УДК: 666.96.12

Мурзак М.С.[1], Собченко В.В.[2], Степанюк А.Р.[1]

[1] - Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», м. Київ

[2] - Інститут газу Національної академії наук України, м. Київ

ДОСЛІДЖЕННЯ РЕОЛОГІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ГІДРОСИЛІКАТНОГО МАТЕРІАЛУ

Проведено дослідження реологічних властивостей гідросилікату на капілярному віскозиметрі типу ПТР-3. Наведено результати дослідження реологічних властивостей гідросилікату при температурі їх плавлення, що є необхідною умовою для проведення процесу спучування при одержанні штучних пористих заповнювачів.

Проведено исследование реологических свойств гидросиликата на капиллярном вискозиметре типа ПТР-3. Приведены результаты исследования реологических свойств гидросиликата при температуре их плавления, что является необходимым условием для проведения процесса вспучивания при получении искусственных пористых заполнителей.

Investigation of the rheological properties of hydrosilicate on a capillary viscosimeter of the IFM-3 type was conducted. The results of the investigating rheological properties of hydrosilicate during their melting of temperature, which is a necessary condition for carrying the arching of process during of the production of artificial porous aggregates are shown.

Умовні позначення

ПТР – показник текучості розплавів термопластів

Q – об’ємна продуктивність

$T_{Ш}$ – температура матеріалу

P_L – тиск на вимірювальному циліндрі

τ_R – напруга зсуву

$\dot{\gamma}$ – швидкість зсуву

Нижні індекси:

Ш – шар матеріалу

L – довжина капіляра

Водорозчинні силікати лужних металів відносяться до неорганічних полімерів, які широко використовуються у будівельній індустрії. Їх отримання не пов'язане з використанням дефіцитної сировини, вони не токсичні та не горючі. В Україні у багатьох регіонах існують родовища порід, що містять аморфний кремнезем, який взаємодіє з лугами і є гарантією мінімальних енергетичних затрат при одержанні низьководневих силікатів. Розповсюдженість природних покладів кремнеземистих порід, дешева та екологічно чиста сировина є вагомим аргументом для подальших досліджень, розробки і впровадження нових технологій виробництва теплоізоляційних пористих матеріалів на основі гідросилікатів [1].

Лужно-силікатні сировинні суміші у поєднанні з високоефективними наповнювачами дозволяють створювати пористі теплоізоляційні матеріали, що мають унікальні властивості: тверду пористу структуру, задані геометричні розміри і форми, низький коефіцієнт теплопровідності, негорючість, високу технологічність, екологічність при порівняно низькій собівартості.

Виробництво більшості пористих теплоізоляційних будівельних матеріалів пов'язано з великими витратами теплової та електричної енергії, що призводить до подорожчання продукції. Виробництво матеріалу на базі гідросилікатів натрію, що готуються з порід, що вміщують аморфний кремнезем, є енерго- та ресурсозберігаючим. Дослідження в області отримання таких матеріалів спрямовані на покращення їх теплофізичних і конструктивних властивостей.

Для теплоізоляційних матеріалів, залежно від внутрішньої геометричної будови та температури застосування, існують оптимальні значення пористості і питомої кількості пор, при яких досягається найбільший ефект зниження інтенсивності передачі теплоти. В свою чергу, структура одержаного матеріалу функціонально пов'язана з методами спучення та технологічними режимами.

Встановлено [2], що при нагріванні рідке скло втрачає вологу, збільшує свою в'язкість і твердне при вмісті води 30-35%. Ефект твердіння рідкого скла при пониженні вмісту води пов'язаний з проявом коагуляції. Нагрівання при температурі понад 100°C супроводжується переходом рідкого скла в піропластичний стан, яке забезпечує формування еластичних плівкових структур, напівпроникних для парів води, що ускладнюють їх швидку фільтрацію. В результаті випаровування води піропластична маса рідкого скла спучується. Цей процес протікає як при температурі 200-300°C, коли сировинна суміш втрачає більшу частину води, так і при більш високій, коли із суміші видаляється кристалізаційна і конституційна вода. У цих умовах плівкова структура переходить в стадію затвердіння.

