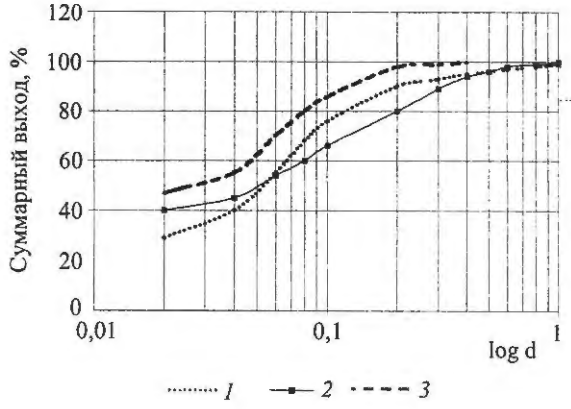



Рис.3. Характеристика крупности слива мельницы № 24 (*1*); гидроциклона 600 мм (*2*) и слива гидроциклона 350 мм (*3*) 2-й стадии измельчения

При моделировании в сливе мельницы, питании, сливе и песках гидроциклона фиксировались следующие параметры: расход твердой фазы; содержание твердого; выход класса –0,074 мм; содержание класса $d_{80}$; объем пульпы и давление в питании гидроциклона, частный выход, размер граничного зерна, извлечение воды и эффективность классификации на сливе гидроциклона.

Изменение диаметра сливного патрубка влияет на все показатели работы гидроциклона [2]. Увеличение диаметра сливного патрубка (при заданном размере песковой насадки) приводит к:

*увеличению* эффективности классификации; плотности песков гидроциклона; крупности песков гидроциклона; выхода слива гидроциклона; плотности слива гидроциклона; размера граничного зерна в сливе гидроциклона; извлечения воды в слив гидроциклона;

*уменьшению* производительности гидроциклона; циркулирующей нагрузки мельницы; давления на входе в гидроциклон; содержания класса –0,074 мм в песках гидроциклона; выхода класса –0,074 мм в слив гидроциклона; удельной производительности мельницы.

Влияние песковой насадки на работу гидроциклона в замкнутом цикле (в отличие от открытого) весьма значительно [2]. Уменьшение размера песковой насадки (при фиксированном диаметре сливного патрубка) приводит к:

*увеличению* эффективности классификации; плотности песков; крупности песков; выхода слива гидроциклона; плотности слива гидроциклона; размера граничного зерна в сливе; извлечения воды в слив;

*уменьшению* производительности гидроциклона; циркулирующей нагрузки; давления на входе в гидроциклон; содержания класса –0,074 мм в песках гидроциклона; выхода класса –0,074 мм в слив гидроциклона.

Разгрузочное отношение (отношение диаметра песковой насадки $\Delta$ к диаметру сливного патрубка $d$) является самым важным геометрическим параметром работы промышленных гидроциклонов [2]. Изменение разгрузочного отношения существенно влияет на все показатели работы гидроциклона и, прежде всего, на перераспределение объемов песков и слива. Характер влияния разгрузочного отношения на параметры разделения в гидроциклоне различен и зависит от изменения диаметра сливной или песковой насадок. С увеличением разгрузочного отношения эффективность классификации уменьшается резко, если возрастает диаметр песковой насадки при заданном $d$, и более плавно, за счет манипулирования размером сливного патрубка при фиксированном диаметре песковой насадки.

*Таблица 1*

**Рекомендуемые изменения**

| Стадия измельчения | Диаметр гидроциклона, мм | | Насадки на рекомендуемые гидроциклоны, мм | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | рекомендуемого | действующего | питающий патрубок | сливной | песковый |
| 1-я | 750 | 600 | 200 | 230 | 200 |
| 2-я | 500 | 350 | 110 | 100 | 80 |

*Таблица 2*

**Результаты моделирования 1-й стадии измельчения (гидроциклон диаметром 750 мм)**

| Продукт | Параметр | 390 ($n$ = 3) | 420 ($n$ = 4) | 450 ($n$ = 4) | 480 ($n$ = 5) |
|---|---|---|---|---|---|
| Слив мельницы | Вода в зумпф, м$^3$/ч | 330 | 367 | 409 | 448 |
| | Выход, т/ч | 1047 | 1163 | 1295 | 1420 |
| | Содержание твердого, % | 68,0 | 68,0 | 68,0 | 68,0 |
| | Крупность, мм | 0,423 | 0,436 | 0,452 | 0,463 |
| Пески г/ц | Выход, т/ч | 657 | 744 | 845 | 940 |
| | Содержание твердого, % | 80,6 | 77,3 | 80,1 | 73,68 |
| | Выход класса –0,074 мм, % | 11,24 | 12,55 | 10,14 | 10,92 |
| | Крупность, мм | 0,542 | 0,566 | 0,592 | 0,615 |
| | Плотность питания, % | 56,0 | 56,0 | 56,0 | 56,0 |
| | Циркуляция, % | 168,5 | 177,1 | 187,8 | 195,8 |
| Слив г/ц | Содержание твердого, % | 37,00 | 37,6 | 35,8 | 36,77 |
| | Выход класса –0,074 мм, % | 57,04 | 54,91 | 53,8 | 52,16 |
| | Крупность, мм | 0,163 | 0,178 | 0,181 | 0,193 |
| | Граничная крупность, мм | 0,168 | 0,182 | 0,174 | 0,184 |
| | Эффективность классификации | 52,74 | 48,62 | 52,35 | 49,38 |
| | Рабочее давление, кПа | 113,2 | 78,67 | 97,5 | 75,0 |
| | Удельная производительность т/(ч·м$^3$) | 0,714 | 0,739 | 0,776 | 0,801 |

