

УДК 658.567.1:504.064

А.Ю. СТОЛБОУШКИН, канд. техн. наук, О.А. СТОЛБОУШКИНА (stoxan@gmail.ru), канд. техн. наук, Сибирский государственный индустриальный университет; Г.И. БЕРДОВ, д-р. техн. наук, Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет

Оптимизация параметров прессования гранулированного техногенного и природного сырья для производства керамического кирпича

В XXI в. подотрасль керамических стеновых материалов все чаще сталкивается с проблемой сокращения запасов качественных природных глин. На общем фоне ухудшения экологической обстановки в мировом масштабе актуальным является расширение сырьевой базы производства керамического кирпича за счет использования техногенного и низкокачественного природного сырья. В этом случае способ полусухого прессования изделий, менее требовательный к качеству сырья и особенно его формовочным свойствам, является наиболее перспективным при использовании новых способов массоподготовки материала.

При формовании кирпича-сырца из минеральных промышленных отходов наиболее критичными факторами наряду с давлением прессования, влияющими на качество изделий, являются фракционный состав зерен (агрегатов) и влажность пресс-порошков. Проведенными исследованиями установлена возможность получения рационального гранулометрического состава керамических масс за счет использования агломерационных процессов (агрегирование и грануляция) [1].

Целью настоящей работы являлась оптимизация параметров прессования гранулированного природного и техногенного сырья для получения керамического кирпича полусухого прессования. В качестве объектов исследований использовались шламистые отходы обогащения железных руд Абагурской и Мундыбашской обогатительных фабрик Кузбасса, отходы углеобогащения Абашевской ЦОФ (Кемеровская обл.) и отходы обогащения углистых аргиллитов (Челябинская обл.). Для корректировки составов керамических шихт применялись тонкомолотый стеклобой, природное глинистое сырье – суглинок новокузнецкий и отход метизного производства ОАО «ЕВРАЗ ЗСМК» (г. Новокузнецк),

образующийся в виде шлама в результате нейтрализации кислых железосодержащих обработанных травильных растворов. После сушки шлам представляет собой порошок красного цвета, характерного для гематита. Удельная поверхность шлама составляет около 700 м²/кг, насыпная плотность в рыхлом состоянии – 650 кг/м³. Химический, минеральный и гранулометрический составы сырьевых материалов представлены в работе [2].

Несмотря на малую пластичность и нетрадиционную структуру гранулированного техногенного сырья, существуют вполне определенные области значений влажности и давления прессования гранулята, при которых можно получить бездефектный сырец с плотной структурой, имеющий максимальные значения прочности. При слишком высоком давлении возможно снижение прочности как полуфабриката, так и обожженных изделий, связанное с явлением перепрессовки или расслаивания, то есть основным и трудно устранимым видом брака при прессовании. С увеличением влажности возрастают интенсивность и величина осадки порошков при относительно низком давлении прессования, однако избыточная влажность приводит к снижению плотности по сравнению с максимумом, который может быть достигнут при данном давлении. Кроме того, избыток жидкости приводит к появлению существенной воздушной усадки при сушке.

Оптимизация рабочих параметров прессования проводилась по авторской методике на основе анализа компрессионных кривых. При разработке методики использовалась известная закономерность, что в результате приложения сжимающей нагрузки осадка пресс-порошка вначале интенсивно развивается, затем начинает затухать и при достижении некоторого давления, характерного для каждого вида прессовок, практически прекращается. Следовательно, для каждого порошка,

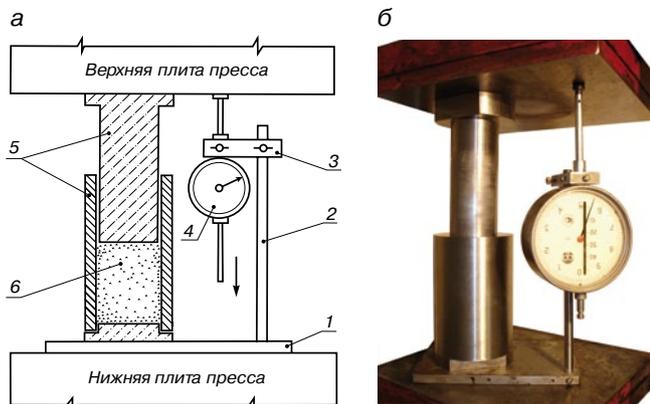


Рис. 1. Схема (а) и общий вид установки (б) для определения деформации пресс-порошков при разных давлениях прессования: 1 – опорная база; 2 – стойка; 3 – держатель; 4 – стрелочный индикатор; 5 – пресс-форма; 6 – пресс-порошок

