

РЕОЛОГИЯ ВЫСОКОКОНЦЕНТРИРОВАННЫХ ДИСПЕРСНЫХ СИСТЕМ, ПРЕДНАЗНАЧЕННЫХ ДЛЯ ФОРМОВАНИЯ РАДИАЛЬНЫМ ПРЕССОВАНИЕМ ТРУБЧАТЫХ ДЛИННОМЕРНЫХ ЗАГОТОВОК НА ОСНОВЕ АЛЮМОСИЛИКАТОВ

АЗАРОВ С.М.¹, ПЕТЮШИК Е.Е.², АЗАРОВА Т.А.¹, РАТЬКО А.И.¹,
ИВАНЕЦ А.И.¹, ШЕМЧЕНОК С.В.¹, БАСАРАНОВИЧ А.В.³,
ЕВТУХОВ К.С.³

¹*Институт общей и неорганической химии НАН Беларуси, г. Минск,
Беларусь, тел.: (+375 17) 284-10-06, e-mail: azarov@igic.bas-net.by*

²*Государственное научно-производственное объединение
порошковой металлургии, г. Минск, Беларусь*

³*Белорусский национальный технический университет*

Работа посвящена вопросам физико-химической механики применительно к формовочным массам для радиального прессования заготовок на основе хрупких несжимаемых частиц, к которым относятся силикатные и алюмосиликатные порошки. Исследованиями по формованию крупнодисперсных порошков силикатов и алюмосиликатов установлено, что шихта из таких порошков практически не формируется по любому из разработанных в настоящее время вариантов технологий прессования. Причину плохой формируемости силикатных и алюмосиликатных порошков обуславливает малая пластичность материала и специфическая осколочная (алюмосиликаты) или близкая к сферической (силикаты) форма частиц с гладкими гранями. Поэтому для формования приготавливались варианты шихты из алюмосиликатных или кремнеземных частиц с органическим порообразователем, связкой в жидкообразном состоянии, отошающих добавок и ПАВ. Проведенные эксперименты по прессованию позволили установить, что уже при относительно невысоком уровне давления (40 МПа) происходит активная структурная деформация прессовки с взаимным перераспределением компонентов шихты. Процесс сопровождается принудительным плакированием крупнодисперсных частиц (дисперсной фазы) связующим компонентом с порообразователем (дисперсионная среда). При этом свойства сформованной заготовки существенно зависят от качества приготовления шихты. Нарушение равномерности распределения компонентов шихты, их соотношения при приготовлении образцов ровно, как и не соблюдение технологических параметров при

радиальном прессовании приводит к существенному ухудшению технологических свойств сформованной заготовки, и, как следствие, к ухудшению прочности спеченного пористого материала.

Опыт работы с дисперсными системами показывает, что вопросы регулирования физико-механических свойств таких композиций представляют весьма трудную задачу. Это связано, прежде всего, с тем, что дисперсная фаза имеет сложный химический состав. Кроме того, используемое сырье одного и того же химического состава, но взятое из разных источников, может существенно отличаться по физико-химическим свойствам. Всё это в полной мере относится и к исследуемым материалам. Поэтому сделана попытка на основании положений физико-химической механики проанализировать способы управления свойствами шихты и сформулировать требования, которым должны отвечать массы для радиального прессования заготовок, используемых при получении пористых проницаемых изделий.

В проведенных исследованиях для радиального прессования использовали системы с концентрацией дисперсной фазы от 75 до 60 мас.%. Высокое содержание дисперсной фазы позволяет априори утверждать, что в формовочных массах для радиального прессования пористых материалов образуется коагуляционная структура. Следовательно, формовочные массы можно классифицироваться как твёрдообразные вязкопластичные жидкости, обладающие в разной степени свойствами твёрдого и жидкого тел [1].

По характеру связей коагуляционная структура в исходной шихте обусловлена межмолекулярным сцеплением беспорядочно расположенных коллоидных частиц (в пасте или суспензии), которая в свою очередь заполняет пространство между крупными частицами дисперсной фазы. Коагуляционные структуры обладают вязко-пластичными и эластическими свойствами. Последние определяются не свойствами частиц дисперсной фазы, образующих структуру, а характером и особенностями коагуляционных связей, образующих пространственный каркас. Это объясняется тем, что в коагуляционной структуре частицы связаны между собой ван-дер-ваальсовскими силами через тонкие прослойки дисперсионной среды. Наличие последней облегчает процесс уплотнения, а также процесс перехода от коагуляционной к жестко структурированной структуре в процессе сушки. Постепенное удаление воды с достаточно протяженных контактных

границ обеспечивает сближение частиц по этим поверхностям и вызывает значительное повышение прочности материала. Устойчивые жидкие прослойки в местах коагуляционного сцепления (в виде жидкостной смазки) обеспечивают полную обратимость сцепления и подвижность связи, что и обуславливает высокую эластичность формовочной массы. Образование коагуляционных структур подчиняется определённым закономерностям, одна из которых заключается в том, что образующаяся коагуляционная структура стремится к наиболее возможной прочности и устойчивости [2].

Из-за полидисперсности исследуемых формовочных масс для получения пористых материалов радиальным прессованием, важное значение приобретает вопрос о взаимодействии частиц с существенно различными размерами. При равномерном распределении разнородных частиц в системе вероятность их взаимодействия больше вероятности взаимодействия однородных частиц. В результате блокирования поверхности крупных частиц мелкими образовавшаяся система окажется устойчивой к механическому разрушению до определенного уровня давления прессования.

