

DOI: 10.17076/tm13_7

**МИНЕРАЛОГИЧЕСКОЕ МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ
(ПРОИЗВОДСТВО КЕРАМИЧЕСКИХ ИЗДЕЛИЙ)**

Жукова В. Е., Ожогина Е. Г., Бондарчук И. Б., Сычева Н. А., Шувалова Ю. Н., Якушина О. А.

ФГБУ «ВИМС» им. Н. М. Федоровского, Москва

Общая тенденция к осложнению поисков минерального сырья высокого качества, низкой вероятности открытия новых крупных месторождений, вовлечения в переработку горно-промышленных отходов требуют разработки

принципиально новых технологий добычи и переработки полезных ископаемых – экономически доступных и комплексных, обеспечивающих извлечение всех полезных компонентов с минимальными потерями в рамках рационального

природопользования. В связи с этим в последние десятилетия отмечается интенсивное развитие прикладной минералогии и, в частности, одного из ее современных направлений – минералогического материаловедения. В рамках этого направления разрабатываются принципы выбора и создания материалов из минерального сырья, включая отходы его добычи и переработки.

Основы минералогического материаловедения были заложены в начале прошлого века ведущими учеными России – В. И. Вернадским, А. Е. Ферсманом, Н. М. Федоровским, И. П. Бардиным, в своих трудах четко обозначившими проблему – комплексное использование минерального сырья, которое в дальнейшем послужило основой рационального недропользования, определяющего устойчивое развитие цивилизации.

Сегодня минералогическое материаловедение решает широкий круг задач, нередко пересекающихся или взаимно дополняющих задачи технологической минералогии. Главные стратегические направления современного минералогического материаловедения сформулировал в 2005 году А. Д. Верхотуров [1]. В настоящее время к ним относятся:

- комплексное использование минерального сырья за счет безотходных технологий его добычи и переработки;
- использование экологически дружественных технологий получения материалов различного назначения из минерального сырья природного и техногенного происхождения;
- создание материалов, обладающих благоприятным сочетанием эксплуатационных свойств и себестоимостью изготовления;
- близость сырьевых объектов к предприятиям, изготавливающим материалы с заданным составом, строением, свойствами.

Стратегия и тактика определяют изучение полезных ископаемых и их дальнейшее использование в различных отраслях отечественной промышленности. Очевидно, что основная роль в исследовании минерального сырья сегодня принадлежит минералогическим методам. В зависимости от особенностей объекта исследования и решаемых задач используется определенный комплекс методов минералогического анализа [2].

В последнее время Всероссийский научно-исследовательский институт минерального сырья им. Н. М. Федоровского (ВИМС) активно

работает в области минералогического материаловедения. Значительный объем исследований связан с изучением исходного минерального сырья для изготовления керамических изделий, контролем качества на разных стадиях технологического процесса и готовой продукции. Объектами исследования являются сырье различных месторождений, отвалы хвостов обогащения горных пород, шихта, необходимые добавки, используемые при изготовлении конкретных изделий, а также сами изделия (кирпичи, плиты, плитки и пластины разного назначения, огнеупоры и др.).

Для получения качественного керамического кирпича важно профессиональное прогнозирование состава исходной массы и режимов ее обжига. Достоверная информация о минеральном составе исходного сырья и добавок позволяет априорно определять фазовый состав кирпича, а, следовательно, присутствие тех или иных минеральных фаз, отвечающих за физико-механические показатели (цвет, водопоглощение, морозостойкость, кислотостойкость, огнеупорность и т. д.). Сведения о минеральном и химическом составе исходной глины могут способствовать управлению процессами фазообразования при обжиге, определять необходимые добавки в шихту. Известно, что при обжиге в одинаковых условиях каолинит-гидрослюдистых и каолинитовых глин содержание вновь образованного муллита в каолинит-гидрослюдистых глинах ниже [3]. На количество муллита также влияет степень совершенства структуры исходного каолинита.

