

УРАВНЕНИЕ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ УСАДОЧНЫХ СВОЙСТВ КЕРАМИЧЕСКИХ МАСС И ЕГО ПРАКТИЧЕСКОЕ ПРИМЕНЕНИЕ

Усадочные свойства высокодисперсных материалов, проявляющиеся при их термической обработке, имеют, как известно, большое значение в керамической технологии и особенно там, где речь идет об изготовлении изделий, требующих строгого постоянства габаритных размеров или имеющих сложную конфигурацию.

Предварительные данные о величине усадки, а также о характере протекания ее в процессе сушки, необходимы для того, чтобы назначать нужные допуски на усадку и устанавливать правильные параметры сушки и обжига изделий. Кроме того, знание усадочных свойств массы позволяет значительно упростить нахождение некоторых керамических характеристик ее.

Это весьма важное свойство массы мало изучено и недостаточно учитывается при рассмотрении деформации керамических изделий.

Работы [1, 2, 3] показывают, что характером протекания усадки изделий в процессе сушки в значительной мере обуславливается качество обжигаемой продукции.

Обычно при определении усадок керамических масс ограничиваются только определением линейной усадки. Объемную же усадку на заводах не принято определять непосредственным путем. В некоторых случаях, когда требуются данные о величине объемной усадки, прибегают к использованию данных о линейной усадке.

Такая методика подсчета не дает достаточно точных результатов. На самом деле линейная усадка, как известно, может быть определена обычным методом с точностью примерно 1–2%, поэтому при подсчете объемной усадки таким путем погрешность должна увеличиться примерно в 3 раза, и составит около 3–6%.

Представляется более целесообразным определять сначала объемную усадку, а затем по ее значению найти величину линейной усадки. Так как объемная усадка может быть определена с точностью до 0,1%, погрешность в определении линейной усадки через объемную составит лишь сотые доли процента.

В [4] приведена следующая формула для определения объемного изменения материала:

$$\beta = \left[\frac{\delta_1}{\delta_2} \left(1 + \frac{a}{100} \right) - 1 \right] \times 100,$$

где δ_1 – объемный вес влажного материала, δ_2 – объемный вес сухого материала, a – влажность массы в процентах (изменение веса).

Формула эта представляет интерес в том отношении, что в ней объемная усадка выражается некоторыми величинами, характеризующими физические

свойства материала, и позволяет аналитически находить усадку массы.

Однако в формулу входит такая переменная величина, как объемный вес влажной массы δ_1 (величина, зависящая от начальной влажности массы), которую необходимо всякий раз находить экспериментально. Это обстоятельство в значительной мере ограничивает практическую применимость формулы.

Кроме того, важно знать также динамику изменения объемной усадки в зависимости от влажности материала, ее связь с некоторыми другими характеристиками керамической массы, в частности, с объемом пор, истинным удельным весом, объемным весом сухой массы, усадочной влажностью, поскольку они в той или иной степени влияют на усадку массы.

В данной статье ставится вопрос нахождения такой взаимосвязи в графическом и аналитическом виде.

Исходными данными послужили результаты экспериментальной работы, которая была проведена в лаборатории НИИСМИ над рядом керамических масс (табл. 1).

Изменения объема образца (в виде шарика \varnothing 23–28 мм) с точностью до 0,01 см³; динамика изменения веса при сушке фиксировалась с точностью 0,001 г на электронных весах. По динамике изменения объема и веса массы в процессе сушки находились по общеизвестным формулам объемная усадка и абсолютная влажность материала, а именно:

$$\beta = \frac{V_n - V_0}{V_0} \times 100 \text{ и } W = \frac{m_n - m_0}{m_0} \times 100,$$

где β – объемная усадка, выраженная в процентах;

V_n – объем высушиваемого образца в см³;

V_0 – объем того же образца в сухом состоянии в см³;

W – влажность массы в %;

m_n – вес высушиваемого образца (при V_n) в гр.;

m_0 – вес того же образца в абсолютно сухом состоянии в гр.

Считается установленным, что изменение объема массы при сушке происходит до определенного момента, т.е. до критической влажности (точки).

Однако оказалось, что после критической точки объем образца дважды в различных направлениях изменяет свою величину.

Минимальный объем примерно соответствует концу усадки, после чего в течение 2–3 суток происходит некоторое его увеличение (на 0,5–1,0%). Если такой образец подвергнуть досушке при повышенной (до 110°C) температуре, то он опять уменьшится и примет свою минимальную величину.

