

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПОЛУЧЕНИЯ ПОРИСТОГО ЗАПОЛНИТЕЛЯ НА ОСНОВЕ ТЕХНОГЕННОГО СЫРЬЯ

А.А. СЕМКЕ, А.С. ПРИМАКОВ, О.В. КАЗЬМИНА

Национальный исследовательский Томский политехнический университет

E-mail: poltoranina@mail.ru

Предложена одностадийная технология получения пористого заполнителя, основанная на синтезе гидратированных полисиликатов из смеси кремнеземистого сырья с гидроксидом натрия. Опробованы шесть композиций пенообразующей смеси. Выбор исходного кремнеземистого сырья осуществляли с учетом ранее установленных требований: материал должен иметь высокую дисперсность (менее 100 мкм) и достаточное для стеклообразования количество оксида SiO₂ (не менее 70 мас. %) [1, 2]. Этим показателям отвечает природный трепел и отход металлургического производства – микрокремнезем. Трепел отличается от кондиционных кварцевых песков, используемых в стекловарении, пониженным содержанием стеклообразующего оксида SiO₂ и повышенным содержанием Al₂O₃, Fe₂O₃. Микрокремнезем соответствует марке песка, который используют для производства пеностекла, стеклотары, изоляторов, труб (табл. 1).

Таблица 1– Химический состав кремнеземистых компонентов

Наименование материала	Содержание оксидов, мас. %					
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	Δm _{пр.}
трепел	76,16	7,52	4,10	1,05	0,75	8,73
микрокремнезем	91,70	0,50	0,40	1,20	-	2,00

Установлено, что природный трепел содержит крупнозернистые частицы, представленные глинистыми агрегатами в количестве 3 – 7 мас %, поэтому материал предварительно сушили и измельчали в шаровой мельнице. Микрокремнезем представлен в основном частицами размером менее 0,5 мкм и не требует дополнительной подготовки. По минералогическому составу трепел представляет собой аморфно-кристаллическое сырье. На рентгенограмме присутствует небольшое аморфное гало и максимумы отражения, отвечающие кремнезему различных модификаций, а также незначительные дифракционные максимумы характерные для альбита. Микрокремнезем является рентгеноаморфным материалом.

Способ получения заполнителя включает смешивание трепела с микрокремнеземом, с последующим добавлением 45 % раствора NaOH в количестве 23 мас. %, в течение двух минут, после чего в гранулятор подавали воду в количестве 7 мас. %, снижали число оборотов вращения и гранулировали еще две минуты. Использование 45 % раствора щелочи в количестве 23 мас. % соответствует минимально возможному содержанию в смеси гидроксида натрия – 10,5 мас. %. Таким образом, эксперименты проводили на составах с минимальным количеством щелочи, которую вводили в смесь через раствор, что обеспечивало более полное протекание реакций силикатообразования в каждой грануле.

Полученные сырьевые гранулы высушивали при температуре 200 °С до конечной влажности менее 1,5 %. Требование ограничения влажности гранул связано с последующим процессом вспенивания. Повышенное содержание воды приводит к неоднородной структуре вспененных материалов, наличию крупных полостей, что сказывается на прочности готового пористого материала. По данным рентгенофазового анализа установлено, что на рентгенограммах, высушенных (до 200 °С) гранул всех составов, присутствуют максимумы отражения, отвечающие силикату натрия. С увеличением в шихте микрокремнезема интенсивность дифракционного максимума дисиликата растет, что указывает на более интенсивное развитие процессов силикатообразования. На рентгенограмме высушенной гранулы, полученной из шихты без микрокремнезема, наблюдаются дифракционные максимумы, отвечающие кварцу и два незначительных рефлекса, характерные для дисиликата натрия. При добавлении в исходную шихту микрокремнезема интенсивность максимального

рефлекса, отвечающего кварцу, снижается, появляются новые рефлексы, соответствующие дисиликату натрия, а также аморфное гало большей площади.

Вспенивание смеси осуществлялось при относительно низких температурах (830-850°C). Количественный рентгенофазовый анализ заполнителя показал, что количество стеклофазы в готовом продукте зависит от содержания в исходной шихте микрокремнезема. С увеличением микрокремнезема от 10 до 20 %, содержание стеклофазы увеличивается с 74 % до 78 % соответственно (табл. 2). Количество микрокремнезема в исходной шихте 30 % приводит к уменьшению стеклофазы до 64 %, а при содержании микрокремнезема 40 и 50 % количество стеклофазы увеличивается до 69 %. Различное содержание стеклофазы в готовом продукте объясняется процессами кристаллизации стекла, протекающими на стадии вспенивания гранул. На рентгенограммах всех образцов присутствуют максимумы отражения, отвечающие кварцу, и появляются новые максимумы отражения, соответствующие кристобалиту. С увеличением в шихте микрокремнезема интенсивность максимумов кристобалита повышается. При условии, что новообразования не являются центрами напряжений, кристаллизационные процессы должны увеличивать прочность готового материала.

Значения прочности гранулированного материала показали следующее. С увеличением содержания в шихте микрокремнезема до 30 % механическая прочность гранул увеличивается до 3,9 МПа, свыше этого количества прочность снижается до 3,3 МПа, но превышает прочность пеностекла без добавок микрокремнезема 1,5 МПа. Прочность материала зависит не только от количества кристаллической фазы в нем, но и от соотношения остаточного кварца и образующегося кристобалита. С увеличением содержания в шихте микрокремнезема интенсивность максимума отражения кристобалита растет, а интенсивность кварца уменьшается. Для образца с микрокремнеземом в количестве 30 % наблюдается одинаковая интенсивность максимумов отражения кварца и кристобалита. Именно эти образцы отличаются повышенной механической прочностью, что обусловлено как растворением остаточного кварца в расплаве, так и кристаллизацией кристобалита.

Таблица 2 – Свойства заполнителя в зависимости от содержания микрокремнезема в шихте

содержание микрокремнезема, %	температура вспенивания, оС	средняя плотность гранул, кг/м ³	водопоглощение, %	прочность на сжатие, МПа	содержание в заполнителе фазы, %	
					стекло	кристал.
0	860	420	7.2	1.5	71	29
10	860	415	8.2	2.8	74	26
20	840	400	8.2	3.3	78	22
30	820	380	8.3	3.9	64	36
40	820	375	8.4	3.3	69	31
50	820	375	8.5	3.3	70	30

Таким образом, на основе природного и техногенного кремнеземистого сырья получен пористый заполнитель по одностадийной технологии. Роль микрокремнезема заключается в образовании силикатного стекла, что не наблюдается без его участия. Эти исследования показали возможность снижения количества щелочи и использования в качестве одного из компонентов шихты отхода, что позволяет снизить стоимость технологического процесса.

Список литературы

1. O. Kazmina, V. Vereshchagin, Physicochemical Modeling of Composition of Foam Glass-Crystal Materials, J. Glass Phys. Chem. 41 (2015) 122–126.
2. O. Kazmina, V. Vereshchagin, A. Abiyaka, Prospects for use of finely disperse quartz sands in production of foam-glass crystalline materials, Glass and Ceramics (English translation of Steklo i Keramika). 65 (9-10) (2008) 319–321.