Для примера рассмотрим некоторые аспекты изготовления керамического кирпича на одном из российских заводов. В качестве сырья используются местные песчано-глинистые интенсивно карбонатизированные породы, сформированные кварцем, полевым шпатом, кальцитом, доломитом. Глинистый материал, на долю которого приходится порядка 30 %, отличается полиминеральным составом: монтмориллонит, каолинит и частично гидратированный мусковит присутствуют практически в равных количествах, содержания смешанослойного иллит-монтмориллонита и хлорита значительно меньше.

В процессе изготовления кирпича происходит изменение минерального состава под воздействием температуры обжига, формируется морфоструктурный облик изделия и в целом

кирпич рассматривается как обломочная порода. По мере повышения температуры глинистое вещество аморфизуется и происходит разложение кальцита и доломита. Минеральный состав цемента зависит от состава исходной шихты. Так, в зависимости от особенностей монтмориллонита, могут образоваться как энстатит (в данном случае), так кордиерит и периклаз. Тонкодисперсное строение новообразованных минералов в составе цемента, вероятно, объясняется повышением скорости нагрева при обжиге.

Готовые кирпичи имеют практически одинаковый фазовый (минеральный) состав, отличаются количественным соотношением обломочного и цементирующего материала. В целом

для них типичны близко одинаковые структурные особенности: одновременное присутствие обломков кварца и полевого шпата разного гранулярного состава и морфологии, количественное преобладание полиминерального цемента базального типа скрытокристаллического строения, гетерогенность кварца, главного минерала обломочной части, которая обусловлена разными причинами (перекристаллизация, замещение, деформация и пр.), наличие полостей (пор), неравномерно распределенных в кирпичах (рис. 1). Вероятно, именно структурные признаки для кирпичей, генезис которых определяется природными особенностями сырья, оказывают значительное влияние на образование трещин в готовых изделиях.

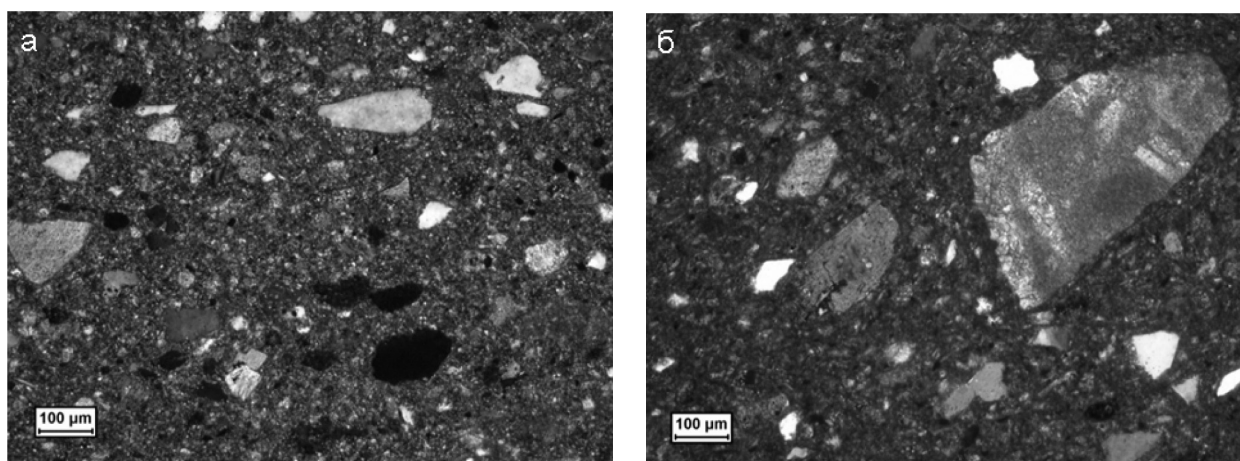


Рис. 1. Фото шлифов керамических кирпичей: а – пятнистая текстура кирпича, обусловленная неравномерным распределением обломочных зерен; б – чешуйчатое и афанитовое строение основной (цементирующей) массы. Проходящий свет, николи скрещены

Особое внимание следует обратить на образование отдельных фаз, которые влияют на качество кирпичей. Например, муллита, который обычно не определяется оптико-петрографическим методом в шлифах, но надежно идентифицируется рентгенографическим анализом.

