

Рис. 12. Графіки залежності площ між обвідними і миттєвими положеннями епітрохоїди

Одержані графіки допоможуть при аналізі продуктивності епітрохоїдальних гідравлічних машин. При цьому графік функції  $S2_{na}$  слід використовувати тоді, коли профілем корпусу буде зовнішня обвідна, а профілем ротора – епітрохоїда, а графік функції  $S2_{vn}$  слід використовувати тоді, коли профілем корпусу буде епітрохоїда, а контур ротора матиме форму внутрішньої обвідної.

### Висновки

При конструюванні високопродуктивних гідравлічних насосів для потреб служб з ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій МНС України доцільно використовувати запропоновану в роботі класифікацію схем дії ротаційних гідравлічних машин в залежності від значень радіусів технологічних кіл планетарного механізму - великого  $R$  та малого  $r=R-1$ . Також доцільно застосовувати метод визначення продуктивності ротаційних гідравлічних машин шляхом обчислення об'ємів простору за вузловими точками.

### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Сухомлинов Р. М. Трохоидные роторные компрессоры. – Харьков: ХГУ- «Вища школа», 1975, 152 с.
2. Бирюков Б.Н. Роторно-поршневые гидравлические машины. М.: «Машиностроение», 1972. 152 с.
3. Бениович В.С., Апазиди Г.Д., Бойко А.М. Ротопоршневые двигатели. М.: Машиностроение, 1968. – 152 с.
4. Рева В.Г. Опис взаємоспряжених кривих за допомогою функцій комплексної змінної // Праці Таврійської державної агротехнічної академії. Мелітополь: ТДАТА, 2004. Вип. 4. - Т. 23. - С. 70 – 74.
5. Рева В.Г. Визначення точок самоперетину кривої, яка складена з обвідних сім'ї трохоїд // Геометричне та комп'ютерне моделювання. Харків: ХДУХТ, 2004. Вип. 6. – С. 93 – 99.

УДК 666.943

Н.О.Ференц к.т.н., О.І.Матвій (Львівський інститут пожежної безпеки МНС України)

### ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСІВ, ЩО ВІДБУВАЮТЬСЯ ПРИ НАГРІВАННІ ЦЕОЛІТОВОГО ТУФІТУ

В статті приведено результати досліджень поведінки в умовах високих температур цеолітового туфиту та вапняно-пуцоланового в'язучого на його основі.

Полімінеральні гірські породи широко використовуються при виробництві будівельних матеріалів як компонент вапняно-пуцоланових в'язучих та силікатних бетонів, як активний мінеральний додаток до портландцементу, як заповнювач дрібнозернистих бетонів. Таким породам, зокрема цеолітовому туфіту [4], властива гідравлічна активність, тобто здатність поглинати вапно з утворенням речовин, які володіють в'язучими властивостями. Завдяки цій властивості має практичний інтерес вивчення поведінки цеолітового туфіту в умовах високих температур.

Відомо [3], що в умовах високих температур однією з причин втрати міцності каменю на основі вапняно-пуцоланових в'язучих, портландцементу та будівельних виробів на їх основі є процес дегідратації  $\text{Ca(OH)}_2$  в інтервалі температур 530...580°C за схемою:  $\text{Ca(OH)}_2 \xrightarrow{t} \text{CaO} + \text{H}_2\text{O}$ .

Очевидно, чим менший вміст незв'язаного  $\text{Ca(OH)}_2$  буде у цементному камені, тим менш деструктивними будуть процеси, що відбуваються при пожежі. Для зв'язування  $\text{Ca(OH)}_2$  використовують активні мінеральні добавки [2], до яких належить і цеолітовий туфіт.

**Метою роботи** є дослідження процесів, що відбуваються при нагріванні цеолітового туфіту та вапняно-пуцоланового в'язучого на його основі, а також прогнозування поведінки в умовах високих температур будівельних матеріалів з використанням цеолітового туфіту.