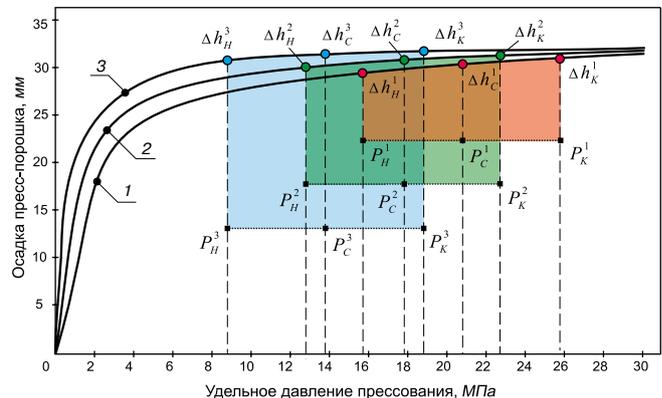


Рис. 2. Компрессионные кривые осадки гранулята из шламистой части железорудных отходов с влажностью: 1 – 6,4%; 2 – 9,3%; 3 – 11,7%

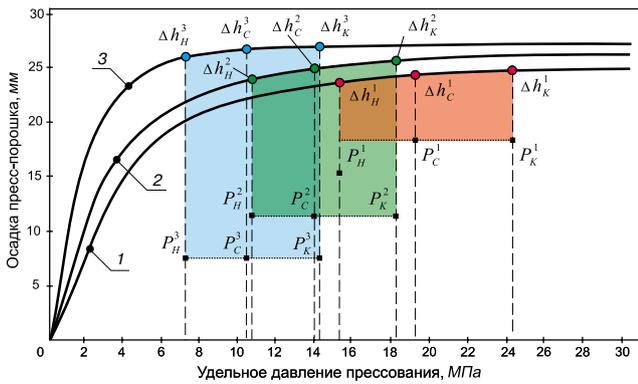


Рис. 3. Компрессионные кривые осадки гранулята из отходов углеобогащения с влажностью: 1 – 7,3%; 2 – 9,1%; 3 – 10,9%

с присущими ему прессовочными свойствами, существует определенное давление, превышать которое не имеет смысла, так как за его пределами дальнейшего уплотнения прессовки почти не происходит.

Для получения компрессионных кривых была разработана установка, показанная на рис. 1. С ее помощью определялся также и коэффициент уплотнения, имеющий широкое практическое применение и выражающий отношение объема засыпки исходного порошка до прессования к объему полученной прессовки:

$$K_{СЖ} = (h + \Delta h) / h, \quad (1)$$

где h – высота прессовки (мм); Δh – осадка пресс-порошка (мм).

Коэффициент уплотнения применяют для сравнения результатов приложения различных давлений и режимов прессования к одному и тому же порошку, а также для определения глубины засыпки пресс-формы.

Основной вид степенного уравнения (по Л.С. Казакевичу) непосредственно связывает коэффициент уплотнения с давлением прессования:

Таблица 1

| Состав шихты | Влажность, % | Осадка пресс-формы*, мм | | | Давление прессования, МПа | | |
|---|--------------|-------------------------|--------------|--------------|---------------------------|-------|-------|
| | | Δh_H | Δh_C | Δh_K | P_H | P_C | P_K |
| Шламовая часть отходов обогащения железных руд – 60% + суглинок новокузнецкий – 30% + стеклобой – 10% | 6,4 | 29,4 | 30,2 | 30,9 | 15,7 | 20,8 | 25,8 |
| | 9,3 | 30 | 30,8 | 31,2 | 12,8 | 17,9 | 22,7 |
| | 11,7 | 30,7 | 31,5 | 31,8 | 9,8 | 13,8 | 18,9 |
| Отходы углеобогащения – 75% + суглинок новокузнецкий – 22% + отходы метизного производства – 3% | 7,3 | 23,6 | 24,3 | 24,7 | 15,4 | 19,3 | 24,3 |
| | 9 | 23,9 | 24,9 | 25,6 | 10,8 | 14 | 18,2 |
| | 11,2 | 26 | 26,7 | 27 | 7,3 | 10,5 | 14,3 |
| Отходы обогащения углистых аргиллитов – 100% | 8,3 | 32,1 | 34,3 | 35,7 | 9,8 | 14,4 | 19,2 |
| | 9,4 | 34,8 | 41,1 | 43,6 | 7,9 | 12,4 | 18,3 |
| | 11,3 | 37,3 | 42,5 | 45,7 | 7 | 11,6 | 17,4 |

* Н, С, К – начальное, среднее и конечное значения интервала.