*Таблица 3*

**Результаты моделирования 2-й стадии измельчения (гидроциклон диаметром 500 мм)**

| Продукт | Режим/параметры | Расход твердого, т/ч | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | 390 ($n$ = 11) | 420 ($n$ = 18) | 450 ($n$ = 18) | 480 ($n$ = 20) |
| Питание гидроциклона | Вода в зумпф, м$^3$/ч | 185 | 294 | 411 | 500 |
| | Выход, т/ч | 2005 | 2345 | 2614 | 2813 |
| | Содержание твердого, % | 54,0 | 55,0 | 55,0 | 55,0 |
| | Содержание класса –0,074мм,% | 40,43 | 36,90 | 34,09 | 33,03 |
| Пески г/ц | Выход, т/ч | 1568 | 1852 | 2093 | 2264 |
| | Содержание твердого, % | 76,48 | 77,71 | 80,40 | 79,88 |
| | Выход класса –0,074, % | 28,06 | 24,77 | 22,17 | 21,48 |
| | Крупность, мм | 0,231 | 0,241 | 0,243 | 0,246 |
| | Циркуляция, % | 402,0 | 441,0 | 465,0 | 471,7 |
| Слив гидроциклона | Содержание твердого, % | 26,28 | 26,26 | 24,28 | 24,02 |
| | Выход класса –0,074, % | 84,89 | 82,24 | 81,74 | 80,95 |
| | Крупность, мм | 0,0638 | 0,0694 | 0,0706 | 0,0723 |
| | Граничная крупность, мм | 0,0439 | 0,044 | 0,042 | 0,043 |
| | Эффективность классификации | 40,19 | 41,09 | 42,44 | 42,07 |
| | Рабочее давление, кПа | 98,44 | 95,18 | 118,28 | 110,64 |
| | Удельная производительность, т/(ч·м$^3$) | 0,578 | 0,635 | 0,715 | 0,767 |

Циркулирующая нагрузка цикла уменьшается по параболе при изменении разгрузочного отношения уменьшением диаметра песковой насадки и почти пропорционально при варьировании диаметром сливного патрубка. Уменьшение разгрузочного отношения вызывает снижение производительности гидроциклонов по исходному питанию. Давление на входе в гидроциклон уменьшается с уменьшением $\Delta/d$.

Плотность песков гидроциклона резко возрастает при изменении $\Delta/d$ уменьшением диаметра песковой насадки и мало меняется при варьировании диаметром сливного патрубка. Уменьшение разгрузочного отношения приводит к увеличению крупности песков гидроциклона. Выход слива гидроциклона растет при уменьшении $\Delta/d$. Содержание твердого в сливе гидроциклонов возрастает при уменьшении $\Delta/d$, содержание класса –0,074 мм снижается, а размер граничного зерна растет.

В результате проведенных исследований предложено заменить гидроциклоны и насадки к ним (табл.1).

Оптимальные значения режимных технологических параметров процесса измельчения в 1-й стадии представлены в табл.2, во 2-й – в табл.3.

**ЛИТЕРАТУРА**

1. Исследование влияния различных параметов на показатели работы гидроциклонов на математических моделях / И.А.Блатов, В.П.Бондаренко, Л.В.Зеленская и др. // Обогащение руд. 1998. № 2.

2. Математическое моделирование процесса измельчения на ОФ-1 ОАО «Комбинат Печенганикель» / И.А.Блатов, В.П.Бондаренко, Е.Е.Андреев, и др. // Цветные металлы. 1998. № 4.

3. *Разумов К.А.* Проектирование обогатительных фабрик / К.А.Разумов, В.А.Перов. 4-е изд. М.: Недра, 1982.

4. *Тихонов О.Н.* Технологические исследования процессов измельчения / АООТ «Институт «Гипроникель». СПб, 1997. Т 2.

Научный руководитель д.т.н. проф. *О.Н.Тихонов*