

Ahmadnia A. Tailoring the fire retardant performance of filled polymers using two-component processing technologies // Eurofillers 03. – Alicante (Spain), 2003. – P. 195–197. 8. Ермоленко Н.Н., Манченко З.Ф., Иволгин В., Титова Р.А., Григорьев В.М., Котов С.Г. О взаимосвязи свойств, химического состава и строения висмутосодержащих стекол // Стекло, ситаллы и силикатные материалы. – Минск, 1982. – С. 3–8.

УДК 666.94.015

І.В. Солоха, М.Г. Пона, І.В. Луцюк, Р.І. Семенен
Національний університет “Львівська політехніка”,
кафедра хімічної технології силікатів

ПІДВИЩЕННЯ МІЦНОСТІ КЕРАМЗИТОВОГО ГРАВІЮ РЕГУЛЮВАННЯМ ЙОГО НАПРУЖЕНОГО СТАНУ

© Солоха І.В., Пона М.Г., Луцюк І.В., Семенен Р.І., 2005

Досліджено фактори, які спричиняють напружений стан гранул керамзиту і можливість підвищення його міцності.

Factors, that cause the intense state of keramzite granules and possibility of increasing its durability were investigated.

Постановка проблеми і її зв'язок з важливими науковими завданнями. Міцність керамзитового гравію є важливою характеристикою, яка визначає експлуатаційні властивості будівельних виробів на його основі. Перспективним напрямком збільшення міцності керамзиту є спосіб направленої регулювання напружень у поверхневих та внутрішніх шарах гранул під час випалу, що може бути досягнуто формуванням заданої структури поверхневих і внутрішніх шарів гранул.

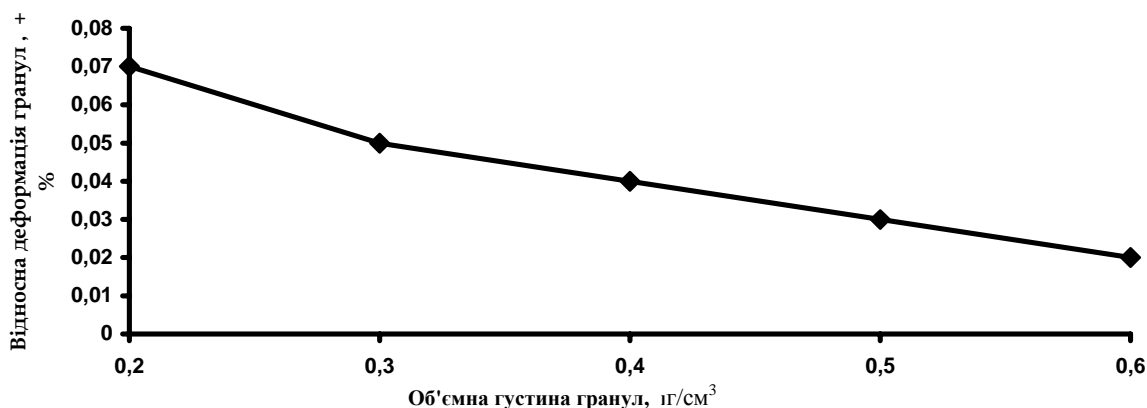
Аналіз останніх досліджень і публікацій. Технологія виробництва керамзитового гравію базується на короткотривалому випалі глиняних мас, режим якого забезпечує інтенсивне породоутворення гранул. При охолодженні керамзитового гравію в гранулах виникають значні напруження, які ведуть до утворення радіальних і концентричних тріщин, що приводить до зниження міцності і підвищення водопоглинання керамзиту [1]. За даними [2, 3] різке охолодження за температури трансформації сприяє зниженню деформативності гранул керамзиту і зменшенню показника повзучості бетону на його основі. Відомо, що міцність силікатних матеріалів можна значно підвищити направленим регулюванням їх напруженого стану [4]. Залежно від режиму охолодження в гранулах виникають залишкові напруження, величина і характер яких визначають деформативні і міцнісні властивості заповнювача.

