

УДК 691.42

## ОСОБЕННОСТИ ПРОЦЕССА ПРЕССОВАНИЯ ПОРОШКОВ НА ОСНОВЕ ОПОКОВИДНОГО СЫРЬЯ

Ю.А. Божко, К.А. Лапунова

Рассматриваются проблемы нехватки сырья для керамической отрасли России. Найдены альтернативные источники в качестве опоковидных пород, которые широко распространены на юге России и в Поволжье. Описаны характерные особенности процесса компрессионного формования опоковидных пород разных видов. Определено влияние давления прессования на плотность прессовок. Сделаны выводы о целесообразности применения такого вида сырья для развития керамической промышленности.

*Ключевые слова:* опоковидное сырьё; пресспорошок; давление; прессование; формовочная влажность.

---

## FEATURES OF THE PRESSING PROCESS OF POWDERS ON THE BASIS OF OPOKA-LIKE RAW MATERIALS

Yu.A. Bozhko, K.A. Lapunova

This article discussed the shortage of raw materials for the ceramic industry of Russia. The authors have found alternative sources as opoka-like rocks that are widely distributed in the South of Russia and the Volga region. It is described the characteristic features of the process of compression molding opoka-like rocks of different types. The influence of compacting pressure on the density of pressovac is regarded. The conclusions about expediency of use of such raw materials for the development of ceramic industry are presented.

*Keywords:* opoka-like raw material; press powder; pressure; pressing; mold humidity.

Одной из важнейших проблем керамической отрасли является отсутствие подходящего сырья для производства качественных изделий. Геолого-технологические поисковые изыскания по выявлению новых месторождений глин и глинистых продуктов показали, что во многих регионах России наблюдается серьезная нехватка подходящего сырья. Однако конкурентная среда диктует свои условия для заводов-производителей. Чтобы добиться высокой эффективности стеновой керамики, необходимо улучшить её теплотехнические показатели за счет увеличения пустотности и пористости готовых изделий, повысить показатели прочности, проработать мероприятия по снижению производственных затрат, сокращению времени технологического процесса и улучшению внешнего вида. Исследования, проходившие в Академии строительства и архитектуры ДГТУ в течение последних лет совместно с региональными геолого-поисковыми организациями, установили, что кремнистые опоковидные породы могут являться подходящим сырьем для производства стеновой керамики [1–4].

Опоки являются плотными, но лёгкими тонкопористыми породами, которые состоят из мельчайших частиц кремнезёма. Их размер не превышает 0,005 мм. Максимальная пористость опок достигает 55 %, средняя же варьируется в пределах 30–40 %. Опоки отличаются средней плотностью от 1100 до 1600 кг/м<sup>3</sup>. Основной отличительной особенностью по сравнению с трепелами и диатомитами является больший объёмный вес и большая твёрдость. По составу и свойствам опоковидного сырья и трепелов существенной разницы не наблюдается. Однако их легко можно различить по размокаемости в воде: трепела легко в ней размокают, а опоки практически нет [5].

Стоит отметить, что правильнее будет говорить об опоковидных породах в целом, так как эта широкая группа пород содержит некоторые литологические особенности внутри себя, а также значительные различия по составу и свойствам. Существуют литологические подгруппы опоковидных пород: карбонатные, глинистые, карбонатно-глинистые и глинисто-карбонатные. Испытания свойств опоковидных пород в качестве

основы для изделий стеновой керамики показали, что лучшим для них является способ компрессионного формования [5, 6]. Главным преимуществом данной технологии является низкая себестоимость готового кирпича в сравнении с пластическим способом производства.