Характерно, что минимальная величина образца достигается и путем длительного его вылеживания в естественных условиях.

Явление это мало изучено, но на основании наших наблюдений можно было бы объяснить его следующим образом.

В процессе усадки шарика частицы под влиянием действующих внутри массы сил перемещаются преимущественно от поверхности к центру, при этом происходит значительное уплотнение массы. Внутренние силы при этом настолько велики, что они приводят к избыточной усадке и вызывают упругую деформацию в частицах. Объем становится минимальным.

При удалении капиллярной влаги сжимающие усилия поверхностного натяжения воды ослабевают. Силы же молекулярного притяжения, по-видимому, не настолько велики, чтобы удержать систему в состоянии упругой деформации. Поэтому система должна перейти от имевшей место упругой деформации в состояние упругого равновесия.

Очевидно, что такой переход в дисперсных массах должен сопровождаться некоторым увеличением объема.

Следующее за этим обратное уменьшение объема при длительном вылеживании или при повышенной температуре обуславливается, очевидно, переходом упругого состояния в пластическую деформацию, сопровождающуюся уменьшением напряжений в материале.

Эти причины и побуждают прибегать к мероприятиям, которые нередко применяются в производственных условиях при сушке крупных изделий, в частности к их длительному выдерживанию в естественных условиях, после тепловой сушки. Предполагается, что в процессе такого выдерживания в керамических изделиях после сушки осуществляется в некоторой мере переход упругой деформации в пластическую, что, естественно, должно сопровождаться некоторым их уплотнением и уменьшением внутренних усадочных напряжений.

Из этого следовало бы сделать вывод, что появление опасных напряжений в керамических изделиях объясняется не столько температурными перепадами, сколько характером протекания усадки и ориентацией частиц при изменениях объема.

Для вывода уравнения воспользуемся тем обстоятельством, что количество воды в массе с достаточной точностью численно равно приращению объема массы при ее увлажнении плюс объем пор в сухой массе [4].

На этом основании следует, что:

$$m - m_c = V - V_c + K,$$

где m – вес влажной массы,

m_c – вес сухой массы,

V – объем влажной массы,

V_c – объем сухой массы,

K – объем пор в сухой массе.

Если далее рассматривать объем сухой массы как сумму, состоящую из объема, занимаемого сухими частицами, и объема пустот между ними, то из этого следует:

$$V_c = V_r + K = \frac{m_c}{\gamma} + K, \text{ откуда } K = V_c - \frac{m_c}{\gamma},$$

где γ – удельный вес вещества,

V_r – объем сухих частиц.

Подставляя в наше равенство значение K и делая соответствующие сокращения, получим следующее выражение:

$$m - m_c = V - \frac{m_c}{\gamma}$$

Если в этом равенстве выразить объем и вес влажной массы через соответствующие параметры сухой массы, т.е.

$$m = m_c \left(\frac{100 + W}{100} \right) \text{ и } V = V_c \left(\frac{100 + \beta}{100} \right)$$

то получим следующие выражения:

$$m_c \left(\frac{100 + W}{100} \right) - m_c = V_c \left(\frac{100 + \beta}{100} \right) - \frac{m_c}{\gamma}, m_c \left(\frac{\gamma W + 100}{\gamma} \right) = V_c (100 + \beta)$$

После преобразования имеем:

$$\beta = \gamma_c \left(\frac{\gamma W + 100}{\gamma} \right) - 100$$

Таким образом, получено общее уравнение, в котором математически связан ряд величин, обуславливающих объемную усадку массы.

Уравнение показывает, что усадка зависит не только от влажности W , но и от постоянных величин, характерных для массы, – объемного веса сухой массы γ_c и удельного веса вещества γ .

Влияние этих двух факторов на усадку, исходя из физической стороны процесса, должно быть различным, при этом очевидно, что такое влияние обусловлено главным образом величиной объемного веса сухой массы γ_c . Ее численное значение, даже для однородного по удельному весу вещества, будет зависеть от степени измельчения отощающих компонентов массы, дисперсности глинистых веществ, ввода различных добавок, формы и размеров изделий и режимных параметров сушки. Оставляя пока в стороне механизм влияния всех этих факторов на объемный вес, будем рассматривать только абсолютное значение этой величины, которое, как мы увидим, вполне достаточно для многих практических целей. Проведенные испытания показали, что для всех исследованных нами масс уравнение дает достаточно точные результаты.