У роботі використовували диференційно-термічний та рентгенофазовий методи аналізу. Диференційно-термічний аналіз проводився на дериватографі Q-1500D системи Ф.Паулік, Г.Паулік, Л.Ердеї. Цеолітовий туфіт нагрівався при постійній швидкості підвищення температури, яка становила 10 град/хв, максимальна температура нагрівання становила 1000°C. Слід сказати про доцільність використання методу диференційно-термічного аналізу для вивчення поведінки матеріалів в умовах пожежі завдяки широкому температурному діапазону нагрівання речовин (до 1000°C), що дає можливість як ідентифікувати новоутворення в складі досліджуваного матеріалу (основне призначення методу), так і дослідити його поведінку в умовах високих температур.

Рентгенофазовий аналіз проводився на дифрактометрі ДРОН-2 ( $\text{CuK}\alpha$ -випромінювання). Він використовувався для визначення якісного складу цеолітового туфіту при нормальних умовах ( $t=20^\circ\text{C}$ ) та для прокаленого при температурах  $t=400^\circ\text{C}$  і  $t=800^\circ\text{C}$  протягом 2 годин.

Згідно з результатами РФА (рис.1) цеолітовий туфіт (термообробка відсутня) складається з таких мінералів: клиноптилоліт, ідентифікація якого проводилась за наявністю дифракційних максимумів з  $d/n=0,90; 0,79; 0,512; 0,396; 0,297; 0,279$  нм; кварц ( $d/n=0,424; 0,334; 0,245; 0,228; 0,212$  нм), гідрослюда ( $d/n=0,98; 0,492; 0,297; 0,254; 0,245; 0,212$  нм); польові шпати типу плагіоклазів ( $d/n=0,320; 0,290; 0,257$  нм); карбонати ( $d/n=0,302; 0,245; 0,227; 0,208; 0,1981$  нм).

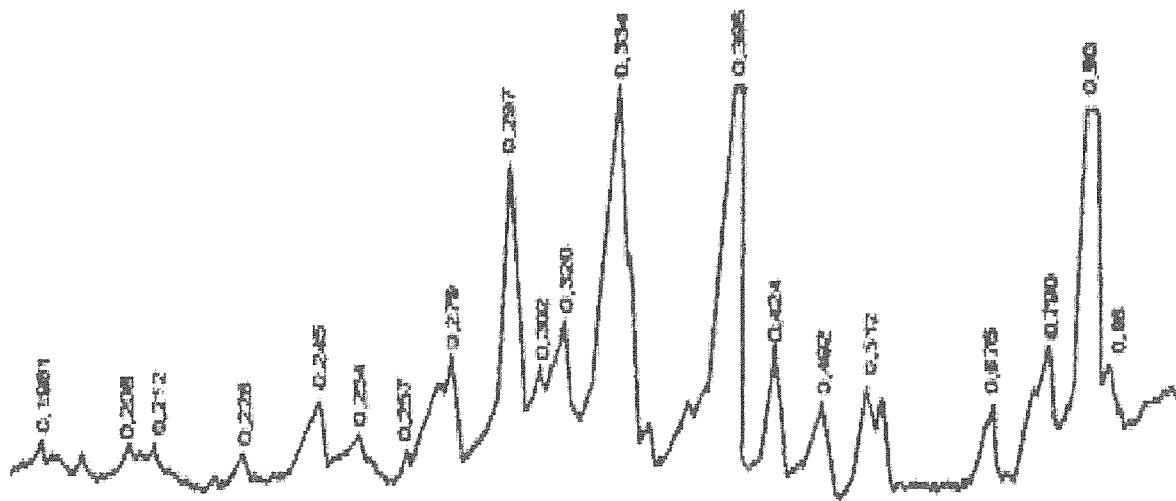


Рис.1. Дифрактограма цеолітового туфіту.

Нагрівання проби до 400°C не приводить до зміни структури основних породоутворюючих мінералів, що підтверджується результатами рентгенофазових досліджень (рис.2). На дифрактограмі наявні основні максимуми раніше ідентифікованих мінералів. При цьому можна зауважити зменшення інтенсивності дифракційних максимумів клиноптилоліту та гідрослюди, що свідчить про вилучення води з структури вказаних мінералів. Вказане підтверджується результатами диференційно-термічного методу аналізу (рис.3).

