

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО НАУЧНЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ

ИНСТИТУТ ХИМИИ И ТЕХНОЛОГИИ РЕДКИХ  
ЭЛЕМЕНТОВ И МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ

им. И.В. Тананаева

КОЛЬСКОГО НАУЧНОГО ЦЕНТРА  
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК  
(ИХТРЭМС КНЦ РАН)

Академгородок, 26а, Апатиты, Мурманская обл.,  
Россия, 184209

Факс (815-55)6-16-58, тел (815-55) 79-5-49, 7-52-95

E-mail [office@chemy.kolasc.net.ru](mailto:office@chemy.kolasc.net.ru)

ОКПО 04694169, ИНН 5101100177, ОГРН 1025100508597

№ 230-2113/408 от 23.11.2015 г.

На \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_



Заместитель директора по  
научной работе  
д.т.н., член-корр. РАН

*А.И. Николаев*

Николаев А.И.

### ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

на диссертационную работу Гончарова Константина Васильевича  
«Одностадийный процесс прямого получения железа и титанованадиевого шлака  
из титаномагнетитовых концентратов и гидрометаллургическое извлечение  
ванадия из шлака», представленную на соискание ученой степени  
кандидата технических наук по специальности 05.16.02 – Metallurgy черных,  
цветных и редких металлов

**Актуальность темы диссертации.** Ванадий является рассеянным элементом, и месторождений собственно ванадиевых минералов в мире имеется весьма ограниченное количество. Ванадий представлен в основном аксессуарными примесями в ванадийсодержащих титаномагнетитах. РФ располагает большими запасами ванадия в титаномагнетитах, приближающихся к 50% мировых запасов этого элемента. Считается, что при малом содержании ванадия (<1%) наиболее эффективным способом получения ванадия является пирометаллургический, недостатком которого является его многостадийность и высокая энергозатратность. Достоинством ванадия является то, что он может служить легирующим элементом во многих сортах сталей. Поэтому диссертационная работа автора, посвященная одностадийному получению металлического железа и титано-ванадиевого шлака с последующим извлечением из него ванадия является актуальной.

**Состав диссертационной работы и использование полученных результатов.** Работа состоит из введения, литературного обзора (глава 1) и четырех глав собственных исследований, заключения, списка литературы, включающего 143 наименования и приложения.

#### **Обоснованность и достоверность защищаемых положений диссертации**

В диссертационной работе проведен критический анализ сырьевых источников ванадия, способов и технологий их переработки. Автором выполнен большой объем экспериментальной и теоретической работы по установлению

состава образующихся фаз при пиро- и гидрометаллургической переработке исходного сырья. При этом использованы современные методы физико-химического анализа, включая рентгенофазовый, спектральный, микрозондовый, методы технологической минералогии и др. На основании проведенных всесторонних исследований автор делает обоснованные научные предположения, выводы и выдвигает рекомендации по использованию полученных результатов. Последние подкреплены Заключением ООО «Петропавловск–Черная металлургия» о возможности использования результатов исследований автора, как имеющие практическое значение для названного предприятия.

На основании проведенного литературного, теоретического и экспериментального исследования автором разработана технология комплексной переработки ванадийсодержащего титаномагнетитового сырья, использующая как пирометаллургические, так и гидрометаллургические подходы.

Автором установлены условия концентрирования ванадия в шлаковой фазе, определены общие закономерности формирования фазового состава титанованадиевых шлаков, температурные области окисления и разрушения вновь образующихся примесных фаз. Найдено и обосновано применение добавок, уменьшающих образование нежелательных ванадийсодержащих фаз.

Сделанные автором выводы и рекомендации основаны на результатах, полученных с использованием современных методов физико-химического анализа и не вызывают сомнения. Возможность использования выполненной разработки на практике подтверждается заключением ООО «Петропавловск–Черная металлургия», сделанным на основании анализа материалов, полученных автором, в сравнение с условиями собственного и Китайского производств.

