

ВЛИЯНИЕ ПРИМЕСЕЙ В КВАРЦ-ПОЛЕВОШПАТОВОМ ПЕСКЕ НА КАЧЕСТВО СТЕКЛА

**Н. И. Минько, М. Яхья, О. А. Добринская,
БГТУ им. В. Г. Шухова, г. Белгород**

Ключевые слова: кварцевый песок, минералы-примеси, состав стекла, обогащение, магнитная сепарация

Key words: silica sand, minerals-impurities, the glass composition, concentration, magnetic separation

Стекольные предприятия испытывают дефицит в кондиционных стекольных песках, поэтому исследуются кварцевые пески с различными примесями [1–3]. В частности, интерес представляют кварц-полевошпатовые пески с повышенным содержанием алюмо- и железосодержащих минералов (табл. 1).

Т а б л и ц а 1

Химический состав исследуемого кварц-полевошпатового песка в сравнении с кондиционным песком

Вид песка	Содержание компонентов, мас. %								
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	TiO ₂	P ₂ O ₅	Na ₂ O	K ₂ O
Исследуемый	74,5	8,91	3,09	4,83	1,42	0,53	<0,1	2,23	1,71
Кондиционный	99,68	0,06	0,01	–	–	–	–	–	–

По химическому составу исследуемый песок отличается от стекольного кондиционного песка уменьшенным содержанием SiO₂, повышенным содержанием Al₂O₃ и Fe₂O₃, а также наличием щелочных (K₂O + Na₂O) и щелочноземельных компонентов (CaO + MgO).

Одним из направлений использования таких песков может быть получение теплозащитного стекла, которое относится к энергосберегающим и требуется для остекления жилых, административных и промышленных зданий. Теплозащитные характеристики стекла обусловлены снижением светопропускания в видимой ИК-области спектра, что обеспечивается повышенным содержанием железа по сравнению с обычным оконным стеклом [4].

Кварцевый песок, содержащий повышенное количество оксидов железа и алюминия (см. табл. 1), может быть использован и для других материалов строительного назначения, например, облицовочного Марблит, стекловолокна базальтового состава, износостойчивых ситаллов, а также стекол специального технического назначения.

По данным ситового анализа и лазерного анализатора микросайзир 201с, исследуемый песок был мелкозернистым; основная фракция 0,25–0,1 мм составляла 96%. Насыпная плотность песка 1,36 г/см³.

В кварцевых песках в зависимости от их генезиса могут присутствовать примеси, часто придающие песку и стеклу интенсивную окраску и образующие твердые включения в стекле («камни») [5].

Микроскопическое исследование проводилось с помощью оптического поляризационного микроскопа «ХУ-Р» в проходящем простом и поляризованном свете при увеличении от 40 до 400х.

Исследовались как сухие препараты, так и препараты в иммерсионных жидкостях. Для сравнения просматривался кондиционный песок.

Исследование показало, что зерна исследуемого песка имеют как угловатую, так и окатанную форму. Песок содержит большое количество примесей: прозрачных в проходящем свете и плотных частиц от желтого до бурого цвета, непрозрачных в проходящем свете и обладающих высоким показателем преломления по сравнению с зернами кварца. Изучение иммерсионных препаратов также показало, что примеси в песке имеют более высокие показатели преломления по сравнению с показателем преломления кварца (N_{op} кварца = 1,554).

Микроскопический анализ с элементами петрографии, показал, что песок относится к категории мелкозернистых с примесями минералов группы полевых шпатов, плагиоклаза (алюмосиликаты Na, K и Ca), магнетита и слюды (преимущественно железосодержащий глауконит) (рис. 1).