Мета роботи. Вивчення факторів, які впливають на напружений стан гранул керамзиту, і розроблення способу підвищення міцності створенням у поверхневих шарах гранул залишкових стискальних напружень.

Результати досліджень. Вивчені фактори, які зумовлюють напружений стан гранул керамзиту різної густини, дозволили розробити спосіб підвищення його міцності зміною структури поверхневих шарів під час термообробки.

Сьогодні керамзитові заводи випускають керамзитовий гравій, у поверхневих шарах гранул якого створюються розтяжні напруження, які понижують міцність гранул. Технологія виробництва в заводських умовах керамзитового гравію з підвищеною міцністю створенням у поверхневих шарах гранул стискальних залишкових напружень не розроблена. Розробка такої технології стримується тим, що не повністю досліджені фактори, які визначають напружений стан керамзитових гранул із мас різного складу.

Для визначення залишкових напружень в гранулах керамзиту були відібрані гранули з коефіцієнтом форми, який дорівнює 1,5. Середні значення величини відносної деформації гранул після нанесення на них трьох кільцевих надрізів і при віддалі між реперами 16 мм наведено на рисунку.



Відносна деформація гранул керамзиту залежно від об'ємної густини

Із даних рисунка бачимо, що кільцеві надрізи порушують встановлену в гранулах рівновагу між залишковими напруженнями. Збільшення віддалі між реперами вказує на те, що зовнішні шари гранул із всіх мас знаходяться в напруженому розтягнутому стані, а ядро гранул – в стисненому стані. Значення відносної деформації взаємопов'язане із ступенем спучування гранул. Так, у разі зменшення об'ємної густини гранул в середньому в 1,2–4 рази відносна деформація збільшується в 1,6–3,5 рази. Враховуючи, що руйнування кераміки майже завжди починається внаслідок виникнення у поверхневих шарах матеріалу під дією зовнішніх навантажень розтяжних напружень, можна передбачити, що наявність у поверхневих шарах заповнювача залишкових розтяжних напружень приводить до зниження його міцності.

З метою в'яснення причин виникнення напружень розтягу в поверхневих шарах гранул були проведені комплексні дослідження структури і фазового складу поверхневих й внутрішніх шарів спучених гранул. За допомогою хімічного аналізу визначали вміст скловидної фази, нерозчиненого кварцу і оксидів FeO і Fe₂O₃. Одержані результати вказують, що поверхневі шари гранул керамзиту містять в основному Fe₂O₃, а внутрішні – FeO. Закисна форма оксиду заліза є активним топником, що зумовлює повніше освоєння кварцу та інших кристалічних фаз глинистої сировини розтопом під час випалу. Так, вміст нерозчиненого кварцу в поверхневих шарах в 1,5 рази менше ніж в поверхневих (див. таблицю).

Пошарове дослідження структури гранул керамзиту показало значну неоднорідність їх будови. Гранули мають зовнішню щільну оболонку червоно-вишневого кольору завтовшки 0,4–1,5 мм. Ядро гранул, в основному, зображено темно-сірим сильно пористим склом. Неоднорідність структури гранул по перерізу підтверджується результатами електронно-мікроскопічних досліджень і рентгенофазового аналізу. Ядра гранул подані склофазою із зародками мікролікваций, а новоутворена кристалічна фаза представлена шпінеллю, анортитом і коротко стовпчатими кристалами муліту. Для поверхневих шарів гранул характерна присутність шпінелі і в меншій кількості муліту. Кристалічну фазу, в основному, подано гематитом, отопленим кварцом, кристоболітом.

Неоднорідність гранул керамзиту по перерізу зумовлює різне значення теплового коефіцієнта лінійного розширення (ТКЛР) поверхневих та внутрішніх шарів гранул керамзиту. Для експериментального визначення ТКЛР були вирізані зразки з поверхневих і внутрішніх шарів гранул керамзиту із мас різного шихтового складу (див. таблицю) Із результатів досліджень видно, що поверхневі шари гранул керамзиту мають значно більше значення ТКЛР, ніж внутрішні. При цьому максимальне значення різниці теплового розширення поверхневих і внутрішніх шарів спостерігається в гранулах, одержаних із більш запісоченої городоцької глини і становить 13 %. Додаток до глини

сапонітової породи знижує абсолютні величини ТКЛР шарів гранул, але різниця в значеннях коефіцієнтів теплового розширення між ними зберігається і становить 9–10 %.

