

Д. т. н. В. З. Абдрахимов (✉)

ФГБОУ ВО «Самарский государственный экономический университет», г. Самара, Россия

УДК 539.586:662.8.055.3]:549.623.93

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРЕДЕЛЬНОГО НАПРЯЖЕНИЯ СДВИГА СОСТАВА ПИРОФИЛЛИТ – ГЛИНИСТЫЙ КОМПОНЕНТ – ВОДА ПРИ ПОВЫШЕННЫХ ТЕМПЕРАТУРАХ

При получении образцов из глинистого компонента без отощителей наблюдается резкое снижение предельного напряжения сдвига в интервале 20–80 °С, что способствует появлению в образцах трещин и дефектов. Использование в керамических массах пиррофиллита при получении образцов обеспечивает плавное снижение предельного напряжения сдвига P_m в интервале 20–80 °С. Показано, что для улучшения сушильных свойств образцов состав пиррофиллит – глина – вода более однороден, чем состав глина – вода. Анализ P_m образцов в условиях горячего формования показал, что особое значение приобретает не столько зависимость $P_m = f(t)$, сколько зависимость $P_m = f(W, t)$, где t — температура; W — влажность.

Ключевые слова: пиррофиллит, глинистый компонент, предельное напряжение сдвига.

ВВЕДЕНИЕ

Настоящие исследования являются продолжением работ [1–5] по использованию отхода цветной металлургии — глинистой части хвостов гравитации циркон-ильменитовых руд (ГЦИ), используемой в качестве глинистого связующего, и редко встречающегося в природе пиррофиллита в качестве отощителя для производства кислотоупоров. Результаты исследования процессов, происходящих при сушке кислотоупоров, полученных пластическим способом, встречаются в литературе крайне редко. При сушке удаляется в среднем 70 % влаги, при обжиге остальные 30 %, при этом на 1000 шт. кислотоупорного кирпича при обжиге расход условного топлива составляет 120–130 кг, а при сушке 65–75 кг.

Наиболее опасным периодом сушки керамических изделий является начальный. Очевидно, при сушке кроме наиболее интенсивной влагоотдачи с поверхности изделия наблюдается одновременное выравнивание влажности между отдельными участками и затухание формовочных деформаций. Этот период является как бы продолжением процесса формования.

Одним из резервов сокращения срока сушки является повышение начальной температуры изделий. Прогрев сформованных изделий на первых позициях сушильных установок не получил распространения на керамических пред-

приятиях при пластическом формовании. Причина — разрушение изделий при конденсации влаги на поверхности. Поэтому в последние годы все больше внимания уделяется высокотемпературному формованию изделий. Одной из наиболее существенных реологических характеристик керамических смесей является предельное напряжение сдвига, или пластическая прочность P_m . Цель настоящей работы — исследование P_m керамической массы при 20, 40 и 80 °С.

МЕТОДИКА

Для изготовления образцов глинистый компонент высушивали в шкафу при 110 °С, затем измельчали до фракции 0,25 мм и мельче. Пиррофиллит измельчали до фракций крупнее 1 мм (12–15 %), 1–0,5 мм (20–25 %), 0,5–0,2 мм (30–40 %), мельче 0,2 мм (30–32 %). Смесью глинистого материала и пиррофиллита тщательно перемешивали, увлажняли, затем (для однородности) дважды пропускали через лабораторный ленточный пресс без мундштука.

Для определения пластической прочности применяли прибор и методику, разработанные ИТТФ АН УССР [6]. Керамическую массу (оптимальный состав) предварительно нагревали в сушильном шкафу до температуры не выше 80 °С для сокращения длительности сушки, помещали в бюкс и покрывали слоем коллодия и фольги. Бюкс устанавливали в специальный конус, к которому подсоединяли водяной термостат. Температуру керамической массы измеряли с помощью нескольких термопар, введенных в шихту на различную глубину. Для устранения



В. З. Абдрахимов
E-mail: 3375892@mail.ru

высыхания керамической массы в конусах устанавливали бюкс с водой, что обеспечивало создание относительной влажности воздуха $\varphi = 100\%$.