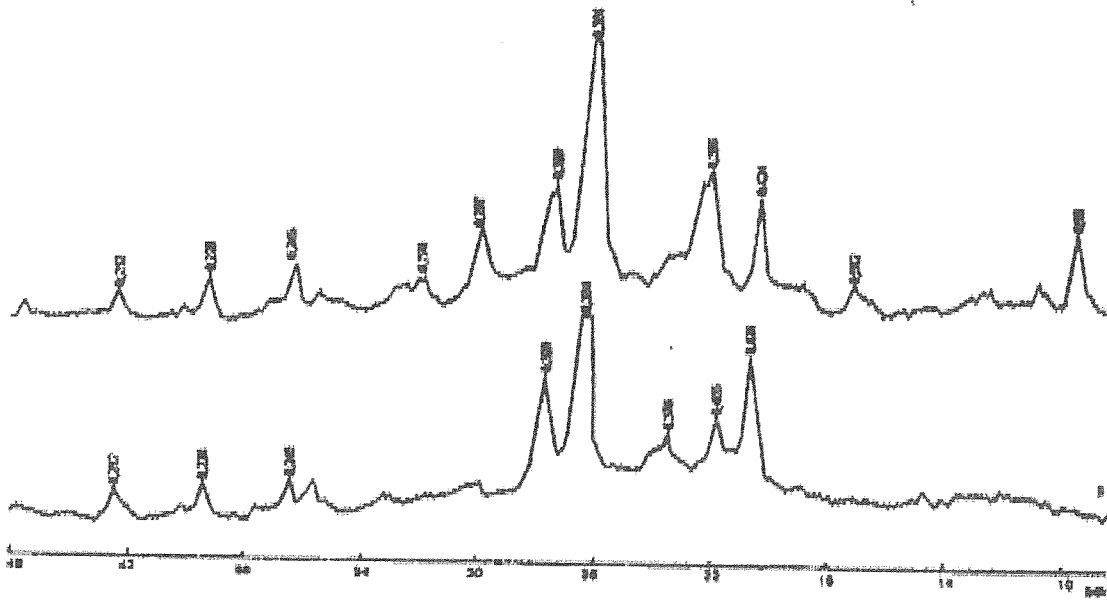


Рис.2. Дифрактограми цеолітового туфіту: 1 – прокаленого при температурі 400° С; 2 – прокаленого при температурі 800° С

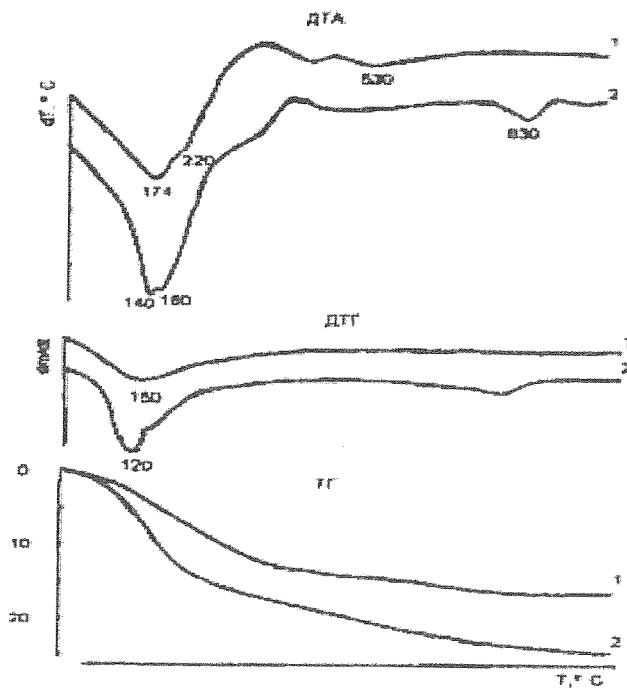


Рис.3. Дериватограми цеолітового туфіту (1) і вапняно-пуцоланового каменю на основі цеолітового туфіту (2).

