

А.В.ВЫДЫШ, М.Н.НАФТАЛЬ,
ЗФ ОАО «ГМК «Норильский никель», Норильск
Л.Н.ЕРЦЕВА
ОАО «Институт Гипроникель», Санкт-Петербург
А.Г.МОРАЧЕВСКИЙ
Санкт-Петербургский государственный
политехнический университет

РЕЗУЛЬТАТЫ МИНЕРАЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ ТВЕРДЫХ ОБРАЗЦОВ ИСХОДНЫХ И КОНЕЧНЫХ ПРОДУКТОВ АТМОСФЕРНОЙ МЕДЕОЧИСТКИ В ТЕХНОЛОГИИ СЕРНО-КИСЛОТНОГО ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ ВЫСОКОМЕДИСТОГО ФАЙНШТЕЙНА

Изучены структурно-текстурные особенности, фазовый и химический составы высокомедистого файнштейна и твердого остатка от операции атмосферной медеочистки, являющейся головной операцией в технологической схеме серно-кислотного выщелачивания файнштейна. Исследования структурно-минералогического состава продуктов выполнены с использованием современных методов электронной микроскопии (РЭМ и РСМА) и рентгенодифракционного анализа.

Structure-texture characteristics, phase and chemical composition of high-copper converter matte and solid residue in atmospheric copper removal have been studied. Atmospheric copper removal is an upstream operation in the flowsheet of converter matte sulfuric acid leaching. Investigations of structural-mineralogical composition of the products have been carried out with the application of modern electronic microscopic techniques (scanning electronic microscopy and X-ray-spectrum analysis), and X-ray diffraction analysis.

Первая стадия гидрометаллургической переработки файнштейна (далее – технология) – селективная очистка никель-кобальтового раствора от меди – осуществляется в атмосферных условиях при интенсивном перемешивании пульпы и аэрации воздухом. Очистка раствора, поступающего со стадии автоклавного рафинирования, производится исходным измельченным файнштейном. При этом режимные параметры процесса обеспечивают получение конечного никель-кобальтового раствора с заданными остаточными концентрациями никеля и меди. Основная задача этой операции заключается в максимально полном выделении меди из раствора в твердый осадок, направляемый на стадию автоклавного окислительного выщелачивания. Другая задача

состоит в выщелачивании легко вскрываемых компонентов файнштейна – металлического сплава и, частично, хизлевудита Ni_3S_2 . Процесс выщелачивания в данной операции протекает в одном химическом акте с осаждением меди, поэтому обе задачи неразрывно связаны между собой.

В целях более глубокого понимания механизмов основных операций технологии специалистами ЗФ ОАО «ГМК «Норильский никель» и ОАО «Институт Гипроникель» были проведены совместные исследования образцов исходных, промежуточных и конечных твердых продуктов технологии с получением фактического материала об их строении и фазовом составе. Минералогические исследования проводились с использованием традиционных диагностических ме-

Рациональный состав высокомедистого файнштейна, %

Компонент	Ni	Cu	Co	Fe	S	Прочие	Итого
Ni ₃ S ₂	23,19				8,43		31,62
Ni ⁰	3,63						3,63
Cu ₂ S		45,58			11,48		57,07
CuS		0,80			0,40		1,20
Cu ⁰		0,47					0,47
Co ₃ S ₂			0,55		0,20		0,75
Co ⁰			0,12				0,12
Fe ₂ S ₃				1,40	1,21		2,61
Fe ₃ S ₂				1,13	0,43		1,56
Fe ⁰				0,47			0,47
Прочие						0,51	0,51
ИТОГО	26,82	46,85	0,67	3,00	22,15	0,51	100,00

тодов – рентгеноструктурного и оптического анализов, а также комплекса современных методов изучения вещественного состава, включая растровую электронную микроскопию (РЭМ) и рентгеноспектральный микроанализ (РСМА).

В ходе изучения закономерностей кристаллизации высокомедистых файнштейнов было установлено, что в реальных условиях грануляции скорость охлаждения сульфидного расплава водой недостаточна для получения гомогенного «стеклообразного» состояния материалов. Основу исследуемой пробы высокомедистого файнштейна составляли: джарлеит – тетрагональная модификация Cu_{1,96}S и хизлевудит Ni₃S₂. Обнаружено присутствие первичного низкотемпературного халькозина – орторомбической модификации Cu₂S и небольшое количество низкотемпературного борнита Cu₅FeS₄. Диагностированы также следы шпинельной фазы – вероятнее всего – магнетита. Самостоятельных соединений железа и кобальта установить не удалось. Вследствие чрезвычайно малых размеров состав металлической фазы был определен полуколичественно, по массе, %: Ni 75-80; Fe 10; Cu 10; Co 2-3. Массовая доля металлической фазы в пробе высокомедистого файнштейна составляла примерно 3-5 %.

На основе полученных результатов диагностирования пробы файнштейна был выполнен расчет ее рационального состава (см. таблицу). В целях упрощения расчета борнит, присутствующий в составе файнштейна (Cu₄¹⁺ Cu_{0,5}²⁺ Fe₃³⁺ S₄), рассматривали как сумму простых сульфидов меди и железа: 2Cu₂S + 0,5CuS + 0,5Fe₂S₃, а железо и кобальт, присутствующие в хизлевудите в виде изоморфных включений, – как Fe₃S₂ и Co₃S₂.

Наряду с файнштейном минералогическим исследованиям был подвергнут твердый продукт медеоочистки, полученный в результате проведения полупромышленного эксперимента. По своему минералогическому составу крупные частицы кека медеоочистки были близки к зернам исходного измельченного файнштейна. При этом тонкодисперсная часть остатка состояла, главным образом, из сульфида меди, преимущественно вторичного происхождения. В пробе твердого остатка присутствовали частицы, как содержащие все три составляющие, так и уже не содержащие металлической фазы. Последние имели поры характерной формы, повторяющей форму исходной металлической составляющей.

Основной составляющей пробы твердого остатка медеоочистки являлся реликтовый джарлеит Cu_{1,96}S, практически не содержа-

щий железа. Металлическая фаза свой состав не изменила, но растворение ее значительной части привело к снижению общего содержания железа и кобальта в твердом остатке медео очистки по сравнению с исходным фاینштейном. Уменьшение содержания железа в твердой фазе, произошедшее в ходе медео очистки, обусловлено также его выщелачиванием и из борнитовой составляющей сульфида меди с вероятным образованием вторичного сульфида меди. Сульфид никеля содержал в значительных количествах примесь меди и, по большей части,

имел формулу, близкую $\text{Ni}_{50}\text{Cu}_{10}\text{S}_{40}$, что стехиометрически соответствовало смеси Cu_{2-x}S и Ni_3S_2 . Небольшая доля сульфида никеля представляла собой миллерит.

Результаты минералогических исследований послужили основой для проведения теоретических расчетов распределения металлов и серы в операции медео очистки и определения группы основных химических взаимодействий, протекающих на данной стадии гидрометаллургической переработки высокомедистого фاینштейна.