Цемент в кирпичах, как правило, имеет полиминеральный состав: мелилит, энстатит, волластонит, муллит, диопсид. Все минералы имеют искусственное происхождение, нередко представлены тонкодисперсными фазами (что, вероятно, связано с увеличением скорости нагрева при обжиге), поэтому для их изучения привлекаются методы растровой электронной микроскопии (рис. 2).

Кварц, полевой шпат и другие минералы обломочной части претерпевают ряд изменений по мере увеличения температуры обжига. Полевые

шпаты трещиноватые, часто с расплавленной сердцевинкой; кварц изменен, носит следы перекристаллизации, его содержание уменьшается за счет образования тридимита и кристобалита. Эти превращения определяют формирование структуры керамических изделий, влияющей на прочность и другие характеристики керамических изделий.

На основании результатов комплексных исследований можно сделать вывод о сложных физико-химических процессах, протекающих при обжиге керамических изделий. Минералогическая информация позволяет говорить о качестве исходного сырья, прогнозировать влияние состава шихты за счет различных добавок на конечную продукцию и контролировать технологические процессы изготовления керамических изделий на всех стадиях.

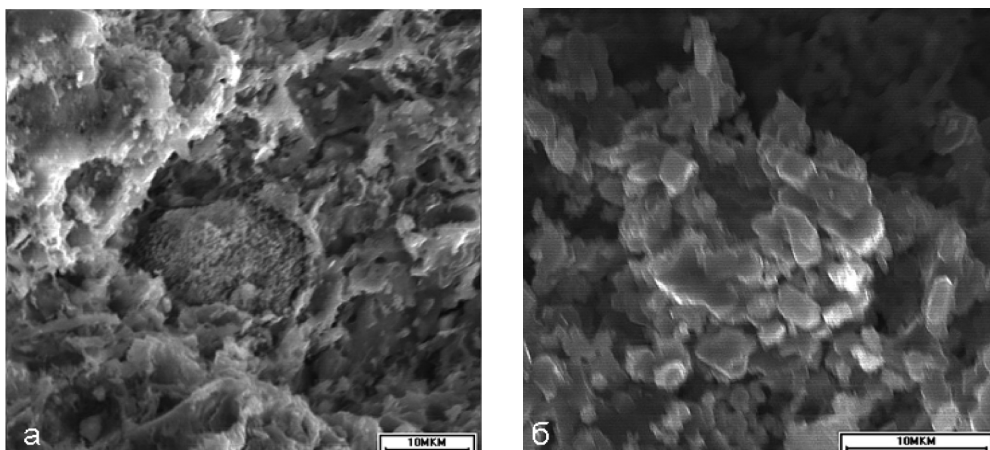


Рис. 2. Электронно-микроскопические изображения: а – мелкое корродированное выделение, вероятно, диопсида среди тонкого зернисто-чешуйчатого агрегата меллилита; б – мелкие удлиненные таблитчатые выделения диопсида

ЛИТЕРАТУРА

1. Верхотуров А. Д., Ершова Т. Б. Минералогическое материаловедение новый раздел науки о материалах // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал), 2005. С. 205–213.

2. Ожогина Е. Г., Рогожин А. А. Прогнозная оценка качества минерального сырья методами прикладной минералогии // Сборник статей по материалам докладов

VII Российского семинара по технологической минералогии «Прогнозная оценка технологических свойств полезных ископаемых методами прикладной минералогии». Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2013. С. 46–49.

3. Павлов В. Ф. Физико-химические основы обжига изделий строительной керамики М.: Стройиздат, 1976. 240 с.