Так, ендотермічний ефект в температурному інтервалі до 200°C, який супроводжується максимумом при температурі 174°C зумовлений вилученням фізично зв'язаної води з гідрослюдицих мінералів. В такому ж інтервалі температур починається виділення цеолітної води клиноптилоліту. Сумарні втрати маси в процесах дегідратації гідрослюдицих мінералів і клиноптилоліту складають 13 %.

Подальше нагрівання інтенсифікує деструктивні процеси породи. Ендотермічний ефект з максимумом при температурі 530°C зумовлений вилученням конституційної води з гідрослюдицих мінералів. В цій же температурній області завершується вилучення цеолітної води з клиноптилоліту. Як показано (рис.2), на дифрактограмі цеолітового туфіту прокаленого при температурі 800°C відсутні дифракційні максимуми клиноптилоліту, тобто термообробка призводить до руйнування його кристалічної структури.

Процеси дегідратації клиноптилоліту та гідрослюдицих мінералів супроводжуються втратою маси, яка складає 7 % (рис.3). Вилучення води із структури мінералів в умовах високих температур є плавним і не призводить до розтріскування (руйнування) виробів на його основі, а спричиняє лише їх усадку.

На дифрактограмі цеолітового туфіту ідентифікується кварц ( $d/n=0,424; 0,334; 0,245; 0,228; 0,212$  нм) (рис.1). Відомо [3], що при температурах 573 °C і 870 °C відбуваються поліморфні перетворення кварцу за схемою:  $\beta\text{-кварц} \xleftarrow{573^\circ\text{C}} \alpha\text{-кварц} \xleftarrow{870^\circ\text{C}} \alpha\text{-тридиміт}$ . Такі перетворення супроводжуються зміною об'єму. Однак, на дериватограмі (рис.3) у вказаній температурній області відсутні будь-які ендотермічні ефекти, які б свідчили про поліморфні перетворення кварцу. Таким чином, можна стверджувати, що у зв'язку з невеликим вмістом кварцу у цеолітовому туфіті, деструктивні процеси, зумовлені поліморфними перетвореннями кварцу, відсутні.

Як уже зазначалось, цеолітовий туфіт може застосовуватись як активний мінеральний додаток портландцементу та компонент вапняно-пуцоланових в'язучих. Незважаючи на різноманітність вказаних в'язучих, зокрема, відмінності у їх мінералогічному, хімічному складах, процеси взаємодії цеолітового туфіту є однаковими. На початкових стадіях цеолітовий туфіт адсорбує, а потім хімічно зв'язує  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , який утворюється в результаті гідролізу аліту - при використанні його в складі портландцементу, чи вводиться штучно – при використанні його як компонента вапняно-пуцоланових в'язучих.

Вивчення впливу високих температур на властивості вапняно-пуцоланового в'язучого проводились на композиціях оптимального складу [4]: цеолітовий туфіт – 65%, вапно – 30%; фосфогіпс - 5%. В процесі взаємодії між цеолітовим туфітом і вапном утворюється частково закристалізований тоберморитовий гідросилікат кальцію.

У роботі проводився диференційно-термічний аналіз затверділого каменю на основі в'язучого оптимального складу (рис.3). Як показано на кривій ДТА, ендотермічний ефект в температурному інтервалі до 200°C, який супроводжується максимумом при температурі 140°C зумовлений вилученням фізично зв'язаної води з в'язучого. Процес дегідратації тоберморитового гідросилікату кальцію не має чітко виражених ендотермічних ефектів. Термогравіметричні криві (рис.3) не мають різких згинів, тобто при нагріванні рівномірно втрачається вода в інтервалі від 25 до 700°C. Сумарні втрати маси при вилученні фізично зв'язаної води та в процесах дегідратації тоберморитового гідросилікату кальцію складають 21 %.