Основною необхідною характеристикою при процесі спучування і утворенні пористих сферичних гранул із безформних частинок є в'язкість поверхні матеріалу при температурі плавлення. При попередній підсушці безформних частинок гідросилікатного матеріалу теплоносієм з температурою 100-120ºС спостерігається активне газоутворення, якому сприяє наявність гідратної води. При цьому в'язкість матеріалу підвищується, врівноважуючи тиск газу в частинках. Інтенсивність процесу газоутворення регулюється температурою і часом дії теплоносія. У результаті, внутрішні поверхні газових осередків стабілізуються поверхневими силами і тиском усередині пори, а зовнішні поверхні частинок ─ покриваються суцільною плівкою.

Час температурної дії визначає як структурні характеристики (пористість і розмір пор), так і міцністні властивості матеріалу і його термостійкість. Зі збільшенням тривалості та інтенсивності температурної дії погіршуються міцністні характеристики матеріалу, збільшується пористість, але в той же час зменшується теплопровідність.

Низьководневі силікати натрію, які являть собою крихку і легко подрібнювальну масу, плавляться навіть при адсорбції вологи повітря. Адже гелі SiO_2 володіють пористою будовою, і при переході золю в гель захоплюється значна кількість рідкої фази. Лише при зневодненні гелів SiO_2 спостерігається поступове видалення рідкої фази [3]. Слід розрізняти два етапи розм'якшення: умовне та фактичне плавлення. Перший етап в'язкої плинності (умовне плавлення) обумовлений адсорбцією вологи повітря. Другий етап пов'язаний з наявністю в системі хімічно зв'язаної вологи, що забезпечує реальне плавлення матеріалу при температурі більше 100ºС. Часткове розм'якшення матеріалу спостерігається при його зменшенні в об'ємі за рахунок плавлення кристалогідрату. У цілому, в'язкий стан спостерігається до температури 220-240ºС.

Спостерігалось два ендоефекти при диференційно-термічному аналізі матеріалу, які пояснюються втратою адсорбованої води та кристалогідратної [3]. При цьому процес втрати хімічно зв'язаної води завершується при температурах, які фіксувались як граничні в'язкоплинного стану матеріалу. Таким чином здійснюється неодмінна умова проведення процесу спучування.

Дослідження проводились на капілярному віскозиметрі типу ПТР-3 в НТУУ "КПІ ім. І. Сікорського" на кафедрі МАХНВ, ІХФ [4]. Визначення в'язкості гідросилікатного матеріалу проводилось при температурі 105ºС, що є температурою, близькою до температури плавлення гідросилікатних матеріалів.

1. Технічна характеристика приладу ПТР-3

Розміри робочого комплекту деталей: діаметр каналу 9,54±0,016 мм; діаметр поршня 9,48±0,010 мм; сопло 1, 2 – внутрішній діаметр $d_{1,2}$=3,0±0,005 мм; довжина

$L_{1,2}$=8,0±0,025 мм;

2. Набір вантажів: 0,96; 1,62; 3,8; 5,0 і 6,5 кг, а також поршень з тримачем масою 1,2 кг.

3. Межі регулювання робочої температури 100...300°С±0,5°С.

Принцип дії приладу базується на вимірюванні об'ємної продуктивності розплаву крізь каліброване сопло за різних фіксованих значень тиску та температури. Прилад складається з двох блоків: вимірювального пристрою та автоматичного регулятора температури.

Схема приладу для вимірювання в'язкості зображена на рис. 1.

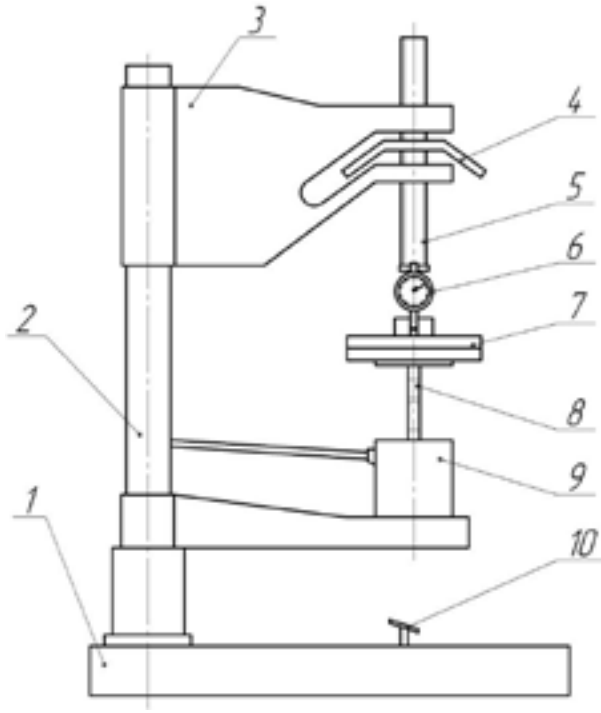

Рис. 1 — Схема приладу для вимірювання в'язкості:

