

# ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ИЛЬМЕНИТОВОГО КОНЦЕНТРАТА ОБУХОВСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ Онаев М.И.<sup>1</sup>, Уласюк С.М.<sup>2</sup>, Найманбаев М.А.<sup>3</sup>, Касымжанов К.К.<sup>4</sup> Email: Onaev17117@scientifictext.ru

<sup>1</sup>Онаев Мурат Ибрагимович – кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник;

<sup>2</sup>Уласюк Светлана Михайловна – научный сотрудник;

<sup>3</sup>Найманбаев Мадали Абдуалиевич – кандидат технических наук, главный научный сотрудник;

<sup>4</sup>Касымжанов Кайсар Кошербаевич - ведущий инженер;

лаборатория титана и редких тугоплавких металлов,

АО Институт металлургии и обогащения,

г. Алматы, Республика Казахстан

**Аннотация:** в статье изучены технологические свойства ильменитового концентрата Обуховского месторождения. Определены условия брикетирования: степень измельчения восстановителя – 70% по классу -0,074 мм, в качестве связующего использована бентонитовая глина в количестве 1% от массы концентрата. Показано, что степень восстановления ильменита в брикетах по сравнению с порошкообразной шихтой выше на 6 - 8%, что достигалось созданием тесного контакта восстановителя и концентрата при брикетировании. Установлена оптимальная температура восстановительного обжига 1250°С. При этом в магнитную фракцию извлекается более 90% железа металлического.

**Ключевые слова:** ильменитовый концентрат, брикетирование, восстановление, металлургический кокс, оксид хрома, оксид железа.

## TECHNOLOGICAL PROPERTIES OF ILMENITE CONCENTRATE OBUKHIV DEPOSITS

Onaev M.I.<sup>1</sup>, Ulasjuk S.M.<sup>2</sup>, Naimanbaev M.A.<sup>3</sup>, Kasimzhanov K.K.<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Onaev Murat Ibrahimovic – Candidate of technical sciences, Leading Researcher;

<sup>2</sup>Ulasjuk Svetlana Mihajlovna- Researcher Associate;

<sup>3</sup>Naimanbaev Madali Abdualievich – Candidate of technical sciences, Chief scientist;

<sup>4</sup>Kasimzhanov Kaisar Kosherbaevich -Lead Engineer;

LABORATORY OF TITANIUM AND RARE REFRACTORY METALS,

JSC "INSTITUTE OF METALLURGY AND ENRICHMENT»,

ALMATY, REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

**Abstract:** in the article researched the technological properties of the ilmenite concentrate in the Obukhov deposit. The briquetting conditions have been determined: the size of grinding of a reducing agent – 70% under class - 0.074 mm bentonite clay has been used as a binder in the amount of 1% by weight of the concentrate. The degree of ilmenite reduction in briquettes in comparison with the powdered feed is 6-8% above achieved due to the close contact between the reducing agent and concentrate during briquetting. Established optimum temperature restorative roasting-1250°С. While the magnetic fraction extracted more than 90% of iron metal.

**Keywords:** ilmenite concentrate, briquetting, reduction, metallurgical coke, chromium oxide, iron oxide.

УДК 549.641.23:541.1

**Введение.** Вследствие снижения поставок из традиционных сырьевых источников титана, поступающих ранее из стран СНГ и дальнего зарубежья, особенно актуальны исследования по переработке казахстанских хромсодержащих ильменитовых концентратов ряда месторождений (Обуховское, Шокаш). Высокое содержание хрома в ильменитовых концентратах затрудняет процессы дальнейшей переработки их на титансодержащий шлак, тетрахлорид титана и губчатый титан из-за перехода хрома в отходы производства, что осложняет условия их хранения и утилизации. В связи с этим возникает необходимость предварительной глубокой очистки таких концентратов от хрома.