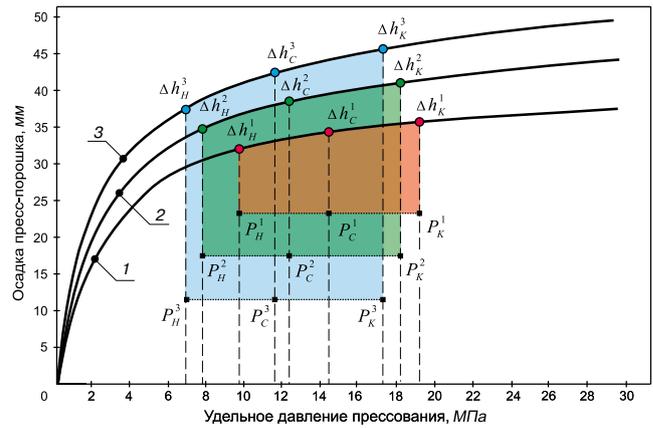


Рис. 4. Компрессионные кривые осадки гранулята из отходов обогащения углистых аргиллитов с влажностью: 1 – 8,3%; 2 – 9,4%; 3 – 11,3%

$$K_{СЖ} = a \cdot P^n, \quad (2)$$

где a и n – константы, характеризующие пресс-массу.

Постоянные a и n определились экспериментально по результатам двух опытов прессования при значительно различающихся давлениях P_1 и P_2 с нахождением соответствующих значений коэффициента уплотнения. Для грубозернистых порошков a обычно лежит в пределах от 1,2 до 2,6; n – от 0,07 до 0,01 [3].

По результатам исследований были построены компрессионные кривые пресс-порошков оптимизированных составов на основе техногенного и природного сырья, гранулированных на турболопастном смесителе-грануляторе. Учитывая незначительный разброс фракционного состава гранул с преобладающим размером 1–2 мм [2], определение осадки и построение компрессионных кривых проводилось при трех различных значениях влажности гранулированных порошков в интервале от 6 до 12%. Компрессионные кривые осадки гранулированных керамических масс различной влажности приведены на рис. 2–4.

По полученным компрессионным кривым были установлены области и значения оптимального давления прессования исследуемых пресс-порошков в зависимости от их формовочной влажности, представленные в табл. 1.

В пределах установленного рационального интервала прессового давления были выбраны начальное, среднее и конечное значения сжимающей на-

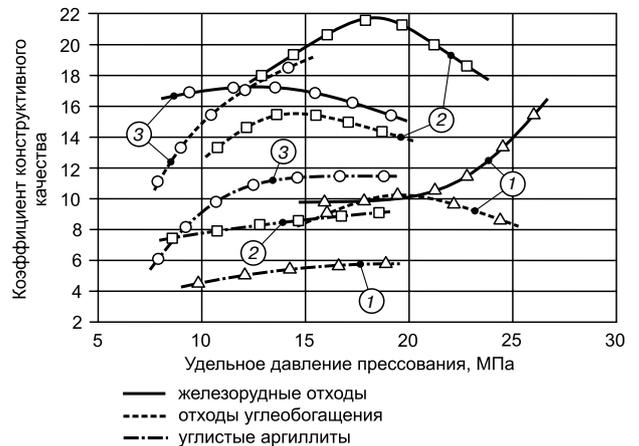


Рис. 5. Зависимость ККК керамических образцов от давления прессования при формовочной влажности гранулята на основе железорудных отходов: 1 – 6,4%; 2 – 9,7%; 3 – 11,7%; на основе отходов углеобогащения: 1 – 7,3%; 2 – 9,1%; 3 – 10,9%; на основе углистых аргиллитов: 1 – 8,3%; 2 – 9,4%; 3 – 11,3%

Таблица 2

| Состав шихты | Влажность, % | Средняя плотность, кг/м ³ | | | Предел прочности при сжатии, МПа | | | Коэффициент конструктивного качества | | |
|---|--------------|--------------------------------------|----------|----------|----------------------------------|-------|-------|--------------------------------------|---------|---------|
| | | ρ_H | ρ_C | ρ_K | R_H | R_C | R_K | KKK_H | KKK_C | KKK_K |
| Шламовая часть отходов обогащения железных руд – 60% + суглинок новокузнецкий – 30% + стеклобой – 10% | 6,4 | 1834 | 1867 | 1912 | 17,8 | 19,5 | 29,2 | 9,7 | 10,4 | 15,3 |
| | 9,3 | 1894 | 1950 | 1978 | 33,9 | 42,3 | 36,6 | 17,9 | 21,7 | 18,5 |
| | 11,7 | 1889 | 1903 | 1921 | 31,9 | 32,8 | 29,6 | 16,8 | 17,2 | 15,4 |
| Отходы углеобогащения – 75% + суглинок новокузнецкий – 22% + отходы метизного производства – 3% | 7,3 | 1781 | 1803 | 1839 | 15,5 | 18,4 | 15,5 | 8,7 | 10,2 | 8,4 |
| | 9 | 1756 | 1780 | 1813 | 23,6 | 27,6 | 26,1 | 13,4 | 15,5 | 14,4 |
| | 11,2 | 1710 | 1736 | 1775 | 20,2 | 26,9 | 32,8 | 11,8 | 15,5 | 18,5 |
| Отходы обогащения углистых аргиллитов – 100% | 8,3 | 1642 | 1684 | 1690 | 7,3 | 9,1 | 9,9 | 4,4 | 5,4 | 5,8 |
| | 9,4 | 1713 | 1736 | 1760 | 12,5 | 14,2 | 16,7 | 7,3 | 8,1 | 9,5 |
| | 11,3 | 1735 | 1750 | 1747 | 10,9 | 17,9 | 20,1 | 6,3 | 10,2 | 11,5 |