1 – опорна плита; 2 – стійка; 3 – кронштейн; 4 – штурвал; 5 – гвинт; 6 – індикатор годинникового типу; 7 – вантаж; 8 – поршень з тримачем; 9 – вимірювальна головка; 10 – дзеркало.

Вимірювальний пристрій призначений для нагрівання і видавлювання матеріалу та для проведення замірів продуктивності. На опорній плиті 1 кріпиться колона 2, у верхній частині якої закріплено кронштейн 3, а в нижній – вимірювальна головка 9. На вільному кінці кронштейна 3 змонтовано видавлювальний пристрій, який складається з гвинта 5 і штурвала 4. При обертанні штурвала гвинт рухається поступально. Видавлювання матеріалу забезпечується поршнем з тримачем вантажів 8, на якому розташовують

вантажі 7 необхідної маси. Продуктивність матеріалу, що видавлюється крізь сопло, вимірюється переміщенням поршня індикатором годинникового типу 6, а час видавлювання – секундоміром. У вимірювальний комплект також входять мідні поршні для трамбування матеріалу та очищення каналу, ртутний скляний термометр, рівень для установки приладу у вертикальне положення. Температура в каналі регулюється автоматичним регулятором, змонтованим в окремому корпусі.

В результаті отримали такі показники. У таблиці 1 наведено результати обробки результатів вимірів.

Таблиця 1.

Дані обробки результатів вимірів

п/п	Кількість сопел, n	Маса вантажів, m, кг	$T_ш$, °C	$P_L \cdot 10^{-4}$, Па	τ_R, Па	$\dot{\gamma}$, c^{-1}
1	1	1,185	105	16	15000	0,377
		2,145		28	26250	0,755
		3,105		36	33750	1,13
2	2	4,725	105	40	37500	1,51
		5,675		45	42187	1,886
		6,345		50	56250	2,263

На основі експериментальних досліджень отримано залежність

$$\tau_R = F(\dot{\gamma}). \quad (1)$$

Тиск у вимірювальному циліндрі розраховувався за формулою

$$P = \frac{Mg}{F}, \quad (2)$$

де M - маса вантажів, кг,

$g = 9,81 \frac{м}{с^2}$ - прискорення вільного падіння,

F - площа поршня, $м^2$.

Об’ємна продуктивність розплаву,

$$Q = \frac{F \cdot h}{\tau}, \quad (3)$$

де h - висота опускання поршня, мм.

Після обробки результатів експериментальних даних було отримано рівняння залежності

$$y = 0,7962x + 10,345, \quad (4)$$

тобто

$$\tau = 10,345 \cdot \dot{\gamma}^{0,7962}. \quad (5)$$

Середньоквадратичне відхилення результатів апроксимації складає

$$R^2 = 0,982. \quad (6)$$

Висновки

На основі проведених експериментальних досліджень реологічних властивостей гідросилікатів отримана ступенева залежність напруження від швидкості зсуву.

Перелік посилань

1. Мурзак М.С. Перспективні шляхи створення високоякісних штучних пористих заповнювачів / М.С. Мурзак, В.В. Собченко // Збірник статей «Удосконалення процесів та обладнання харчових та хімічних виробництв». – 2016. - С. 234 - 236.

2. Рыжков И.В., Толстой В.С. Физико-химические основы формирования свойств смеси с жидким стеклом. – Харьков: Высшая школа, 1975. – 139 с.

3. Хвастухин Ю.И. Кремнезит — новый энерго- и ресурсосберегающий строительный материал / Ю.И. Хвастухин, И.А. Эйне // Экотехнологии и ресурсосбережение. – 2000. − № 5. − С. 13 - 18.

4. Швед М.П., Степанюк А.Р. Дослідження реологічних властивостей розплавів полімерів. Метод. вказівки. – Киев: НТУУ “КПІ”, 1997. – 16 с.