

## ВЛИЯНИЕ СИЛИКАТНЫХ БАКТЕРИЙ НА РЕОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЖИДКОТЕКУЧИХ ГЛИНИСТЫХ СИСТЕМ

Е.С. Какошко

Учреждение образования "Белорусский государственный технологический университет", г. Минск. [keramika@bstu.unibel.by](mailto:keramika@bstu.unibel.by)

*The have examined influence of the silica bacterium Bacillus mucilaginosus on flowies properties of liquid-slip clay systems. The silica bacterium are proved to impove the fluidityclay suspension and to reduce the densificational coefficient for 25-30 per cents.*

Керамические шликеры, как известно, в отличие от обычных суспензий, представляют структурированные системы, в которых связь между частицами осуществляется за счет действия молекулярных ван-дерваальсовых сил и сил поверхностных зарядов частиц, действующих через тончайшие пленки воды, покрывающей их поверхность.

Вода, не связанная глинистыми частицами и заполняющая объем между ними, является свободной и подчиняется законам гидростатики. Регулируя соотношение этих форм воды в шликере можно воздействовать на важнейшие структурно-механические и реологические свойства шликера. Основными факторами воздействия являются дисперсность частиц, их форма, а также изменение вязкости, плотности, диэлектрической постоянной и дипольного момента молекул воды, для чего используются различные вещества: электролиты, поверхностно-активные и биоактивные компоненты [1].

Наиболее распространенным методом формования керамических изделий является способ шликерного литья водных суспензий в гипсовые формы. Качество таких изделий в значительной мере определяется свойствами литейного шликера, главные из которых – достаточная текучесть при минимальной влажности, малая загустеваемость, хорошие фильтрационные свойства, устойчивость к расслоению [2].

Цель данной работы заключается в исследовании влияния силикатных бактерий на реологические свойства жидкотекучих глинистых систем, в установлении закономерностей изменения их реологических свойств от температурно-временных параметров обработки и концентраций вводимых бактериальных клеток.

Для исследования влияния силикатных бактерий на свойства глинистых дисперсных систем в жидкотекучем состоянии в качестве объекта исследования была выбрана керамическая шликерная масса, предназначенная для получения толстостенных изделий (типа керамических штофов), которая разработана сотрудниками БГТУ и внедрена на ПО "Белхудожкерамика".

В качестве глинистой составляющей в шликерной массе использованы глины месторождений "Гайдуковка", "Лукомль-1" и "Латненская". Приготовление шликера осуществлялось совместным помолом компонентов до остатка на сите № 0063 порядка 2-3%. Влажность шликера составляла около 50%. Электролиты для разжижения шликера не использовались для того, чтобы было более наглядно видно воздействие силикатных бактерий. Исходный шликер имел следующие показатели реологических свойств: текучесть (после 30 с и 30 мин соответственно) 6,4-7 с и 8-12 с, коэффициент загустеваемости 1,14-1,8.

В качестве объекта воздействия использовалась суспензия силикатных бактерий *Bacillus mucilaginosus*. Чистая культура этих бактерий на агаризованной среде об-

разует довольно крупные, совершенно прозрачные, слизистые, выпуклые с ровными краями колонии, напоминающие капли бесцветной жидкости. Культура спорообразующая, грамтрицательная. На рисунке 1 представлены электронные снимки культуры бактерий. Размеры клеток, имеющие формы палочек, составляют 4-7 мкм в длину и 1,2-1,4 мкм в поперечнике, однако величина их, как и других микроорганизмов, не бывает строго постоянной и определяется характером питательной среды. Клетки располагаются на некотором расстоянии друг от друга, что вызвано наличием у них капсул. Капсула представляет собой студенистую, плотной консистенции массу, по химическому составу состоящую из полисахаридов или полипептидов. При увеличении срока выдержки (от 10 до 14 дней) палочка в капсуле сильно расширяется и теряет свои контуры, как показано на рисунке 1 (б). При старении капсулы наступает лизис, т.е. разрушение ее под действием ферментов, образующихся в процессе жизнедеятельности бактерий.