грузки (соответственно P_H^i, P_C^i, P_K^i , где $i = 1, 2, 3 \dots n$ – порядковый номер влажности пресс-порошка W_i).

Для сопоставления физико-механических свойств и окончательного выбора оптимальных технологических параметров прессования кирпича из гранулированных пресс-порошков каждого вида отходов было отформовано по три серии образцов для каждой влажности. Образцы-цилиндры диаметром 50 мм и высотой 45–55 мм были спрессованы по одинаковому режиму. Формование проведено на гидравлическом прессе с плавным нарастанием давления, режим прессования двухступенчатый с соотношением предварительного и конечного давлений примерно 1:4. Способ приложения прессового усилия односторонний. Обжиг образцов проводился в оптимальных условиях, установленных для каждого вида сырья, с изотермической выдержкой в течение 1 ч при 950, 1000 и 1050°C соответственно для отходов углеобогащения, углистых аргиллитов и шламовых железорудных отходов.

Результаты исследования физико-механических свойств керамических образцов в зависимости от влажности пресс-порошка и давления прессования представлены в табл. 2. и на рис. 5.

Проведенные исследования показали, что для получения керамических изделий из гранулированной шихты на основе шламовой части отходов обогащения железных руд оптимальное давление прессования составляет 18–20 МПа при влажности гранулята 9–10%. Оптимальные технологические параметры прессования гранулированной шихты на основе отходов углеобогащения: давление 13–15 МПа; влажность гранулята 10–11%. Соответственно для углистых аргиллитов: давление прессования 14–17 МПа; влажность гранулята 11–12%.

При установленных параметрах полусухого прессования техногенных отходов коэффициент сжатия пресс-масс составляет 2,49–2,53, а степенное уравнение прессования имеет вид: $K_{СК} = 1,77 \cdot P^{0,08}$.

Анализ действующих технологических линий по производству кирпича полусухого прессования показывает, что параметры прессования, установленные для гранулированных пресс-порошков на основе техногенного сырья, находятся в обычных пределах по прессовому давлению и имеют несколько завышенные значения формовочной влажности (на 2–3%). Таким образом, использование в керамической технологии гранулированного техногенного и природного сырья не требует разработки нового прессового оборудования, что подтверждается выпуском опытно-промышленной партии кирпича на прессах СМ-1085Б в заводских условиях на ООО «Бердский кирпичный завод» (Новосибирская обл.).

Ключевые слова: керамический кирпич, грануляция, техногенное сырье, пресс-порошок, компрессионные кривые.

Список литературы

1. Столбоушкин А.Ю. Теоретическое и технологическое обоснование процесса грануляции дисперсных компонентов при получении керамического кирпича // Известия вузов. Строительство. 2008. № 5. С. 41–47.
2. Столбоушкин А.Ю., Иванов А.И., Зоря В.Н. и др. Особенности грануляции техногенного и природного сырья для получения стеновой керамики // Строительные материалы. 2012. № 5. С. 85–89.
3. Гак Б.Н., Гервидс И.А., Гончар П.Д. и др. Справочник по производству строительной керамики. Том 3. Стеновая и кровельная керамика / Под ред. М.М. Наумова, К.А. Нохратяна М.: Госстройиздат, 1962. С. 310–311.

14-17 МАЯ 2013
КРАСНОЯРСК

СПЕЦИАЛИЗИРОВАННАЯ ВЫСТАВКА **0+**

МАЛОЭТАЖНОЕ ДОМОСТРОЕНИЕ. СТРОИТЕЛЬНЫЕ И ОТДЕЛОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

- Строительные и отделочные материалы
- Технологии и оборудование
- Печи, бани, сауны, бассейны
- Ландшафтная архитектура
- Загородная недвижимость

Приглашаем принять участие!

Официальная поддержка:

Организатор – ВК «Красноярская ярмарка»

МВД «Сибирь», ул. Авиаторов, 19
тел./факс: (391) 22-88-405,
22-88-611 (круглосуточно)
stroyka@krasfair.ru, www.krasfair.ru