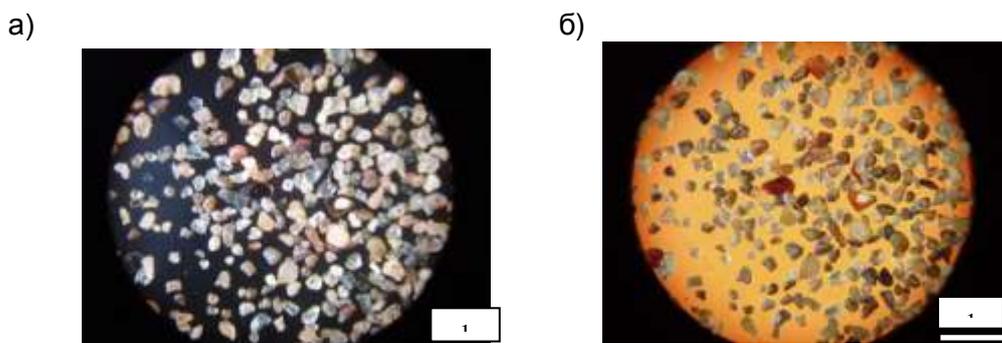
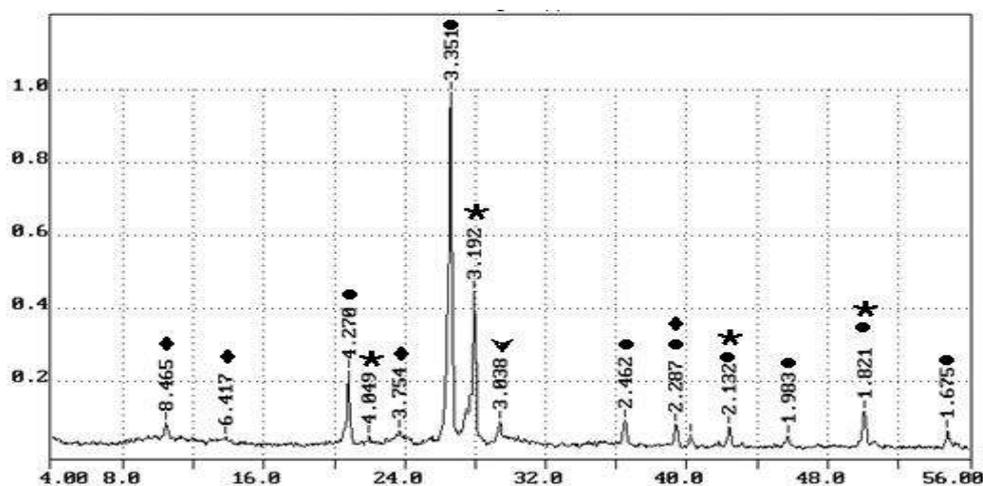


Рис. 1. Исходный кварц-полевошпатовый песок:
а – в простом проходящем свете; б – в поляризованном свете

Согласно рентгенно-фазовому анализу, представленному на рис. 2, исследуемый песок состоит из кварца (основная кристаллическая фаза), магнетита, плагиоклаза (твердый раствор между альбитом $\text{Na}_2\text{O}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot 4\text{SiO}_2$ и анортитом $\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot 2\text{SiO}_2$), полевых шпатов (нефелин $\text{Na}_2\text{O}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot 2\text{SiO}_2$). Исследуемый кварц-полевошпатовый песок содержит значительное количество минералов-примесей.



Условные обозначения: ● – кварц, √ – магнетит, * – полевые шпаты (плагиоклаз), ◆ – гетит

Рис. 2. Рентгенограмма усредненного исходного кварц-полевошпатового песка

Была проведена варка стекол на кондиционном песке ООВС-015-1 с добавлением некоторых минералов-примесей, присутствующих в песках. Введение минералов-примесей, представленных в табл. 2, в приготовленную на кондиционном песке шихту осуществлялось двумя способами:

смешивание в объеме, при котором частицы минералов-примесей равномерно распределялись по всему объему шихты, помещенной в тигель;

размещение на поверхности шихты в тиглях.

Размер частиц минералов находился в пределах 1–0,25 мм, количество добавок – 13–16 шт.

В результате варки и дальнейшего визуального осмотра было выявлено, что примеси не образовали включений, а образцы стекол, полученных по двум методам, идентичны. Окраска полученных стекол зеленая различной интенсивности. Наиболее темными были образцы с добавлением частиц магнетита.

В табл. 3 представлены фотографии образцов стекла, полученных при введении минералов-примесей в шихту для листового стекла, основу которой составлял кондиционный песок. Экспериментальные результаты по влиянию примесей в песке на качество листового стекла показали, что они проплавляются, не создают пороков стекла в виде камня и газовых включений.

Т а б л и ц а 2

Свойства минералов-примесей, добавляемых в виде частиц в шихту листового стекла

Минерал	Температура плавления, °С	Твердость по шкале Мооса	Цвет	Плотность, г/см ³ ·10 ⁻³	Сингония	Показатель преломления	ΔN
Гематит Fe ₂ O ₃	1565	5,5–6	Железно-черный до красного	5,0–5,3	Триг.	Ng = 3,01 Np = 2,78	0,23
Пирит FeS ₂	1193	4	Бронзово-желтый	4,58–4,70	Гексагон.	–	–
Магнетит FeFe ₂ O ₄	1538	5,5–6	Железо-черный	4,9–5,2	Кубич.	2,42	–
Биотит K(Mg, Fe) ₃ (OH, F) ₂ [AlSi ₃ O ₁₀]	Перед паяльной трубкой не плавится	2–3	Черный, коричнево-бурый	3,02–3,12	Монокл.	Ng = 1,60–1,66 Np = 1,56–1,60	0,040 0,060
Микроклин (полевые шпаты) K[AlSi ₃ O ₈]	≈ 1100	6	Белый, розовый, зеленый	2,56	Трикл.	Ng = 1,524 Np = 1,518	0,006
Альбит (плаггиоклаз) Na[AlSi ₃ O ₈]	≈ 1100	6	Бесцветный, белый	2,61	Трикл.	Ng = 1,539 Np = 1,528	0,011

Т а б л и ц а 3

Образцы стекла, полученные при введении минералов-примесей в шихту для листового стекла на кондиционном песке