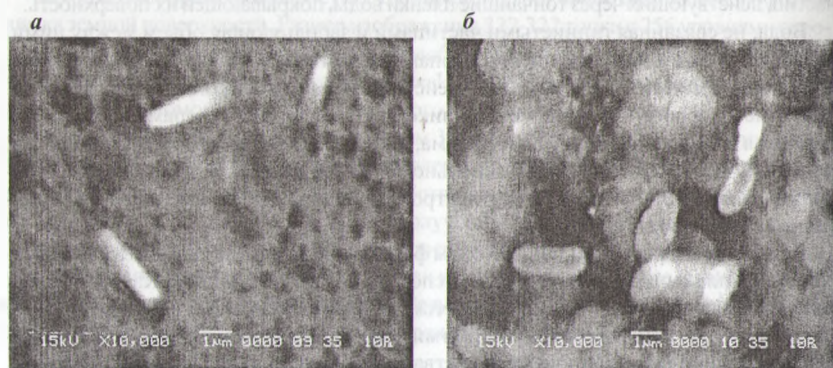


Рис. 1. Электронно-микроскопические снимки культуры бактерий *Bacillus mucilaginosus*:  
 а – молодые вегетативные клетки, б – клетки после 10-дневной выдержки

Обработка шликерных масс включала введение в них 2 мл жидкого препарата силикатных бактерий (в расчете на 100 г сухого вещества) с различным содержанием бактериальных клеток – 150; 100 и 75 млн шт. в 1 мл суспензии. Влажность шликера с учетом объема введенной бактериальной суспензии оставалась постоянной около 50%. Образцы исследуемых шликерных масс с введенными бактериями выдерживались в термостате при  $30 \pm 0,5$  °С в течение 24; 48 и 120 ч. Аналогичной изотермической выдержке была подвергнута исследуемая шликерная масса без бактерий, именуемая контрольной. После каждого временного интервала исследовались следующие характеристики: текучесть, загустеваемость, т.е. способность к тиксотропии и скорость набора черепка с использованием гипсовых стержней.

В результате проведенных исследований установлено, что текучесть шликера с введением силикатных бактерий улучшается. Время истечения шликера уменьшается уже после суточной выдержки биообработанных масс, причем, чем больше концентрация бактерий, тем заметнее это влияние. Увеличение выдержки проб до 48 ч практически не изменяет значение этого показателя, дальнейшее увеличение времени выдержки до 120 ч несколько увеличивает время истечения шликера для всех проб.

Коэффициент загустеваемости характеризует меру устойчивости шликера и его способность к тиксотропному упрочнению, увеличению пластической (бингамовской) вязкости. Загустеваемость глинистых шликеров обусловлена более глубокими процессами гидратации глинистых частиц, большей степенью ориентации молекул воды вокруг глинистой частицы и увеличением силы связи вода – глина, переводом части свободной воды в связанное состояние. После перемешивания шликер опять возвращается в свое исходное состояние и приобретает ту же текучесть и вязкость.

Исходная шликерная масса имела значение коэффициента загустеваемости ( $K_z$ ) – 1,8. При выдержке ее в термостате при температуре  $30 \pm 0,5$  °C в течение 24–48 ч значения коэффициента загустеваемости снижаются до 1,51, что, вероятно, можно объяснить развитием ионно-обменных процессов при длительных выдержках и некотором сдвиге в количественном соотношении вода связанная : вода свободная.

В таблице 1 приведены экспериментальные данные по изменению значений коэффициента загустеваемости от количества введенных бактериальных клеток и времени изотермических выдержек исследуемых шликерных масс.

*Таблица 1. Значения коэффициента загустеваемости шликерных масс в зависимости от количества введенных бактериальных клеток и времени изотермических выдержек*

Шликерная масса	Концентрация бактериальных клеток, млн шт. в 2 мл суспензии	Время изотермической выдержки, ч	Коэффициент загустеваемости
Контрольная		24	1,68
		48	1,65
		120	1,51
Обработанная	300	24	1,5
		48	1,42
		120	1,29
Обработанная	200	24	1,55
		48	1,55
		120	1,32
Обработанная	150	24	1,6
		48	1,58
		120	1,42

Значения коэффициента загустеваемости шликерных масс понижаются для всех концентраций бактерий. Безусловно, такое воздействие обусловлено процессами жизнедеятельности бактерий и выделением при этом поверхностно-активных веществ, молекулы которых, имея сильные полярные группы и неполярную часть (цепочки) обладают высокой адсорбционной способностью, позволяющей одной молекуле адсорбироваться на разных фазах. Если адсорбция происходит на границе твердой фазы и жидкости, то достигается агрегативная устойчивость частиц и стабилизация структуры шликера. Снижение загустеваемости шликера указывает на замедление его тиксотропного восстановления, что может быть связано с влия-

нием бактериальных ПАВ, адсорбированных на участках глинистых частиц и замедляющих образование новых контактов.