В связи с истощением природных ресурсов во многих странах применяется способ обогащения ильменитовых концентратов путем восстановительного обжига и последующего кислотного выщелачивания с целью получения искусственного рутила [1 - 4]. Технологический процесс получения искусственного рутила состоит из следующих основных операций: восстановительного обжига ильменитового концентрата для перевода содержащихся в нем ионов Fe<sup>3+</sup> и Fe<sup>2+</sup> в Fe<sup>0</sup>, электромагнитной сепарации восстановленного концентрата с выделением металлического железа – основной примеси; выщелачивания железа из немагнитной фракции слабой серной, соляной кислотой или обработкой другими реагентами (FeCl<sub>3</sub>, NH<sub>4</sub>Cl, TiCl<sub>4</sub> и др.), регенерации используемых для вскрытия концентрата

выщелачивающих агентов. В результате восстановительного обжига и выщелачивания содержание  $TiO_2$  в конечном продукте возрастает до 95 – 98%. По этой схеме работают заводы в Австралии, США, Японии и других странах.

В полупромышленных условиях [5] восстановленный концентрат выщелачивают 20 - 25%-й соляной кислотой при 103–105<sup>o</sup>C, Т:Ж = 1:2 и выдержке 2,5–3 ч. Полученный концентрат после прокалики при 800 –900<sup>o</sup>C и магнитной сепарации содержит 95–96%  $TiO_2$  рутильной формы при извлечении ее из исходного концентрата 98,2%. Выщелачивание проводят в две стадии. Маточный раствор содержит г/л  $FeCl_2$  - 365;  $FeCl_3$  – 6,4;  $HCl_{св}$  - 25,6 и  $SiO_2$  – менее 0,05. При этом ванадий выщелачивается на 70%.

Таким образом, наиболее широкое промышленное применение получают способы, основанные на предварительном углетермическом восстановлении исходных концентратов при 900-1200<sup>o</sup>C, с последующим выделением из них восстановленного железа и других примесей. Выделение проводят с помощью электромагнитной сепарации и выщелачивания примесей из немагнитного остатка. Получаемые при этом обогащенные по титану концентраты содержат до 94 – 98%  $TiO_2$ .

Цель данной работы – исследование физико-химических и технологических свойств ильменитового концентрата Обуховского месторождения.

**Методика проведения эксперимента.** Исследуемый железо-титановый концентрат представлен песчаным материалом. По гранулометрическому составу относится к тонкозернистым. Практически вся масса концентрата (96%) представлена мелкозернистым материалом крупностью  $-0,056+0,040$  мм. Химический состав ильменитового концентрата, масс. %:  $TiO_2$  58,8;  $Fe_2O_3$  26,29;  $FeO$  3,08;  $Cr_2O_3$  4,39;  $Al_2O_3$  2,76;  $SiO_2$  1,24;  $MgO$  1,03;  $MnO$  1,18;  $V_2O_5$  0,13;  $ZrO_2$  0,58;  $P_2O_5$  0,32; прочие 0,2.

Минералогическое изучение показало, что концентрат, в основном, представлен железо-титановыми минералами в виде ильменита и псевдорутила, количество которых достигает 87%. Кроме этого в концентрате присутствуют зерна циркона (1,5-2,0%), рутила (1%), остальное – нерудные минералы – кварц, полевые шпаты. Зерна концентрата имеют угловатую, полукатанную форму, поверхность их корродированная, ямчатая.

Отличительная особенность исследуемого концентрата заключается в том, что основной минерал - ильменит в результате вторичных процессов частично преобразовался в псевдорутил. Зерна ильменита имеют зональное строение, обусловленное наличием центральной неизменной части в виде ильменита и наружного лейкоксенизированного слоя - псевдорутила. Основная примесь в титановом концентрате алюмохромит и хромит (до 10%), представленный в виде неправильных остроугольных и окатанных зерен.

Исследования по восстановлению ильменитового концентрата проводили в лабораторной камерной печи Кејја 1700<sup>o</sup>C. Методика проведения опытов по восстановительному обжигу следующая. Смесь концентрата и кокса засыпали в графитовый тигель и помещали в рабочую зону печи. Для создания восстановительной атмосферы печь продували аргоном, нагревали до требуемой температуры и выдерживали при ней 120 мин. После восстановления тигель охлаждали до комнатной температуры вместе с печью. Полученный огарок подвергали магнитной сепарации с целью выделения восстановленного железа, продукты магнитной сепарации подвергали химическому анализу на содержание металлического и общего железа. По содержанию металлического и общего железа рассчитывали степень восстановления оксидов железа из концентрата.