Минералы-примеси, вводимые в кондиционный песок	Внешний вид минералов	Количество минералов от 1 до 2 мм, шт	Внешний вид, полученного стекла
Гематит		17	
Пирит		14	
Магнетит		16	
Биотит		13	
Микроклин		16	
Альбит		16	

Таким образом, кварц-полевошпатовый песок после его усреднения может быть использован в шихте частично в технологии окрашенных стекол и износостойчивых ситаллов [6]. Песок поддается обогащению. Наиболее эффективным методом является магнитная сепарация, что снижает содержание оксида железа на 25%. Учитывая высокое содержание Al_2O_3 и F_2O_3 в кварц-полевошпатовом песке, его можно использовать как алюмо- и кремнесодержащий компонент взамен полевошпатового концентрата.

ЛИТЕРАТУРА

1. Семенов А. А. Текущая ситуация на российском рынке стекольных кварцевых песков и прогноз развития рынка // *Glass Russia*. – 2010, март. – С. 34–35.
2. Минько Н. И., Жерновая Н. Ф., Лесовик В. В. Строительные и тарные стекла на основе искусственных песков из кварцитопесчанников КМА // *Стекло и керамика*. – 1989. – № 12. – С. 6–7.
3. Парюшкина О. В., Мамина Н. А. Проблемы обогащения кварцевого песка для стекольной промышленности // *Стекло и керамика*. – 2011. – № 1. – С. 4–6.
4. Кондрашов В. И., Безлюдная В. С., Иванов А. Л. Особенности формования теплопоглощающего флоат-стекла // *Стекло и керамика*. – 2000. – № 9. – С. 12–13.
5. Генезис песка природного в технологии стекла / Н. И. Минько, М. Яхья, К. Н. Гридякин [и др.] // *Вестник БГТУ им В. Г. Шухова*. – 2014. – № 2. – С. 126–130.
6. Минько Н. И., Гридякин К. Н., Яхья М. Использование кварцевого песка, обогащенного Al_2O_3 и Fe_2O_3 в технологии стекломатериалов строительного назначения. Сб. докл. Международ. научн.-практ. конф. «Современные строительные материалы, технологии и конструкции». Грозный, 2015. – С. 316–319.

REFERENCES

1. Semenov A. A. Tekushhaja situacija na rossijskom rynke stekol'nyh kvartsevyh peskov i prognoz razvitija rynka [The current situation on the Russian market of glass and quartz sands market forecast]. *Glass Russia*, 2010, March, pp. 34–35 (in Russian).
2. Min'ko N. I., Zhernovaya N. F., Lesovik V. V. Stroitel'nye i tarnye stekla na osnove iskusstvennyh peskov iz kvarsitopeschannikov KMA [Construction of container glass on the basis of artificial sands from quartzite-sandstones KMA]. *Steklo i keramika*, 1989, no. 12, pp. 6–7 (in Russian).
3. Paryushkina O., Mamina N.A. Problemy obogashhenija kvarcevego peska dlja stekol'noj promyshlennosti [Problems of enrichment of quartz sand for glass industry]. *Steklyannaya tara*, 2011, no. 1, pp. 4–6 (in Russian).
4. Kondrashov V. I., Bezlyudnaya V. S., Ivanov A. L. Osobennosti formovaniya teplopogloshhajushhego float-stekla [Features heat-absorbing forming float glass]. *Steklo i keramika*, 2000, no. 9, pp. 12–13 (in Russian).
5. Min'ko N. I., Yakh'ya M., Gridyakin K. N., et al. Genезis peska prirodnogo v tehnologii stekla [Genesis of natural sand in glass technology]. *Vestnik BGTU im. V. G. Shukhova*, 2014, no. 2, pp. 126–130 (in Russian).
6. Min'ko N. I., Gridyakin K. N., Yakh'ya M. Ispol'zovanie kvartsevego peska, obogashchennogo Al_2O_3 i Fe_2O_3 v tehnologii steklomaterialov stroitel'nogo naznachenija [Using quartz sand rich in Al_2O_3 and Fe_2O_3 , in technology of glass materials for construction application]. *Sb. dokl. Mezhdunarod. nauchn.-prakt. konf. «Sovremennyye stroitelnyie materialyi, tehnologii i konstruksii»*. Groznyiy, 2015, pp. 316–319 (in Russian).

ПЕНОСТЕКЛО НА ОСНОВЕ ПРИРОДНОГО И ТЕХНОГЕННОГО АМОРФНОГО КРЕМНЕЗЕМА

В. А. Кутугин, В. А. Лотов, Томский политехнический университет, г. Томск; В. В. Ревенко, ЗАО «Базальтопластик», г. Москва

Ключевые слова: пеностекло, гидротермальный синтез, ресурсоэффективность
Key words: foam glass, hydrothermal synthesis, resource efficiency

Введение

Актуальность развития и совершенствования технологий производства пеностекольных материалов определяется как уникальными эксплуатационными характеристиками пеностекла, так и постоянно растущим спросом на него.