

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

«Омский государственный университет им. Ф.М. Достоевского»

(ФГБОУ ВО «ОмГУ им. Ф.М. Достоевского»)

Пр. Мира, 55-А, г. Омск, 644077, Тел.: (3812) 67-01-04, факс: (3812) 22-36-41

E-mail: rector@omsu.ru, <http://www.omsu.ru>

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию и автореферат Нафталя Михаила Нафтольевича на тему: **«Научное обоснование и разработка усовершенствованной технологии автоклавной переработки платиносодержащих никель-пирротиновых концентратов»**, представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.02 – **Металлургия черных, цветных и редких металлов**

Диссертация Нафталя Михаила Нафтольевича на тему **«Научное обоснование и разработка усовершенствованной технологии автоклавной переработки платиносодержащих никель-пирротиновых концентратов»**, посвящена решению одной из актуальных проблем ПАО «ГМК «Норильский никель» (Норникель) – повышению комплексности и экологической чистоты переработки богатых и медистых руд Талнахского и Октябрьского месторождений. Работа выполнена в Заполярном филиале (ЗФ) Норникеля и ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина» (УрФУ) с использованием уникальных методик и автоклавных установок.

Никель-пирротиновые концентраты являются сложным металлургическим сырьём. Повышенное содержание в них железа (до 55 %) и серы (до 36 %) делает экономически неприемлемыми для их переработки традиционные способы, применяемые при производстве металлов из полиметаллического сульфидного сырья.

С 1979 года платиносодержащие никель-пирротиновые концентраты перерабатывают на Надеждинском металлургическом заводе (НМЗ) по автоклавно-окислительной технологии с получением сульфидного концентрата, технической серы и отвальных хвостов. Внедрение этой технологии является крупным достижением отечественной металлургии и уникальным явлением в мировой промышленной практике переработки медно-никелевого сырья.

Вместе с тем, проектный вариант технологии, основанный на низкотемпературном выщелачивании никель-пирротинового концентрата, не обеспечивал требуемую производительность и надёжную работу автоклавного оборудования. При переходе к высокотемпературному выщелачиванию, несмотря на его неоспоримые преимущества, возникли новые серьёзные проблемы. Высокотемпературный режим выщелачивания потребовал применения специального

ПАВ (лигносульфонатов), что привело к «срыву» процесса автоклавной агрегации. Вследствие неустойчивой работы эта операция была исключена из проектной схемы автоклавно-окислительной технологии. Освоение технологии в варианте «короткой» схемы обусловило высокий уровень безвозвратных потерь платиновых металлов с отвальными хвостами технологии. Кроме этого, режим высокотемпературного выщелачивания резко ограничил возможность переработки пирротиновых концентратов с повышенным содержанием серы. При переработке, так называемых, высокосернистых концентратов ($\geq 31 \% S$) в автоклавах выщелачивания образовывались серосульфидные гранулы и плавы. Их накопление вызывало аварийную остановку автоклавного агрегата. К числу серьезных недостатков освоенного режима выщелачивания также следует отнести низкие показатели переработки «лежалого» пирротинового сырья, проявившего «упорность» к вскрытию по стандартной технологии.

Острота ситуации, помимо высоких потерь платиновых металлов с отвальными хвостами (50-55 %), была связана с тем, что автоклавная технология переработки высокосернистого и «лежалого» пирротинового сырья занимает ключевое положение в планах стратегического развития всего обогатительно-металлургического комплекса Заполярного филиала (ЗФ) «Норникеля». Указанные выше недостатки являлись серьезным сдерживающим фактором для производственно-технического развития ЗФ – основного производственного актива «Норникеля», обеспечивающего получение в России $> 95 \%$ металлов платиновой группы.

Изложенные выше факты свидетельствуют о том, что результаты диссертационной работы актуальны и имеют важное практическое значение для решения «Норникелем» стратегических задач, включая повышение комплексности переработки богатых руд Октябрьского и Талнахского месторождений при одновременном снижении вредного экологического воздействия предприятий ЗФ на окружающую природную среду Норильского промрайона.

Основная идея диссертационной работы заключалась в оптимизации гранулометрического состава и структуры серосульфидной фазы, формирующейся в процессе высокотемпературного выщелачивания никель-пирротинового сырья за счёт подбора и комбинации ПАВ с заданными технологическими свойствами в сочетании с подачей на выщелачивание минеральной стабилизирующей добавки.

Изучение диссертации показало, что работа основана на базе обширного экспериментального и теоретического материала, полученного с привлечением современных методов и методик исследований.