**Экспериментальная часть и обсуждение результатов.** При оценке технологических свойств концентрата определялись его брикетированность и восстановимость твердыми восстановителями. Опыты проводили на шихте следующего состава: порошок ильменитовый концентрат (100 г) и восстановитель (20%) в виде порошка крупностью  $-0,074$  мм. Исходные материалы перед восстановительным обжигом тщательно перемешивались.

Интенсификация процесса восстановления ильменита может быть достигнута совместным брикетированием ильменитового концентрата и восстановителя. В качестве связующего использовалась бентонитовая глина. Условия брикетирования были следующие: степень измельчения концентрата и восстановителя 80% по классу 0,074 мм, количество и вид связующего – бентонитовая глина в количестве 1% от массы концентрата. Прочность брикетов зависит от давления при прессовании, которое, согласно нашим исследованиям, должно быть порядка 100 кг/см<sup>2</sup>. Размеры брикетов: высота 20, диаметр 15 мм. Шихта брикетировалась во влажном состоянии, сушилась при температуре 100-110<sup>o</sup>C. Наибольшая прочность брикетов получается при таком количестве связующего, которое обеспечивает покрытие тонким слоем всех частиц материала; с увеличением давления прессования повышается прочность брикетов, тем сильнее, чем менее окатан материал; с уменьшением тонины помола концентрата требуется значительно меньшая величина давления, необходимого для получения брикетов достаточной прочности. Угловатая форма частичек концентрата и их большая измельченность позволяют получать брикеты более прочными и с небольшим расходом связующего (1%).

Проведенные исследования по восстановительному обжигу концентрата показали, что в виду чрезвычайно дисперсной фазы, образовавшейся внутри зерен после восстановительного обжига,

разделить металл и шлак методом магнитной сепарации не представляется возможным. На рисунке 1А видно, как в процессе восстановительного обжига при твердофазном восстановлении происходит выделение металла (светлое) на поверхности минералов в виде дисперсной фазы – мельчайших корольков железа, которые имеют округлую (оплавленную) форму.

Известно, что введение в восстановительную шихту хлорида натрия, образующего жидкую фазу при температуре процесса, способствует укрупнению частиц восстановленного металла. Расход хлорида натрия был подобран экспериментально и составил 8% от массы концентрата. На рисунке 1Б видно, что при добавлении в шихту хлорида натрия (8%) при восстановительном обжиге происходит разрыхление структуры минерала ильменита, что облегчает слияние мельчайших восстановленных частичек железа в более крупные агрегаты (светлое), которые выделяются из зерен минералов.

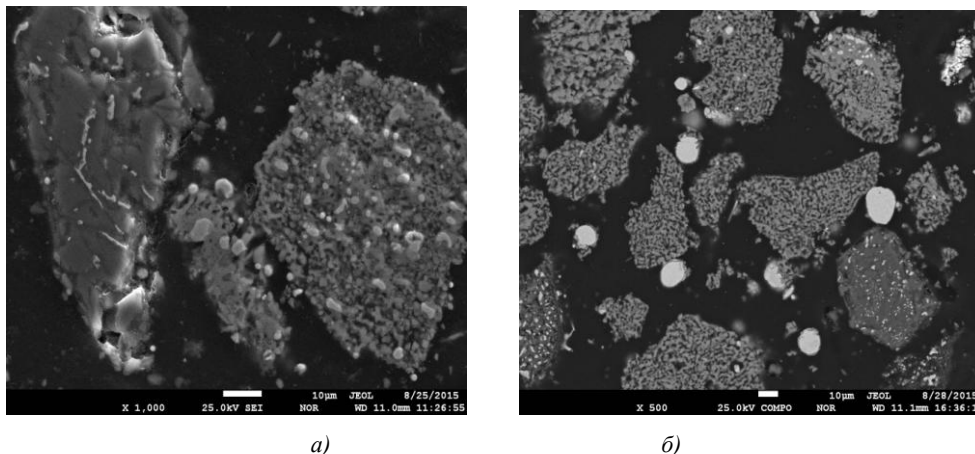


Рис. 1. Выделение металлической фазы (светлое) на поверхности зерен после восстановительного обжига ильменитового концентрата: а) - без добавки флюса; б) - с добавкой флюса NaCl (8%)