Для підвищення міцності керамзитового гравію необхідно технологічно провести спрямоване регулювання будови гранул по перерізу так, щоб досягнути меншого значення ТКЛР поверхневих шарів, ніж ядра гранули. Досягнення цієї умови забезпечить при охолодженні значніше зменшення об'єму ядра гранули, ніж поверхневих шарів, і знаходження їх в стані рівномірного стиску.

Склади мас і властивості поверхневих і внутрішніх шарів гранул керамзиту

№ маси	Вміст компонентів, мас. %			Вміст, мас. %		t спучування, °C	ТКЛР · 10 ⁻⁶ (20–600 °C)
	самбірська глина	городоцька глина	сапонітова порода	склофази	кварцу		
1	100	–	–	66,1*/75,7**	20,3*/14,5**	1150	7,31*/6,51**
2	–	100	–	62,3/72,0	23,1/18,5	1100	7,55/6,57
3	70	–	30	71,4/79,5	12,8/8,4	1150	5,08/4,65
4	–	70	30	68,6/77,8	14,0/10,2	1130	5,27/4,72

*Поверхневі шари (чисельник).

**Внутрішні шари (знаменник).

З метою регулювання структури, хімічного і фазового складів поверхневих шарів гранул їх модифікували сполуками LiOH, магнезиту, доломіту [5]. Гранули обробляли як глинистою суспензією з вмістом сполук літію і магнію, так і обпудрюванням їх доломітом під час спучування. Обробка гранул глинистою суспензією з вмістом магнезиту – 4 %, доломіту – 7 % і LiOH – 0,6 % підвищує міцність керамзиту в 1,3–2 рази. Обробка гранул з глинистих порід з підвищеним вмістом SiO₂ввл (городоцька глина) забезпечує підвищення міцності більшою мірою, ніж обробка гранул із менш запісочених мас. Дослідження оброблених поверхневих шарів гранул підтверджує утворення і зростання вмісту в них шпінелі, муліту, сподумену, при цьому більш інтенсивно розчиняється в розтопі кварц, на що вказує зменшення інтенсивності його ліній на дифрактограмах. ТКЛР поверхневих шарів гранул після обробки є на 2–7 % меншим ТКЛР ядра гранули, що забезпечує знаходження поверхневих шарів у стані стиску.

Висновок. За результатами проведених досліджень встановлено, що напружений стан гранул керамзитового гравію зумовлений неоднорідністю структури і фазового складу поверхневих і внутрішніх шарів. На величини залишкових напружень впливає густина гранул. Модифікування поверхні гранул обробленням сполуками літію і магнію дає змогу спрямовано регулювати напруження в поверхневих шарах і є ефективним підвищенням міцності керамзиту.

1. Онацкий С. П., Волчек Л.Л., Кригсман Ф. Б. Влияние режимов охлаждения керамзита на его прочность // *Строительные материалы*. – 1973. – № 7. – С. 34–35. 2. Мороз И.И. *Технология строительной керамики*. – К.: Высшая школа, 1980. – 384 с. 3. О влиянии режима охлаждения керамзита на прочностные и деформативные характеристики керамзитобетона / И.А. Иванов, И.С. Гучкин, С.К. Найденев и др. // *Бетон и железобетон*. – 1973. – № 2. – С. 23–26. 4. Иванов И.А., Макридин Н.И. Оценка остаточных напряжений в гранулах керамзита // *Строительные материалы*. – 1969. – № 7. – С. 34–35. 5. А. с. 1178727 СССР, МКИ С 04 В 20/02. Способ изготовления керамзита / Л.Г. Шпынова, Н.В. Чубатюк, М.В. Бек и др. – Опубл. 1985, Бюл. № 34.