Установлено, что наибольшей дефлокуляции глинистых агрегатов исследуемых шликерных масс способствует биообработка суспензией бактерий с концентрацией бактериальных клеток 150-200 млн шт. на 100 г сухого вещества шликера при их выдержке не менее 48 ч. Улучшение текучести, снижение загустеваемости шликерных масс является предпосылкой для уменьшения их влажности и повышения концентрации дисперсной фазы, что весьма благоприятно для предотвращения оседания сравнительно грубых фракций шликера. Взаимодействие частиц в концентрированной суспензии препятствует их свободному падению и скорость оседания снижается, т.е. шликер становится более агрегативноустойчивым.

Было проведено исследование влияния биообработки при различных условиях на скорость набора черепка ( $V_r$ ) методом стержней, при котором использовали гипсовые стерженьки диаметром 12-15 мм и длиной 100-120 мм. Результаты эксперимента по изменению значений скорости набора черепка от количества введенных бактерий и времени изотермических выдержек исследуемых шликерных масс приведены в таблице 2.

Таблица 2. Значения скорости набора черепка шликерных масс в зависимости от количества введенных бактериальных клеток и времени изотермических выдержек

Шликерная масса	Концентрация бактериальных клеток, млн шт. в 2 мл суспензии	Время изотермической выдержки, ч	Скорость набора черепка ( $V_r$ ), г/см <sup>2</sup> мин		
			3 мин	5 мин	7 мин
Контрольный	—	24	0,079	0,058	0,051
		48	0,079	0,060	0,055
		120	0,069	0,049	0,047
Обработанный	300	24	0,083	0,064	0,055
		48	0,082	0,058	0,050
		120	0,078	0,058	0,048
Обработанный	200	24	0,077	0,062	0,053
		48	0,076	0,055	0,050
		120	0,071	0,053	0,044
Обработанный	150	24	0,073	0,058	0,049
		48	0,073	0,050	0,041
		120	0,067	0,050	0,041

Как видно из приведенных данных, скорость набора черепка (отношение массы осадения слоя к площади и времени осадения) находится в зависимости от вре-

мени образования обезвоженного слоя и для всех исследованных опытных масс она падает со временем. Как известно, набор черепка является процессом фильтрации, общее сопротивление которому, тормозящее набор черепка, складывается из сопротивлений шликерной массы, гипсового стержня и обезвоженного слоя (черепка). Самое большое сопротивление диффузии влаги оказывает обезвоженный слой, так как тонкодисперсные ориентированные частицы обладают очень малой влагонепроводностью и к тому же сами гидрофильны. С введением бактерий характер зависимости скорости набора черепка практически не отличается от контрольной шликерной массы, а значение несколько выше (в среднем на 5-8% для максимальной концентрации бактериальных клеток).

Увеличение изотермической выдержки при 30 °С от 48 до 120 ч ожидаемого существенного влияния на скорость набора черепка не оказало, несмотря на улучшение текучести и снижения значений коэффициента загустеваемости. Это можно объяснить тем, что исследуемая шликерная масса имела высокую влажность, т.е. большое количество воды в свободном состоянии и в ней отсутствовали электролиты, способствующие разжижению шликера и повышению концентрации дисперсной фазы.

Таким образом, в результате проведенного исследования установлено, что силикатные бактерии, введенные в керамическую жидкотекучую дисперсную систему, способствуют улучшению ее текучести, значительному снижению коэффициента загустеваемости на 25-30%, а также увеличению скорости набора черепка.

#### Литература

1. Мороз И.И. Технология фарфоро-фаянсовых изделий. – М.: Стройиздат, 1984. – С. 334.
2. Резник А.Л., Комолаева Л.В., Овчинникова А.И., Яроцкая С.Ф., Гурский А.А. Шликер пониженной влажности на основе полиминеральных глин Закарпатья // Стекло и керамика. – 1984. – № 12. – С. 17–18.

УДК 519.876.5

## О ПОДХОДАХ К МОДЕЛИРОВАНИЮ СЛОЖНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

А.В. Клочко

Военная академия РБ, г. Минск

*The modern approaches to designing of complex technical systems are analyzed in the paper. The modeling features of the military systems are also marked. Based on the experience development the realization of modern approaches of designing on the radio engineering system model is presented.*

Моделирование сложных технических систем (СТС) является важной научно-прикладной задачей. Целью моделирования является воссоздание структуры и процессов функционирования реальной или перспективной СТС с достаточно высоким уровнем детализации. Моделирование СТС позволяет ответить на основной вопрос: “Как эффективно и качественно выполняет свои функции система?” без привлечения самой системы. Это существенно снижает затраты финансовых средств.

В настоящее время одним из наиболее универсальных методов исследования СТС и количественной оценки характеристик ее функционирования является импи-