Процесс прессования при производстве кирпича играет определяющую роль в качестве готового изделия. Если на этом этапе были допущены технологические ошибки и образовались такие дефекты, как различные трещины и недопрессовка, то характеристики готового изделия значительно снижаются, что влечет за собой и обесценивание положительных свойств исходного сырья. Проводимые авторами исследования показали, что глинистые порошки по своим свойствам значительно отличаются от порошков опоковидных пород, что связано со значительной микропористостью сырья. Для того чтобы определить наиболее оптимальные параметры процесса прессования, исследовали опоковидные породы более десяти литологических разновидностей, отобранных на месторождениях Юга России и Поволжье [7]. Методом двухстороннего прессования формовали образцы размерами 50×50×50 мм и стандартные изделия с размерами 250×120×65 мм.

Анализ химического состава различных разновидностей опок показал, что среднее содержание SiO<sub>2</sub> в “нормальных” опоках составляет около 82,9%; Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – 5,7 %; Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> + FeO – 3,7 %; K<sub>2</sub>O – 1,5 %, а содержание таких соединений как оксиды кальция, магния, натрия, серы и титана не превышают 1 % от общей массы. В глинистых опоках содержание кремнезема в среднем составляет 71,5 %; оксида алюминия около 12,2 %, железа – 4,3 %, кальция – около 2 %, калия – 1,9 %, остальные оксиды также не превышают 1 %. Что касается карбонатных опок, то здесь содержание кремнезема самое минимальное – около 60,2 %, но больше оксидов кальция – 12,7 %. Содержание оксида алюминия составляет всего около 6,4 %, оксида железа – 3,4 %, оксида магния – 2,1 %, а остальных соединений – не более 1 % [8]. Зерновой состав исследуемых подготовленных измельченных проб опоковидных пород представлен в таблице 1.

Таблица 1 – Зерновой состав отобранных проб

Содержание фракций, мм, в %				
2,5–1,25	1,25–0,63	0,63–0,315	0,315–0,16	Менее 0,16
10,8–13,2	16,4–18,6	18,1–20,7	13,1–15,9	35,7–37,5

Зависимости влияния давления прессования на плотность прессовок для разновлажных пресспорошков на основе малоглинистой “нормальной” некарбонатной опоки, глинистой и карбонатной опоки показаны на рисунках 1–3. Заметим, что плотность прессовок приведена в пересчете на твердую фазу. Такое представление более удобно для исследования и наглядно представляет истинную уплотняемость порошков, т. к. влага находится в порах материала. Для “нормальных” опок показатель объёмной массы в среднем составляет 1,2–1,4 г/см<sup>3</sup>, для глинистых – 1,5–1,6 г/см<sup>3</sup>, для карбонатных – 1,4–1,6 г/см<sup>3</sup>. Показатели истинной плотности опоковидных пород варьируются в интервалах от 2,30 до 2,50 г/см<sup>3</sup> [9, 10].

Испытания по определению характерных особенностей прессования опоковидных пород показали следующее:

1. Пресспорошки на основе опок обладают более широким интервалом формовочной влажности, чем глинистые порошки. В среднем, у “нормальных” опок она составляет 10–30 %, у глинистых опок – 12–24 %, а у карбонатных – 10–20 %. Эти данные существенно облегчают определение нужных параметров влажности и давления прессования для производства бездефектных изделий.
2. Максимальной уплотняемости в пересчёте на твердую фазу образцы достигают при определенной влажности. Для “нормальных” опок она составляет около 20 %, для глинистых – от 10 до 15 %, а для карбонатных – варьируется в интервале от 12 до 15 %. Также было установлено, что при наибольшей уплотняемости получается и наибольшая прочность прессовок, и прочность обожженных образцов (рисунок 4). Также небольшое уплотнение образцов наблюдается за счет воздушной усадки, если первоначально была повышенная влажность.
3. При давлении прессования 15–30 МПа (зависит от вида опоки и влажности формования) плотность самих прессовок превышает среднюю плотность сырья в куске. Это происходит, потому что разрушаются первичные зерна исходного порошка. В связи с этим, появляется негативное влияние упругих деформаций. Они возникают по многим причинам, в том числе и за счёт присутствия в опоках слюдястых минералов, которые как-бы высвобождаются при разрушении первичных зёрен.
4. Процесс прессования порошков с более высокой влажностью (для “нормальных” опок – это 25–30 %, а глинистых и карбонатных – более