Уравнение

$$\beta = \gamma_c \left(\frac{\gamma W + 100}{\gamma} \right) - 100$$

не только позволяет определять общую усадку массы, но и дает возможность проследить за динамикой изменения объемной усадки с уменьшением влагосодержания.

Кроме того, для построения зависимости усадки от влажности вовсе не требуется знания величин влажности и усадки. Для этого вполне достаточно

знать только значение постоянных (γ_c и γ). Зная их, можно путем подстановки в уравнение любой величины влажности, начиная от 20°/0 и выше, находить усадку и строить зависимость

На рисунке 1 представлена зависимость объемной усадки от влажности для трех керамических масс. На этом графике нанесены обозначения (Δ), характеризующие результаты теоретических подсчетов по уравнению, которые достаточно хорошо совпадают с практическими данными.

Такая зависимость значительно облегчает нахождение величины усадки при любых значениях влажности. Она также позволяет непосредственно из графика определить и другие характеристики, в частности критическую влажность – как точку касания с осью абсцисс – и усадочную влажность.

Для теоретического построения зависимости динамики изменения усадки, как мы видим, необходимо знать только γ_c и γ . При этом для масс с постоянными γ_c и γ графическая зависимость меняться не должна.

Путем дальнейшего преобразования основного уравнения можно получить формулу для определения истинного удельного веса вещества.

Выразим общее уравнение

$$\beta = \gamma_c \left(\frac{\gamma W + 100}{\gamma} \right) - 100$$

через γ , т.е.

$$\gamma = \frac{100\gamma_c}{(100 + \beta) - \gamma_c W}$$

и выразим в последнем равенстве $100 + \beta$ через $\frac{100V}{V_c}$, γ_c через $\frac{m_c}{V_c}$ и W через $\frac{(m - m_c)}{m_c} \times 100$;

тогда после следующих преобразований получим следующие уравнение:

$$\gamma = \frac{m_c}{V - (m - m_c)}$$

или при $m - m_c = g$ окончательно получим:

$$\gamma = \frac{m_g}{V - g}$$

где

g – объем (вес) воды, содержащейся в массе,

V – объем влажной массы.

Знаменатель в полученной формуле, как мы видим, характеризует объем сухого вещества. Но так как отношение сухого веса (m_c) к объему вещества (V_c) есть удельный вес, то, следовательно, полученная нами формула отражает действительную сущность вопроса.

Так как формула выражается величинами, значения которых могут быть получены путем несложных экспериментальных приемов, задача нахождения истинного удельного веса значительно упрощается.

В приведенной ниже таблице 1, в графе 3 приведены значения удельного веса вещества, рассчитаного по формуле для ряда керамических масс

Там же, в графе 2 и 4, показаны для тех же масс значения объемного веса сухих масс и объемной усадки.

Табличные данные показывают, что усадка масс, как и следовало ожидать, исходя из основного уравнения, обуславливается главным образом объемным весом сухой массы.

Значения γ_c и γ , как постоянных этих масс, могут быть рекомендованы при определении динамики изменения усадки по приведенной выше формуле.

Выводы:

В результате приведенной работы выведено уравнение для определения усадки массы:

$$\beta = \gamma_c \left(\frac{\gamma W + 100}{\gamma} \right) - 100$$

Установлено, что усадка пластичных масс зависит не только от влажности, но и от ее «керамических» постоянных объемного веса сухой массы (γ_c) и удельного веса вещества (γ). При прочих равных условиях усадка обуславливается главным образом объемным весом сухой массы.