Диссертация является самостоятельной научно-исследовательской работой, расширяющей знания в области автоклавной гидрометаллургии сложного многокомпонентного пирротинового сырья, подвергаемого окислительному выщелачиванию при температурах выше точки плавления элементной серы. На основе выполненных исследований диссертантом разработаны новые научно-обоснованные

технические и технологические решения, внедрение которых внесло значительный вклад в развитие технологий и экономики «Норникеля».

В результате работы создан и промышленно реализован целый ряд научно-технических разработок, позволивших вовлечь в переработку «упорное» (высокосернистое и «лежалое») никель-пирротинное сырьё в режиме высокотемпературного выщелачивания по «короткой» схеме автоклавной технологии с высокими показателями целевого извлечения всех ценных компонентов.

Созданный автором диссертации комплекс научно-технических разработок обобщён в виде совмещённого процесса «автоклавно-окислительное выщелачивание - автоклавная микроагрегация» (процесс «АОВ-АМА») в одном автоклавном агрегате. При этом процесс «АОВ-АМА» органично встроен в действующую «короткую» схему автоклавной технологии НМЗ в качестве её «головной» технологической операции.

Создание управляемого процесса «АОВ-АМА» на основе связанного регулирования расходов комбинированного ПАВ и минеральной стабилизирующей добавки следует признать важным практическим шагом в развитии автоклавной гидрометаллургии сульфидного сырья – пирротинового, медно-никелевого, цинкового, медно-цинкового и др.

Представленные в диссертации научно-технические разработки проверены и отработаны в полномасштабных промышленных условиях, внедрены и используются в технологии ЗФ «Норникеля». Совокупный экономический эффект от их использования составляет 35 млн. долларов США в год, что свидетельствует о высокой практической значимости результатов проведенных исследований.

Материалы диссертации представлены в 55 работах, опубликованных соискателем, в том числе: 29 научных работах в рецензируемых научных изданиях перечня ВАК; 2 монографиях, 16 изобретениях (в т.ч.: 4 авторских свидетельства СССР, 7 патентах России на изобретения и 5 служебных изобретениях «Норникеля», принятых к сохранению в тайне в качестве «ноу-хау»); 8 других публикациях.

Новизна результатов диссертационной работы и их прикладной характер подтверждаются тем, что созданные её автором технические решения защищены патентами России, авторскими свидетельствами СССР и «ноу-хау» «Норникеля».

Выводы и рекомендации диссертационной работы, безусловно, имеют большое научное и практическое значение.

Основные положения и результаты работы прошли апробацию на престижных международных форумах (симпозиумах, научных конференциях, выставках-конгрессах и др.).

Автореферат диссертации соответствует диссертационной работе.

Результаты укрупнено-лабораторных и промышленных испытаний позволяют утверждать, что при переработке богатого высокосернистого никель-пирротинного концентрата по «короткой» схеме усовершенствованной автоклавной технологии в варианте «АОВ-АМА» будет достигнуто высокое извлечение ценных компонентов в автоклавный сульфидный концентрат: никеля – 94-95 %; металлов платиновой группы – не менее 90 %. При содержании никеля в исходной пирротинсодержащей шихте на

уровне 3-3,5 % позволяет уверенно прогнозировать его содержание в автоклавном сульфидном концентрате на уровне не ниже 15 %.

Логичным завершением представленной работы явилось внедрение на НМЗ усовершенствованной автоклавной технологии переработки пирротинсодержащей шихты с широким диапазоном составов, в том числе по содержанию пирротина. Освоение этой технологии открывает реальный путь для внедрения на ТОФ «экстра»-технологии, которая обеспечит максимальную экономически обоснованную глубину вывода малоникелистого пирротина в отвал. В этом варианте основная масса серы будет удалена на ранней стадии переработки руды и не попадёт в металлургический цикл, где утилизация диоксида серы из отходящих газов требует значительных затрат. Кроме этого, «экстра»-технология позволяет получить «супер»-богатый никелевый концентрат (15 % Ni), что обеспечит дополнительное сокращение выбросов диоксида серы в металлургическом цикле, повысит производительность головных плавильных агрегатов и значительно сократит эксплуатационные расходы.

В условиях благоприятной конъюнктуры мировых цен на рынках никеля, платины и палладия в усовершенствованной автоклавной технологии НМЗ может быть рентабельно переработан малоникелистый пирротинистый продукт (0,8-0,9 % Ni; 2-2,5 г/т суммы платиновых металлов), выводимый в настоящее время в отвал в количестве до ~ 3 млн. т в год.

Результаты диссертационной работы, завершившиеся созданием совмещённого процесса «АОВ-АМА» в одном автоклавном агрегате, открыли перспективу для проведения направленного научного поиска в следующих направлениях:

- разработка автоклавно-окислительной (кислородной) технологии химического обогащения коллективного медно-никелевого или никелевого концентратов, получаемых в схеме гравитационно-флотационного обогащения шихты вкрапленных руд месторождений Норильского промрайона;

- разработка технологии «ангидридного» высокотемпературного выщелачивания шихты пирротинсодержащих материалов с целью совместной переработки по «короткой» схеме автоклавной технологии НМЗ богатых никель-пирротинистых концентратов и концентратов, получаемых при обогащении вкрапленных руд Норильского промрайона при одновременной утилизации диоксида серы.