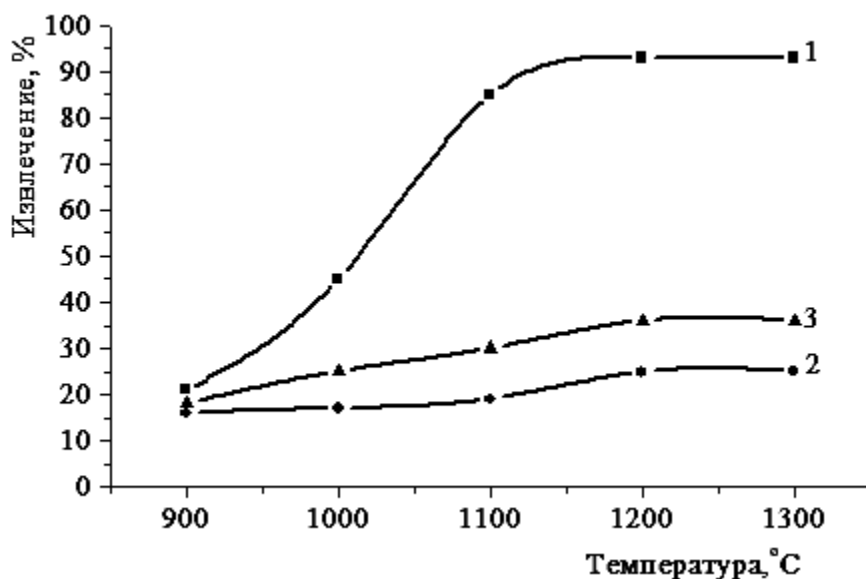


Рис. 2. Влияние температуры восстановительного обжига ильменитового концентрата на извлечение в магнитную фракцию: 1 – Fe<sub>мет</sub>, 2 – TiO<sub>2</sub>, 3 – Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

На рисунке 2 показано влияние температуры на извлечение в магнитную фракцию железа металлического, диоксида титана и триоксида хрома. В интервале температур 1250 – 1300°C извлечение в магнитную фракцию железа металлического составляет около 90%. Но при температуре выше 1300°C в магнитную фракцию начинают переходить частично диоксид титана 25% и триоксид хрома 36%. Большая часть диоксида титана и триоксида хрома остается в немагнитной фракции.

**Выводы.** Степень восстановления ильменитового концентрата в брикетах по сравнению с порошкообразной шихтой повышается на 4 – 8% за счет тесного контакта восстановителя и концентрата при брикетировании. При 1000°C оксиды железа в брикетах восстанавливаются на 38,7%, а в порошковой шихте – на 32,6%. Установлена оптимальная температура восстановительного обжига 1250°C. При этом в магнитную фракцию извлекается около 90% железа металлического. В немагнитной

фракции остаются диоксид титана и триоксид хрома. При повышении температуры обжига до 1300°С в магнитную фракцию начинают извлекаться диоксид титана и триоксид хрома.

#### *Список литературы / References*

1. Попов В.А., Серегин П.С., Цемехман Л.Ш., Барсегян В.В. Исследование процессов восстановительного обжига ильменитовых концентратов месторождения «Центральное» // *Металлы*, 2011. № 1. С. 3.
2. Пат. 649946 Австралия. Получение синтетического рутила / Holliff M.J., Grey I.E. Wimmera Industrial Minerals PTY Ltd. № 44588/93, опубл. 02.06.94. Бюл. № 7. 2 с.
3. Пат. 5679131 США. Способ производства оксида титана из рудных концентратов / Obushenko I.M. Опубл. 21.10.97. Бюл. № 10. 3 с.
4. Карелин В.А., Карелин А.И. Фторидная технология переработки концентратов редких металлов. – Томск: НТЛ, 2004. 221 с.
5. Winter John David. ERMS – обжиговой процесс: технология выделения высокочистого ильменита из тяжелых минеральных концентратов // Murrey Basin Mineral Sands Conference: proceedings – Mildura, Victoria, Australia, 1999. С. 125-128.