

## ВЛИЯНИЕ НЕКОТОРЫХ ФАКТОРОВ НА ПРОЧНОСТЬ СТЕКЛОКЕРАМИЧЕСКИХ ПРОПАНТОВ

Ларионов П.С., Павлюкевич Ю.Г., Каврус И.В.

Белорусский государственный технологический университет, Минск  
*munoktium@outlook.com, pavliukevitch.vura@vandex.ru, kavrus@belstu.by*

Пропанты представляют собой узкофракционный гранулообразный материал, применяющийся для интенсификации нефте- и газодобычи методом гидравлического разрыва пласта. Основными свойствами пропантов являются сферичность, округлость, механическая прочность при сжатии, кислотостойкость. Одним из наиболее важных физико-химических свойств для пропантов является механическая прочность при сжатии, по которой пропанты классифицируются на среднечные (выдерживающие пластовые давления до 69 МПа) и высокопрочные (пластовые давления до 100 МПа). С увеличением глубины залегания нефти и газа пластовое давление возрастает приблизительно на 19 МПа на 1000 м.

В настоящее время пропанты синтезируют по керамической технологии из магнезиально-кварцевых и алюмосиликатных масс. Перспективным материалом для получения пропантов является стеклокерамика пироксенового состава, характеризующаяся высокой механической прочностью и кислотостойкостью. Кроме того, использование стеклокерамических материалов позволит повысить сферичность и округлость пропантов благодаря их синтезу методом диспергирования расплава.

Одним из преимуществ пироксеновых твердых растворов является возможность их синтеза из доступного петруггического сырья – базальты, диабазы, гранитоиды и др.

Синтез и исследование стеклокерамических пропантов проводился в системе MgO–CaO–SiO<sub>2</sub> в области кристаллизации пироксеновых твердых растворов с дополнительным введением R<sub>2</sub>O (K<sub>2</sub>O+Na<sub>2</sub>O), Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, TiO<sub>2</sub>. В качестве основного сырьевого материала использовались гранитоидные отсевы Микашевичского месторождения (г. Микашевичи, Беларусь), образующихся при получении дорожного камня на предприятии РУПП «Гранит». Синтезированные стеклокерамические пропанты характеризуются сферичностью и округлостью – 0,97 усл. ед., механической прочностью при сжатии – 500–550 МПа, растворимостью в смеси HCl и HF – 8 %.

Существенным преимуществом пироксенов является их широкий изоморфизм, в результате которого образуется ряд непрерывных твердых растворов, что позволяет получать высокопрочные материалы за счет образования единственной кристаллической фазы.

При моделировании изменений, происходящих в элементарной ячейке в результате изоморфных замещений в ряду диоксид-авгит, установлено, что авгит характеризуется меньшими длинами связей Si–O, Ca–O, Mg–O по сравнению с диоксидом. Кроме того, в авгите образуются дополнительные связи между Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, Fe<sup>2+</sup>, Fe<sup>3+</sup>, Al<sup>3+</sup>, Ti<sup>4+</sup> и кислородом. Указанные особенности элементарной ячейки авгита обеспечивают более высокую механическую прочность материала по сравнению с диоксидом.

Механизм кристаллизации исследованной стеклокерамики заключается в образовании сферических сростков пироксенового твердого раствора на кристаллах хромшпинелидов, выступающих в роли инициатора кристаллизации. Такая особенность структуры позволяет обеспечивать повышение механической прочности стеклокерамики за счет равномерного распределения нагрузок при ее нагружении.

Таким образом, увеличение количества связей в кристаллической решетке авгита по сравнению с диоксидом наряду со снижением их длины, а также особенности механизма кристаллизации пироксенов и наличие единственной кристаллической фазы позволяют получить высокопрочные стеклокерамические пропанты пироксенового состава, удовлетворяющие всем требованиям, предъявляемым к пропантам.