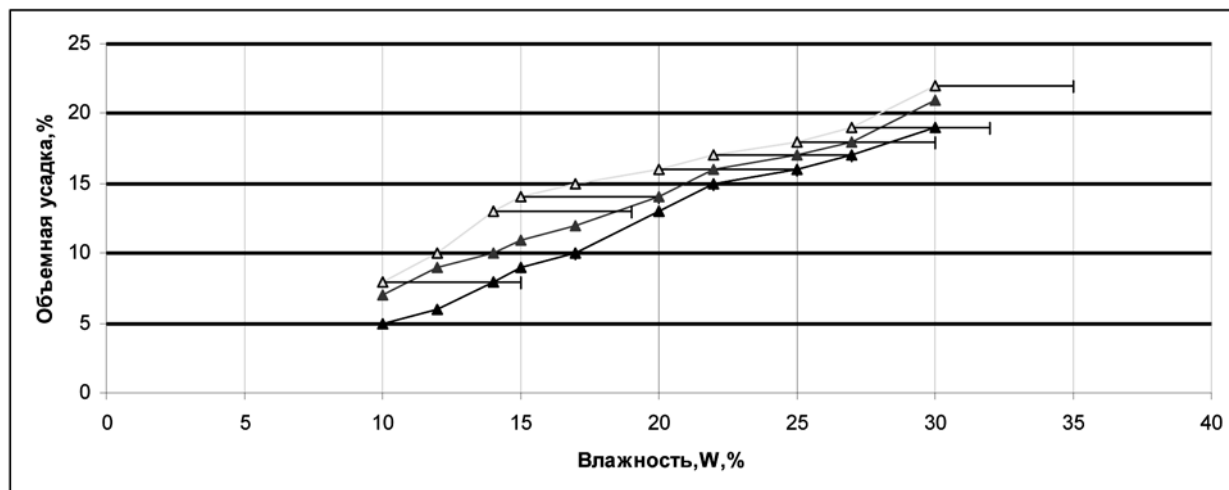


Рис. 1. График зависимости усадки от влажности (масс 1, 2, 7)

Таблица 1

Код массы	Объемная усадка при 28% влажности	Удельный вес	Объемный вес сухой массы	Состав масс в %					
				пегматит	шпат	кварц	каолин	глина	бой изделий
1	24,0	2,48	1,815	37,0	-	13,0	30,0	15,0	5,0
2	22,9	2,472	1,795	-	20,0	26,0	35,0	11,0	8,0
3	21,8	2,47	1,773	-	21,0	34,0	45,0	-	-
4	21,4	2,425	1,758	-	19,0	29,0	31,0	14,0	7,0
5	16,3	2,464	1,697	-	20,0	26,0	35,0	11,0	8,0
6	15,4	2,470	1,687	-	20,0	26,0	35,0	11,0	8,0
7	15,3	2,450	1,679	-	16,0	20,0	29,0	15,0	20,0

Найдена также формула для определения истинного удельного веса:

$$\gamma = \frac{m_g}{V - g}$$

Экспериментально установлено, что объем керамической массы после критической точки не остается постоянной величиной, а меняется дважды: сначала медленно увеличивается на 0,5–1,0%, а затем уменьшается и снова принимает свое минимальное значение, отвечающее критическому состоянию массы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Цепин А.Д. Влияние пластических деформаций при сушке керамических материалов на свойства готовой продукции // Керамический сборник. – № 17. – 1977.
2. Эйтель В. Физическая химия силикатов. – М., 1970.
3. Брэг У., Кларингбулл Г. Кристаллическая структура минералов. – Изд. Мир, 1967
4. П.П.Будников и др. Технология керамических изделий, 1976.

МИНРЕГИОН ГОТОВИТ ТРЕТЬЮ РЕДАКЦИЮ ПРОГРАММЫ ПО УДЕШЕВЛЕНИЮ ИПОТЕКИ

Министерство регионального развития, строительства и жилищно-коммунального хозяйства Украины планирует внести очередные изменения в постановление по удешевлению ипотеки. Об этом сообщил глава Министерства Анатолий Близнюк во время посещения жилого массива Левобережный-3 в Днепропетровске, передает пресс-служба ведомства.

«Программа постоянно совершенствуется, практически постоянно работает с корректировкой. Еще в этом месяце мы планируем принять третью редакцию постановления, разработанную ради выгоды для граждан. Потому что не все, например, имеют возможность сделать первый взнос в таком размере, который установлен. Мы хотим эту систему улучшить», – подчеркнул министр.

По его словам, Минрегион предлагает снизить обязательный собственный взнос заемщика с 25 до 10 процентов, а также осуществлять частичную компенсацию процентов непосредственно банкам, а не заемщикам, как сейчас. С такими просьбами неоднократно обращались граждане во время посещения офисов «единого окна», которые действуют в рамках программы.

Предусматривается возможность получения кредита под 6 процентов годовых на допустимое превышение предельной площади и расчетной стоимости, которая раньше могла покрываться исключительно за собственные средства граждан. Проект соответствующего постановления Правительства размещен на официальном сайте Минрегиона.

Как отмечает ведомство, на сегодня 7,5 тысяч граждан изъявили желание взять кредит в рамках этой программы, более 4,7 тысяч квартир предложено застройщиками, заключено 72 договора. 30 млн грн уже направлены в регионы, профинансировано 14 кредитов на общую сумму свыше 4,6 млн грн, из них 9 в Киеве и 3 в Автономной Республике Крым. Планируется, что по этой программе уже в августе–октябре люди начнут получать ключи в первых домах.