СЫРЬЕВЫЕ МАТЕРИАЛЫ

В качестве глинистого связующего использовали отход цветной металлургии — глинистую часть хвостов обогащения цирконий-ильменитовых руд (ГЦИ) [1–3], химический состав исходных компонентов приведен в табл. 1. Технические характеристики ГЦИ: число пластичности 25, чувствительность к сушке 90 с; гранулометрический состав, %: фракции 0,1–0,05 мм 0,8, 0,05–0,01 мм 12,1, 0,01–0,005 мм 16,1, 0,005–0,001 мм 23,0, мельче 0,001 мм 48; группа сырья (ГОСТ 9169–75) — среднедисперсное. В качестве отощителя и алюмосодержащей добавки использовали пиррофиллит, [4, 5], химический состав которого представлен в табл. 1.

Пиррофиллит $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 4\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ — по своим свойствам близок к тальку, из которого благодаря его мягкости вытачивают различные изделия, сохраняющие после обжига форму и размеры. Размягчение пиррофиллита наблюдается при 1620 °С, плавление при 1680 °С, текучесть при 1720 °С. Водопоглощение пиррофиллита 0,37–0,85 %, предел прочности при сжатии 25–50 МПа, коэффициент абразивности 0,3–0,8, твердость 1–2.

Таблица 1. Химический состав исходных компонентов, мас. %

Компонент	SiO_2	$\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{TiO}_2$	Fe_2O_3	CaO	MgO	R_2O	$\Delta m_{\text{прк}}$	SiO_2 (своб)
ГЦИ	58,70	23,39	6,55	1,80	1,22	1,62	7,21	24,8
Пиррофиллит	52,85	34,88	0,40	0,22	0,10	0,09	7,88	12,8

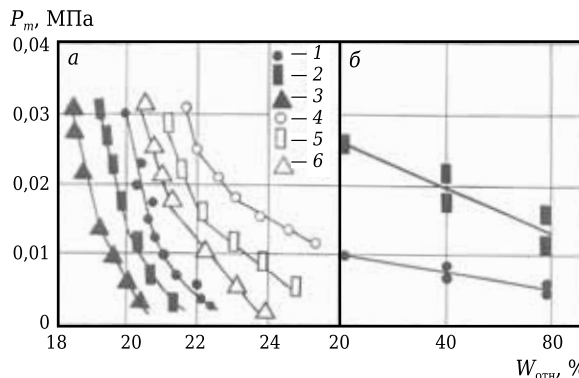
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Предельное напряжение сдвига при 20, 40 и 80 °С изучали на составах, приведенных в табл. 2. Зависимости P_m от формовочной влажности $W_{\text{отн}}$ и температуры t показаны на рисунке. С повышением температуры (от 20 до 80 °С) P_m состава 2 (оптимального) при $W_{\text{отн}} = 22\%$ уменьшается от 0,01 до 0,004 МПа. Кроме того, интервал влагосодержания, в пределах которого состав находится в пластичном состоянии, с повышением температуры смещается в сторону меньших влагосодержаний (см. рисунок, а). Это связано с ослаблением и разрушением отдельных связей в составе, уменьшением числа непосредственных контактов между частицами вследствие увеличения интенсивности теплового движения частиц и молекул дисперсной среды.

Таблица 2. Составы керамических масс*

Компонент	Содержание компонента, %, в составе	
	1	2
ГЦИ	100	60
Пиррофиллит	—	40

* Состав 1 взят для сравнения (без применения отощителей), состав 2 — оптимальный для получения кислотоупоров.



Зависимости P_m от формовочной влажности $W_{\text{отн}}$ и температуры t : а — зависимость P_m от $W_{\text{отн}}$ (1, 2, 3 — керамические массы состава 2; 4, 5, 6 — керамические массы состава 1; температура 1 и 4 — 20 °С; 2 и 5 — 40 °С; 3 и 6 — 80 °С); б — зависимость P_m от t (1 — состав 2; 2 — состав 1, $W_{\text{отн}} = 22\%$)

При 20 °С кривые 1 и 4 зависимости P_m от $W_{\text{отн}}$ более пологие (см. рисунок, а), чем остальные, при 80 °С кривые стремятся к прямой линии (кривые 3 и 6, особенно для состава 2). Выпрямление кривых связано с быстрым тепловым движением молекул. Это движение приводит к более интенсивному обмену молекул между слоями связанной воды и свободной воды, вследствие чего происходит сглаживание кривизны. Более сильное сглаживание

кривизны происходит в составе пиррофиллит — глина — вода, т. е. этот состав более однороден, чем состав глина — вода.

