

10. Булавка Ю.А., Якубовский С.Ф., Ляхович В.А. Получение товарных продуктов из тяжелой смолы пиролиза // Актуальные вопросы современного химического и биохимического материаловедения: материалы V Международной молодежной научно-практической школы-конференции (г. Уфа, 4-5 июня 2018 г.) / отв. ред. О.С. Куквинец. – Уфа: РИЦ БашГУ. – 2018. – С. 54–57.
11. Булавка Ю.А., Якубовский С.Ф., Хохотов С.С., Ляхович В.А. Инновационный подход к переработке тяжелой смолы пиролиза углеводородного сырья // Сборник трудов XII Всероссийской научно-технической конференции «Актуальные проблемы развития нефтегазового комплекса России». – М.: Издательский центр РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, – 2018. – С.23–26.
12. Шведов А.П., Якубовский С.Ф. Состав углеводородного сырья и особенности технологического процесса получения пластифицирующих добавок в бетонные смеси // Вестник Полоцкого государственного университета. Серия F. Строительство. Прикладные науки. – 2014. – № 8. – С. 72–79.
13. Шведов А.П., Якубовский С.Ф. Развитие технологии получения пластификатора бетонных смесей на основе тяжелых жидких продуктов пиролиза // Вестник Полоцкого государственного университета. Серия В: Прикладные науки. – 2006. – № 3. – С. 45–49.
14. Шульга Е.А., Булавка Ю. А., Якубовский С.Ф. Суперпластификаторы для цементных систем на основе тяжелой смолы пиролиза // Материалы международной научно-практической конференции молодых исследователей им. Д.И. Менделеева: сборник статей / отв. ред. А. Н. Халин. – Тюмень: ТИУ, 2021 – С. 78–81.
15. Якубовский С.Ф., Булавка Ю. А., Шульга Е.А., Вашкова Н.С. Суперпластификаторы для бетонной смеси на основе тяжелой смолы пиролиза// Нефтехимия – 2020: материалы III Междунар. науч.-техн. форума по хим. технологиям и нефтегазоперераб., Минск, 2–3 декабря 2020 г. – Минск: БГТУ, 2020. – С.14–17.

**НОВАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ДИОПСИДОВОЙ КЕРАМИКИ НА ОСНОВЕ  
ВЫСОКОКОНЦЕНТРИРОВАННЫХ ВЯЖУЩИХ СУСПЕНЗИЙ (ВКВС)  
БЕЗ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГЛИНИСТОГО СЫРЬЯ**

**Горбачев Д.В., Шарфеев Ш.М., Кутугин В.А.**

Научный руководитель – профессор В.И. Верещагин

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия*

Высококонтрированные вяжущие суспензии (ВКВС) на основе кремнегеля, получаемые измельчением плавленного кварца, впервые предложил Пивинский Ю.Е. для изготовления огнеупорных изделий [1]. Данная технология получила развитие в области производства огнеупорных изделий из простых оксидов  $Al_2O_3$ ,  $ZrO_2$  и оксидных соединений  $MgO \cdot Al_2O_3$  с температурой плавления выше 2000 °С [2]

Нами получены положительные результаты при изготовлении силикатной керамики на основе ВКВС из масс с частичной и полной заменой глинистого сырья на природное непластичное сырье (таблица 1).

*Таблица 1*

*Компонентный состав керамических масс*

Компонент	Масса без диопсида	Масса с добавкой диопсида	Масса на основе диопсида без глины
Щелочной каолин	53	47,12	-
Каолин	18,53	3,66	-
Глина ЛТ-1	21,27	36,5	-
Кварцевый песок	7,2-	-	-
Диопсидовый концентрат	-	12,72	70
Дегидратированный перлит	-	-	30

Частичная замена каолина (17 %) на непластичный силикат в фарфоровой массе состава: обогащенный каолин 25,53 %, пластичная глина (белая) 21,27 %, щелочной каолин 53,19 %. В щелочном каолине 60-65 % непластичные компоненты кварц и полевой шпат. Соотношение глинистых компонентов к непластичным составляет 1,82:1,00. Обжиг образцов традиционного состава при пластичном формовании и образцов сформованных литьем высококонцентрированных вяжущих суспензий показал следующее: использование ВКВС позволило уменьшить температуру обжига на 100 °С с 1320 °С до 1220 °С при увеличении прочности на 30 %. (таблица 2). Физико-химические процессы при обжиге керамики с добавкой диопсида нами рассмотрены в публикации [3].

*Таблица 2*

*Свойства электротехнической керамики традиционного состава и из массы с диопсидом*

Характеристики	Керамика из массы без диопсида	Керамика из массы с диопсидом
Температура обжига, °С	1320	1220
Водопоглощение, %	0,01	0,02
Предел прочности при изгибе, МПа	56	73
Удельное объемное электросопротивление при 100 °С, Ом·см	$2,18 \cdot 10^{12}$	$2,92 \cdot 10^{12}$
Электрическая прочность при частоте 50 Гц, кВ/мм	24	33
Относительная диэлектрическая проницаемость при 20 °С	5,8	5,9

Исключение глинистых компонентов в керамических массах при использовании технологии ВКВС дало возможность перейти на двухкомпонентную шихту: компонент, формирующий кристаллическую фазу, и компонент, образующий расплав. Исследовались массы, содержащие 70 % и 80 % природного диопсида ( $\text{CaMgSi}_2\text{O}_6$ ) и 20–30 % компонента, образующего расплав. Лучшие результаты по свойствам получены при содержании компонента- плавня 30 %.