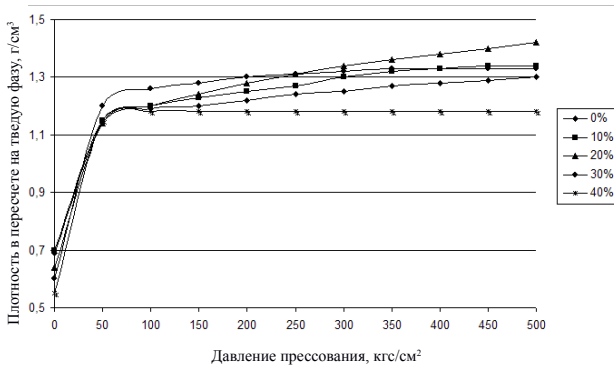


Рисунок 1 – Зависимость плотности прессовок от давления прессования для порошков различной влажности на основе “нормальной” опоки

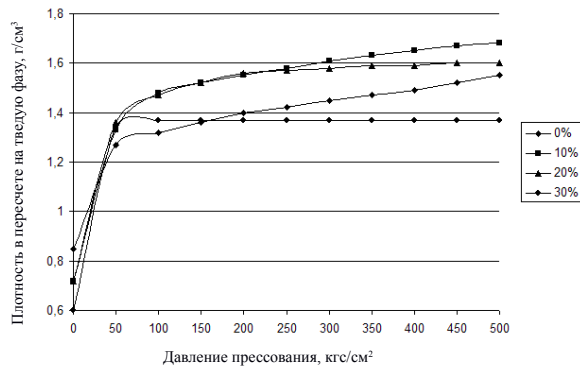


Рисунок 2 – Зависимость плотности прессовок от давления прессования для порошков различной влажности на основе глинистой опоки

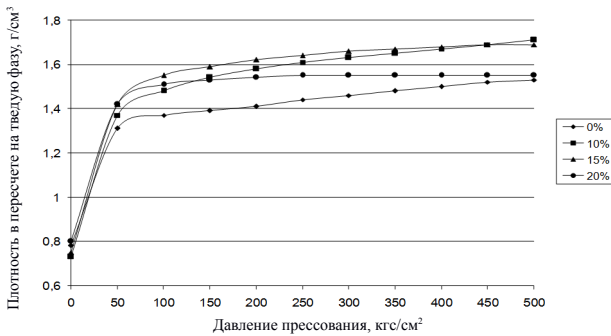


Рисунок 3 – Зависимость плотности прессовок от давления прессования для порошков различной влажности на основе карбонатной опоки

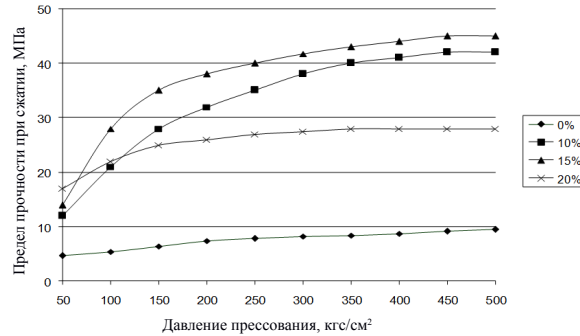


Рисунок 4 – Зависимость предела прочности при сжатии обожженных образцов от давления прессования для порошков различной влажности на основе карбонатной опоки ( $T_{обж} = 1060 \text{ }^{\circ}\text{C}$ )

16–20 %) и давлением свыше 15 МПа, приводит к рискам образования трещин разрыва. В таком случае этот процесс должен быть рассмотрен как жёсткое пластическое формование. Но как показали испытания, именно при таких условиях из некоторых видов опок получается бездефектный кирпич.