Считаю уместным отметить, что автор диссертации является ярким представителем норильской школы гидрометаллургов-автоклавщиков, одним из тех, кто запускал и осваивал на НМЗ уникальную автоклавную технологию переработки никель-пирротинистых концентратов, до сих пор не имеющую аналогов в мировой промышленной практике. В своей диссертации он сумел систематизировать и логично представить ценный опыт обширных исследований, касающихся использования разнообразных ПАВ в автоклавной гидрометаллургии пирротинистого сырья.

Широкое использование методов математического планирования эксперимента, обстоятельный анализ результатов и высокая культура изложения материала производят очень хорошее впечатление о диссертационной работе и квалификации её автора.

Для полноты оценки квалификации автора работы следует упомянуть о том, что в технологической цепочке производства ЗФ автоклавная технология НМЗ занимает ключевое положение – на «стыке» между переделом обогащения руды и металлургическим комплексом. Поэтому, разрабатывая новые технические решения для автоклавной технологии, диссертант активно участвовал и в крупных разработках, проводимых на смежных технологических переделах. Так, например, он является соавтором в разработке и внедрении новых реагентных режимов и схемных решений в обогащении богатых и медистых руд. В частности, по его инициативе на флотации ТОФ была испытана, а позднее, внедрена сульфонатная присадка ДП-4 (производства ООО «НПП КВАЛИТЕТ»), обеспечившая значительный прирост извлечения платиновых металлов. Ранее, этот же реагент по рекомендации диссертанта был успешно внедрён в автоклавной технологии НМЗ (в операциях серосульфидной флотации, дезинтеграции серосульфидного концентрата и автоклавной выплавки серы).

Вопросы и замечание по диссертации:

1. Содержание родия, рутения и иридия в г/т в таблицах приводится до второго и даже иногда до третьего знака после запятой. Современные методы анализа платиновых металлов не позволяют получить такую точность анализа.
2. Необходимо пояснить, каким методом удалось интенсифицировать процесс выщелачивания трудновскрываемого «лежалого» пирротинового сырья, пассивированного продуктами кислородной коррозии сульфидов?
3. Может ли быть совмещённый процесс «АОВ-АМА» эффективным для переработки малосернистого пирротинового сырья (содержащего $< 22\% S$) и, если может, то при каких условиях?
4. Какой механизм лежит в основе использования кальциевого слива серного передела автоклавной технологии НМЗ в качестве минеральной стабилизирующей добавки при выщелачивании высокосернистого пирротинового сырья?
5. В автореферате диссертации использовано большое количество аббревиатур, что затрудняет изучение и анализ материала.
6. Страницы с 264 по 268 являются повторением.

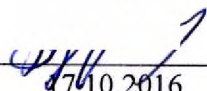
Замечания не снижают высокой научной и практической ценности рассматриваемой диссертационной работы.

Вывод. По содержанию, качеству и уровню проработки научных и практических вопросов диссертационная работа соответствует требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание учёной степени кандидата наук.

Автор диссертации, Михаил Нафтольевич Нафталь, вполне заслуживает присуждения ему учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.16.02 – Металлургия черных, цветных и редких металлов.


Рекомендация. Научный потенциал автора диссертации и ценность (в том числе, результативность) его научных трудов намного превышают кандидатский уровень. Поэтому, после защиты кандидатской диссертации, автору работы рекомендую доработать материал и на его базе выйти на защиту докторской диссертации. Материал диссертационной работы может быть дополнен исследованиями воздействия режимов окисления пирротина при автоклавно-окислительном выщелачивании никель-пирротиновых концентратов в присутствии комбинированного ПАВ на распределение цветных и платиновых металлов по классам крупности формирующейся серосульфидной фазы. Кроме этого, в целях последовательного развития тематики использования ПАВ в процессах автоклавной гидрометаллургии представляется целесообразным дополнить материалы диссертации исследованиями по применению ПАВ в операциях автоклавной дезинтеграции серосульфидного концентрата и автоклавной выплавки серы. В этой области у автора диссертации имеются серьёзные теоретические и практические наработки с промышленным внедрением и значительным экономическим эффектом.

Официальный оппонент
заведующий кафедрой неорганической
химии, д.т.н., профессор


47/10.2016

Борбат Владимир Фёдорович

Подпись Борбата Владимира Фёдоровича заверяю:


И.с.с.р. ЧС 0
17.10.16