Повышение температуры по-разному влияет на падение P_m образцов из ГЦИ (состав 1) и образцов состава 2. Причем для состава 2 зависимость $P_m = f(t)$ более пологая, чем для состава 1 (см. рисунок, б, кривые 1 и 2). Резкое падение P_m образцов состава 1 в интервале 20–80 °С способствует появлению в них трещин и дефектов. Повышенное содержание в составах керамических масс глинистой составляющей способствует росту чувствительности керамической массы к температуре [7]. Эта особенность керамической массы препятствует развитию перспективной технологии горячего прессования [7, 8].

Анализ предельного напряжения сдвига в условиях горячего прессования показал, что особое значение в этом случае приобретает не столько зависимость $P_m = f(t)$, сколько зависимость $P_m = f(W, t)$, что подтверждают предыдущие исследования [7, 8].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Установлено, что при получении образцов из глинистого компонента без отощителей наблюдается резкое снижение предельного напряжения сдвига

в интервале 20–80 °С, что способствует появлению в изделиях трещин и дефектов. Высокое содержание в составах керамических масс глинистой составляющей повышает чувствительность керамической массы к температуре. Эта особенность керамической массы препятствует развитию перспективной технологии горячего прессования.

При использовании в керамических массах пиррофиллита при получении образцов резкого падения предельного напряжения сдвига в ин-

тервале 20–80 °С не наблюдается, в этом случае зависимость $P_m = f(t)$ более пологая, чем в массах без отощителей. Более сильное сглаживание кривизны происходит в составе пиррофиллит – глина – вода, т. е. этот состав более однороден, чем состав глина – вода. Анализ предельного напряжения сдвига в условиях горячего прессования показал, что особое значение в этом случае приобретает не столько зависимость $P_m = f(t)$, сколько зависимость $P_m = f(W, t)$.

Библиографический список

1. **Абдрахимова, Е. С.** Влияние температурно-газовой среды обжига на формирование пористой структуры кислотоупоров / *Е. С. Абдрахимова, В. З. Абдрахимов* // Новые огнеупоры. — 2016. — № 1. — С. 56–61.
2. **Абдрахимова, Е. С.** Влияние алюмосодержащего нанотехногенного сырья и пиррофиллита на муллитизацию стеклофазы в композиционных кислотоупорах / *Е. С. Абдрахимова* // Новые огнеупоры. — 2016. — № 11. — С. 12–15.
3. **Абдрахимова, Е. С.** Формирование структурных кислотоупоров при обжиге глинистой части хвостов гравитации циркон-ильменитовых руд / *Е. С. Абдрахимов* // Новые огнеупоры. — 2009. — № 9. — С. 16–20.
4. **Абдрахимова, Е. С.** Физико-химические исследования пиррофиллита Никольского месторождения / *Е. С. Абдрахимова* // Новые огнеупоры. — 2010. — № 2. — С. 10–12.
5. **Абдрахимова, Е. С.** Влияние пиррофиллита на физико-механические свойства и кислотостойкость кислотоупоров / *Е. С. Абдрахимова* // Новые огнеупоры. — 2009. — № 4. — С. 15–19.

6. **Голубчиков, В. В.** Определение предельных напряжений сдвига керамических масс при температуре 100 °С / *В. В. Голубчиков, А. И. Готкинс* // Тр. Украинской конф. по научным основам технологии производства стеновой строительной керамики, 16–19 июня 1969 г. — Киев : Наукова думка, 1969. — С. 114–116.
7. **Сайбулатов, С. Ж.** Исследование реологических свойств и напряженного состояния зологлиняных керамических масс в процессе сушки / *С. Ж. Сайбулатов, И. М. Пиевский, А. И. Степанова, К. А. Нурбатуров* // Промышленная теплотехника. — 1982. — Т. 4, № 3. — С. 62–65.
8. **Сайбулатов, С. Ж.** Золокерамические стеновые материалы / *С. Ж. Сайбулатов, С. Т. Сулейменов, А. В. Ралко*. — Алма-Ата : Наука, 1982. — 292 с. ■

Получено 06.03.19
© В. З. Абдрахимов, 2019 г.

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ ИНФОРМАЦИЯ



ЕЖЕГОДНЫЙ ЕВРОПЕЙСКИЙ КОНГРЕСС И ВЫСТАВКА ПО ПОРОШКОВОЙ МЕТАЛЛУРГИИ

**EURO
PM2019**
CONGRESS & EXHIBITION

13–16 октября
2019 г.

г. Маастрихт,
Нидерланды

ТЕМЫ:

- > Функциональные материалы
- > Производство добавок
- > Твердые материалы и алмазный инструмент
- > Горячее изостатическое прессование
- > Литье металла под давлением
- > Новые материалы, процессы и области применения

www.europm2019.com