#### **Соответствие работы требованиям, предъявляемым к диссертациям.**

Диссертационная работа Гончарова Константина Васильевича полностью соответствует требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям. Диссертация содержит все установленные требованиями ВАКа разделы квалификационной научной работы. Во введении автор на основании литературных данных и собственных сведений отмечает, что ванадий является в настоящее время одним из основных легирующих элементов в современной металлургии. А главным его сырьевым источником являются ванадийсодержащие титаномагнетиты. Сравниваются пиро- и гидрометаллургические способы извлечения ванадия из природных руд и концентратов. Отмечается практическая значимость работы, заключающаяся в том, что разработан новый одностадийный способ комплексной переработки титаномагнетитов с получением металлического железа, обеспечивающий одновременно высокую конечную степень извлечения ванадия с одновременным получением высокотитанистых продуктов, пригодных для получения металлического титана и пигментного диоксида титана, что крайне важно при комплексной переработке титаномагнетитовых руд. Приводятся основные положения, выносимые на защиту.



В главе 1 рассматриваются природные сырьевые источники, содержащие ванадий, и отмечается, что в мире ванадий содержится главным образом в титаномагнетитах. Приводятся фирмы, в том числе и Российские, перерабатывающие ванадийсодержащее сырье в ванадиевый продукт. Далее рассматриваются промышленные пиро- и гидрометаллургические способы переработки ванадиевого сырья (титаномагнетитов). Отмечается, что на пирометаллургический способ приходится 80%, а на гидрометаллургический метод – 20% ванадия, производимого из титаномагнетитового сырья. Причем гидрометаллургическая переработка титаномагнетитов отличается более высоким извлечением ванадия. Пирометаллургический метод пригоден только для переработки высокованадистых руд ( $>1\%V_2O_5$ ). В пирометаллургических процессах основным продуктом является металлическое железо, а пентаоксид ванадия является побочным продуктом. Тем не менее в РФ этот способ наиболее задействован. Причем железо получают после переработки железистого чугуна, а ванадий получают гидрометаллургически из титанованадиевого шлака. При использовании титаномагнетитовых концентратов выбор оборудования основан на содержании титана в концентрате. Часто в качестве восстановителя используют некоксуемые угли, что должно существенно удешевлять процесс. Деванадацию чугуна осуществляют дополнительным его окислением. При этом получают богатый ванадием шлак (23-27%  $V_2O_5$ ).

Шлак перерабатывают с использованием гидрометаллургического передела при добавке соды. Для удешевления процесса извлечение ванадия в систему вводится оксид кальция и получают ванадий, пригодный для получения феррованадия. В работе отмечается, что как пирометаллургический, так и гидрометаллургический способы имеют свои недостатки, что приводит к потере ванадия на каждом переделе.

Автором рассматриваются как наиболее перспективные технологии переработки ванадийсодержащих титаномагнетитов элементы DRI-технологий, но с получением ванадия через титанованадиевый шлак.

Главы 2-5 посвящены исследованиям автора. Им рассматриваются исходные материалы, пригодные для промышленного получения ванадия, процесс восстановительного обжига, включая DRI-процесс, и влияние на этот процесс и последующее выщелачивание добавок в виде оксидов железа, кальция и марганца. Найдены наиболее приемлемые для поставленных целей содержания указанных добавок. При содержании в шлаке 8-14 % FeO 95-99,4% ванадия концентрируется в шлаке, а степень металлизации железа составляет 93-99%. Установлено, что при восстановительном обжиге ванадийсодержащих титаномагнетитов при температурах 1380-1425°C и введении 3%  $CaCO_3$  и 2%  $MnO$  практически исключается образование нежелательных ванадийсодержащих фаз. Найдены оптимальные температурные условия проведения пирометаллургического процесса. Разработанная автором принципиальная технологическая схема переработки ванадийсодержащих титаномагнетитов, основанная на первичном восстановительном обжиге исходного концентрата позволяет, кроме



существенного увеличения извлечения в товарный продукт ванадия (около 87%), получать титаноксидный концентрат, пригодный для дальнейшей переработки в высокотитанистые продукты.

**Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации.**

На основании выполненных исследований автором разработан ряд рекомендаций по использованию результатов, которые четко отражены в практической значимости работы. Показана возможность использования полученных результатов в компании ООО «Петропавловск–Черная металлургия». Кроме этого, полученные в работе результаты могут быть использованы на предприятиях перерабатывающих титаномагнетиты, а также на предприятиях, где требуются легированные железосодержащие сплавы.

**Основные достоинства и недостатки по содержанию диссертации.** Полученные результаты полностью соответствуют поставленной цели, а содержание диссертации соответствует содержанию опубликованных автором работ. Содержание автореферата соответствует содержанию диссертации. Диссертационная работа соответствует паспорту специальности 05.16.02 – «Металлургия черных, цветных и редких металлов».

Диссертационная работа Гончарова К.В. включает 31 рисунок, 14 таблиц и в целом оформлена по требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям, изложение четкое и оставляет хорошее впечатление. Основным достоинством работы является разработка технологических решений по комплексной переработке ванадийсодержащих титаномагнетитов с получением ванадиевого и титаноксидного концентратов, а также металлического железа. По материалам диссертации имеются следующие замечания:

1. Автор довольно подробно обсуждает DRI – технологии, но не стремится снизить температуру процесса восстановления и получить металлическое железо и оксидный концентрат. Снижение температуры процесса неизбежно должно бы привести к уменьшению энергозатрат.
2. Обсуждая варианты переработки ванадийсодержащих титаномагнетитов, автор не рассматривает вопрос о первоначальном окислении ванадия до пятивалентного состояния с последующим его удалением из системы как самостоятельного продукта, хотя такой подход упоминается в Заключении ООО «Петропавловск–Черная металлургия». В наших работах также показано, что в этом случае структура железа улучшается и с ним становится легче работать.
3. Автор мог бы с пользой для дела учесть в своей работе результаты других исследователей. В частности из результатов, полученных Институтом металлургии УРО РАН (Рощин А.В.), следует, что при восстановлении углеродом комплексных руд нет необходимости ее тщательно измельчать. Благодаря этому, возможна экономия энергии на операции измельчения руды.
4. Автором в обзоре источников получения ванадия не рассматривается получение ванадия из отходов сжигания тяжелых остатков нефтей,

например, мазута, хотя получающиеся при этом золы могут содержать до 20% пентаоксида ванадия и в мире (США, Япония, Франция) уже в 1985 году при переработки таких отходов получали более 2000 тонн ванадия.

**Заключение.** В целом представленная диссертация Гончарова К.В. выполнена на высоком научном уровне и является научно-квалификационной работой, в которой изложены новые технологические решения по переработке ванадийсодержащих титаномагнетитовых руд и концентратов.

Результаты диссертационной работы, выносимые на защиту, прошли апробацию на многих научных конференциях, по теме диссертации опубликовано 16 работ, в том числе 3 статьи в журналах перечня ВАК.

Отмеченные выше замечания не снижают общего высокого уровня работы. Диссертация полностью соответствует п. 9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 г. № 842, а ее автор заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.02 – Металлургия черных, цветных и редких металлов».

Диссертационная работа была обсуждена на секции химии и технологии силикатных материалов ИХТРЭМС КНЦ РАН (Протокол № 13 от 9 ноября 2015 года) и ученом Совете института (Протокол № 18 от 12 ноября 2015 года).

Заведующий отделом  
ИХТРЭМС КНЦ РАН, д.х.н.,  
(химическая физика – 01.04.17)

Адрес: 184211 г. Апатиты, Мурманской обл.  
Тел. +79210458521. Факс: (81555) 61-658  
E-mail: [grishin@chemy.kolasc.net.ru](mailto:grishin@chemy.kolasc.net.ru)

Подпись рецензента Гришина Н. Н. заверяю



Гришин Н.Н.