Одним из факторов, влияющих на процессы структурообразования в дисперсных системах, является взаимодействие дисперсной фазы с дисперсионной средой. В нашем случае дисперсионная среда - это суспензия органического порообразователя с различного рода пластифицирующими связками на основе водного раствора. Вопросы механизма взаимодействия молекул воды с поверхностью твёрдых частиц в дисперсных системах наиболее детально исследованы применительно к глинам и глинистым грунтам [3-6]. Одним из действенных способов управления свойствами шихты является использование поверхностно-активных веществ [7, 8]. Сорбируясь на поверхности частиц и создавая вокруг нее гелеобразную оболочку, ПАВ качественно изменяет характер контактов, дополнительно усиливая гидрофильность поверхности. Сорбированные молекулы ПАВ принимают участие в образовании коагуляционных связей, соединяющих пространственной структурной сеткой крупнодисперсные частицы алюмосиликата (силиката), органического порообразователя. Явное преобладание коагуляционных связей с увеличением содержания ПАВ, контактирование не непосредственно поверхностей частиц, а сорбционных оболочек ПАВ, делает структуру массы более подвижной и легко деформируемой, о чём

свидетельствуют уменьшение значений модулей упругости и эластичности, а также снижение вязкости шихты. Эластичность может повышаться в 2,5-3 раза, а пластичность почти в 10 раз. Причём при содержании ПАВ менее 0,3 мас.% не наблюдается значительного прироста доли пластических деформаций. Увеличение содержания ПАВ свыше 0,5 мас.% ведёт к увеличению пластической деформации при заданном уровне нагружения формовочной массы. Экстремумы пластичности при увеличении количества ПАВ были обнаружены и рядом других авторов при исследовании зависимостей эффективной вязкости суспензий на основе Al_2O_3 от содержания ПАВ [7-11]. ПАВ облегчает процесс смачивания, образуя адсорбционный слой на поверхности крупнодисперсных частиц, придавая тем самым необходимые гидрофильные свойства. По адсорбционному слою жидкость растекается значительно легче и смачивает материал. Таким образом, процесс смачивания ПАВ способствует образованию и гидрофилизирующих пленок. Поэтому в процессах структурообразования поверхностно-активные вещества в виде добавок высокомолекулярных соединений интенсифицируют возникновение коагуляционной структуры и повышают начальную прочность формовочной массы. Отсутствие единой теории о взаимодействии в системе «твёрдая фаза – раствор высокомолекулярных соединений» привело к тому, что до сих пор подбор добавок ПАВ ведётся эмпирическим путём.

Формовочные массы для радиального прессования на основе силикатов и алюмосиликатов, обладая влажностью 5-15 мас.%, относятся к высококонцентрированным суспензиям. Следовательно, в них образуется коагуляционная структура за счёт сил взаимодействия между частицами, и, вместе с тем, присутствует жидкая среда в виде тончайших прослоек. Коагуляционная структура представляет собой пространственную сетку, прочность которой, однако, на несколько порядков ниже, чем прочность связей между частицами в твёрдой (кристаллизационной) структуре. В то же время коагуляционная структура несравнимо прочнее структур, образующихся в истинных жидкостях и коллоидных растворах. Таким образом, по своим механическим свойствам формовочные массы лежат между твёрдыми телами и жидкостями и, следовательно, обладают как свойствами жидкости, так и свойствами твёрдых тел (Неньютоновские жидкости). Поэтому формовочные массы для радиального прессования, являясь представителями высококонцентрированных

дисперсных систем, ведут себя и как твёрдообразные тела, и как жидкости в зависимости от характера приложенного давления. Причём переход от свойств жидкости к свойствам твёрдого происходит самопроизвольно и без изменения агрегатного состояния. Способы регулирования свойств формовочных масс применительно к технологии радиального прессования пористых материалов на основе силикатов и алюмосиликатов будут рассмотрены в дальнейшем.

Таким образом, на основании положений физико-химической механики проанализированы способы управления свойствами шихты для формования и сформулированы требования, которым должны отвечать формовочные массы для получения пористых проницаемых материалов на основе алюмосиликатов.

Литература:

1. Урьев Н.Б. Физико-химические основы технологии дисперсных систем и материалов. М.: Химия, 1988. 256 с.
2. Круглицкий Н.Н. Основы физико-химической механики: Ч. 2. Киев: Вища школа, 1976. 208 с.
3. Вода в дисперсных системах / Под ред. Б.В. Дерягина, Ф.Д. Овчаренко, Н.В. Чураева. М.: Химия, 1986. 286 с.
4. Поверхностные плёнки воды в дисперсных структурах / Под ред. Е.Д. Шукина. М.: Изд-во Моск. гос. ун-та, 1988. 279 с.
5. Тарасевич Ю.И., Овчаренко Ф.Д. Адсорбенты, их получение, свойства и применение. Л.: Наука, 1978. 186 с.
6. Тарасевич Ю.И. Природные сорбенты в процессах очистки воды. Киев: Наукова думка, 1981. 207 с.
7. Злочевская Р.И. Связанная вода в глинистых грунтах. М.: Изд-во Моск. гос. ун-та, 1969. 175 с.
8. Kiratzisy N. E., Luckham P. F. The Rheology of Aqueous Alumina Suspensions in the Presence of Hydroxyethylcellulose as Binder // J. European Ceramic Society. 1999. 19. P. 2605-2612.
9. Kiratzis N., Faers M., Luckham P. F. Depletion flocculation of particulate systems induced by hydroxyethylcellulose // Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects. 1999. 151. P. 461-471.
10. Khan A. U., Briscoe B. J., Luckham P. F. Interaction of binders with dispersant stabilised alumina suspensions // Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects. 2000. Vol. 161, 2. P. 243-257.
11. Briscoe B.J., Khan A.U., Luckham P. F. Optimization the Dispersion on an Alumina Suspension Using Commercial Polyvalet Electrolyte Dispersants // J. European Ceramic Society. 1998. 18. P. 2141-2147.