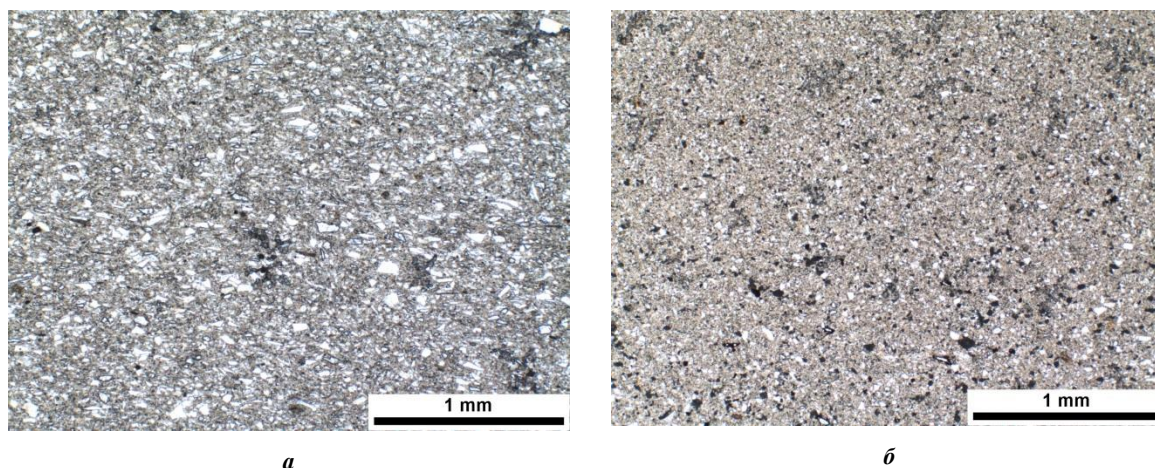
В таблице 3 представлены водопоглощение и прочностные свойства данных образцов после обжига при температурах от 1000 °С до 1200 °С. Максимальные значения прочности соответствуют температуре обжига 1100 °С. Спекшееся состояние при водопоглощении 0,4 % сохраняется у образцов после обжига до 1200 °С с потерей прочности на 12,5 % за счет увеличения закрытой пористости.

Таблица 3

*Свойства диопсидовой керамики из двухкомпонентной шихты без глины после обжига при температурах от 1000 до 1200 °С*

Температура обжига, °С	Водопоглощение, мас. %	Прочность при изгибе, МПа	Прочность при сжатии, МПа
1000	15	-	215
1100	0,7	41,5	450
1150	0,4	34,3	350
1200	0,4	35,2	358

Кроме этого высококонцентрированная вяжущая суспензия была получена измельчением обожженной керамики с добавкой диопсида пластичного формования. Прочность обожженных образцов, сформованных центробежным литьем из полученной суспензии, увеличилась на 20 %. Микроструктура образцов керамики представлена на рисунке 1. Микроструктура керамики повторного обжига с использованием ВКВС, отличается однородностью и меньшими размерами кристаллов и кристаллических агрегатов (рис. 1).



**Рис. 1** Микрофотографии структуры образцов керамики из массы с добавкой диопсида (12,72%) после обжига при 1220 °С

*а) Формование образца пластичным способом*

*б) Формование образца центробежным литьем высококонцентрированной вяжущей суспензии (ВКВС), полученной измельчением обожженной керамики пластичного формования*

Проведенные исследования показывают, что использование высококонцентрированных вяжущих суспензий (ВКВС) в технологии силикатных керамических материалов позволяет уменьшать и исключать глинистые компоненты в составе шихт и применять все виды литья изделий, а также способы виброформования. Применение ВКВС позволяет вторичное использование керамических изделий после их эксплуатации. Исходя из заданных свойств керамического материала температуру его обжига можно минимизировать, меняя состав и количество плавня. Основные преимущества использования высококонцентрированных вяжущих суспензий в технологии силикатной керамики следующие: возможность перехода на двухкомпонентные шихты; снижение влажности литьевого шликера до 15-18 %, отсутствие усадки при сушке и снижение её при обжиге до 5-7 %, отсутствие размокания в воде сформованных изделий, возможность изготовления плоских и крупноразмерных изделий. Технология ВКВС применима для изготовления большого ассортимента изделий строительной керамики, включая крупноразмерную черепицу, керамические обои, подоконники, корпуса и декоративные элементы каминов, панели облицовки фасадов и др.

#### Литература

1. Пивинский Ю.Е., Ромашин А.Г. Кварцевая керамика. – М.: Металлургия, 1974. – 264 с.
2. Пивинский Ю.Е. Кварцевая керамика и огнеупоры. – М.: Теплоэнергетик, 2008. – 458 с.
3. Верещагин В. И., Горбачёв Д. В., Могилевская Н. В. Электротехнический фарфор низкотемпературного обжига с добавками диопсида // Стекло и керамика. – 2021. – № 1. – С. 21–27.