5. Эксперименты по получению фигурного кирпича показали, что для получения равноплотных прессовок необходима повышенная влажность пресспорошка. При экспериментах по вводу поверхностно-активных веществ в количестве до 1,5 % были замечены хорошие результаты уплотняемости порошков, но ввод таких веществ эффективен лишь при определенном интервале влажности, который определяется индивидуально для каждого вида опоквидных пород.
6. Прессование порошков с влажностью, ниже нормальной, приводит к образованию выпрес-

совочных трещин, которые появляются из-за напряжений при взаимодействии с прессформой при ее выталкивании.

7. Прессование порошков с влажностью, ниже формовочной, может сопровождаться разноплотностью прессовки до 4–6 %. Данный факт ухудшает физико-механические свойства изделий даже при отсутствии явных дефектов.

Таким образом, установлено, что процесс прессования пресспорошков на основе опоквидных пород имеет ряд особенностей, отличных от глинистого сырья. Основными факторами, влияющими на качество прессовок, являются формовочная влажность (для каждого вида опоки разная) и давление прессования. Для производства керамических изделий на основе опок наиболее подходящим методом является компрессионное формование [3, 4, 11]. Ввиду широкой распространенности данного вида сырья, можно говорить о значительном снижении себестоимости готовой продукции.

*Литература*

1. *Котляр В.Д.* Опал-кристаллитовые породы (опоки) – как новый вид сырья для керамики / В.Д. Котляр // Известия вузов. Северо-Кавказский регион. 1995. № 2. С. 47–48.
2. *Котляр В.Д.* Перспективные направления использования кремнистых пород Нижнего Дона в производстве строительных материалов / В.Д. Котляр, Б.В. Талпа // Строительный комплекс ЮФО. 2006. № 45 [351]. С. 8.
3. *Котляр В.Д.* Технологическая линия для производства керамических материалов на основе кремнистых пород / В.Д. Котляр // Патент КР № 64559, подача заявки: 10.07.06, опубли. в бюлл. № 19. 2007.
4. *Котляр В.Д.* Опоки – перспективное сырье для стеновой керамики / В.Д. Котляр, Б.В. Талпа // Строительные материалы. 2007. № 2. С. 31–33.
5. *Котляр В.Д.* Влияние влажности пресспорошка и давления прессования на прочность отформованных изделий на основе опоковидных пород / В.Д. Котляр, Я.В. Лазарева, Г.А. Козлов, К.А. Лапунова // Актуальные вопросы современного строительства промышленных регионов России: тр. всерос. науч.-практ. конф. Новокузнецк: Сиб-ГИУ, 2016. С. 44–49.
6. *Котляр В.Д.* Вещественный состав и дообжиговые керамические свойства глинистых опок / В.Д. Котляр, Д.И. Братский, А.В. Устинов // Инженерный вестник Дона. 2010. № 4.
7. *Котляр В.Д.* Опоковидные породы юга России и перспективные направления их использования в производстве строительных материалов / В.Д. Котляр, Ю.В. Терехина, А.В. Котляр, С.И. Шека // Новые технологии. 2012. № 4. С. 24.
8. *Божко Ю.А.* Стеновые керамические изделия на основе опок и отходов углеобогащения / Ю.А. Божко, М.В. Рогочая, В.Д. Котляр // Теория и практика повышения эффективности строительных материалов: материалы XI междунар. конф. молодых ученых. Пенза: ПГУАС, 2016. С. 157–159.
9. *Котляр В.Д.* Перспективы производства фигурного керамического кирпича на основе опок / В.Д. Котляр, К.А. Лапунова, Ю.В. Терехина // Инженерный вестник Дона. 2012. № 3 (21). С. 596–599.
10. *Котляр В.Д.* Изделия стеновой керамики на основе опок и угольных шламов / В.Д. Котляр, Г.А. Козлов, К.А. Лапунова // Procedia Engineering. 2016. № 150. С. 1452–1460.
11. *Котляр В.Д.* Особенности физико-химических преобразований при обжиге опоковидного сырья / В.Д. Котляр, К.А. Лапунова // Строительные материалы. 2016. № 5. С. 40–42.