Рівномірність процесів вилучення води з структури каменю не призводить до розтріскування (руйнування) виробів на основі вапняно-пуцоланового в'язучого в умовах високих температур, а спричиняє лише їх усадку.

Згідно з даними [1], для тоберморитового гідросилікату кальцію характерний екзотермічний ефект при температурі 830...860°C, що відповідає переходу зневодненого мінералу у воластоніт. Однак, на кривій ДТА досліджуваного каменю цей ефект накладається з ендоефектом при температурі 830°C, яким супроводжується процес декарбонізації  $\text{CaCO}_3$  (поява  $\text{CaCO}_3$  в складі вапняно-пуцоланового каменю зумовлене карбонізацією  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  в поверхневих шарах). Перетворення зневодненого тоберморитового

гідросилікату у воластоніт та процес декарбонізації  $\text{CaCO}_3$  супроводжується зміною об'єму, що призводить до розтріскування каменю.

Таким чином, суттєві деструктивні процеси в складі каменю вапняно-пуцоланового в'язучого на основі цеолітового туфіту починаються при температурі більше  $700^\circ\text{C}$  (при умові відсутності незв'язаного  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ).

### Висновки

1. В роботі доведена ефективність використання в умовах високих температур цеолітового туфіту, як компонента вапняно-пуцоланових в'язучих та активного мінерального додатку портландцементу, що зумовлено зв'язуванням термонестабільного в інтервалі температур  $530\text{...}580^\circ\text{C}$   $\text{Ca}(\text{OH})_2$ .

2. При використанні цеолітового туфіту, як заповнювача дрібнозернистих та легких бетонів, що експлуатуються в умовах високих температур, є незначними деструктивні процеси, які зумовлені поліморфними перетвореннями кварцу, оскільки вміст його у цеолітовому туфіті є низький, а процеси дегідратації основних мінералів (клинотиллоліту та гідрослюди) є плавними.

3. Дослідження поведінки вапняно-пуцоланового каменю на основі цеолітового туфіту в умовах високих температур показали, що суттєві деструктивні процеси відбуваються при температурах  $>700^\circ\text{C}$  (при умові відсутності незв'язаного  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ).

### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Горшков В.С., Тимашев В.В., Савельев В.Г. Методы физико-химического анализа вяжущих веществ: -М.: Высш.школа, 1981.-335 с.
2. Пащенко А.А., Сербин В.П., Старчевская Е.А. Вяжущие материалы. - К.: Вища школа, 1985.- 440с.
3. Пушкаренко А.С., Васильченко О.В. Будівельні матеріали та їх поведінка в умовах високих температур. – Харків: АПБУ, -2001.-166с.
4. Ференц Н.О., Якимечко Я.Б., Семеген Р.І., Солоха І.В. Вплив термообробки на властивості цеолітової породи та зв'язних речовин на їх основі // Хімія, технологія речовин та їх застосування. Вісник Державного університету „Львівська політехніка” – Львів, - 1994.- №276.- С.145-147.

УДК 621.873.01

Є. В. Харченко, д-р техн. наук, проф., НУ „Львівська політехніка”  
А. М. Петренко, Львівський інститут пожежної безпеки

### РОЗРАХУНОК ПОЗДОВЖНЬО-ПОПЕРЕЧНИХ КОЛИВАНЬ УТРИМУВАЛЬНИХ МЕТАЛОКОНСТРУКЦІЙ ЗНАЧНОЇ ДОВЖИНИ ЗІ ЗМІННИМИ ПРУЖНО-ІНЕРЦІЙНИМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ

У статті пропонується методика розрахунку вільних і стаціонарних вимушених коливань довгомірних утримувальних металоконструкцій зі змінними пружно-інерційними характеристиками. Математична модель коливальних процесів ґрунтується на застосуванні теорії балок С. Тимошенка. Аналіз коливальних процесів виконується матричним методом початкових параметрів у поєднанні з числовим інтегруванням рівнянь амплітудних функцій.

У сучасній пожежній техніці широко використовуються довгомірні утримувальні металоконструкції змінного поперечного перерізу [1, 2, 5]. До їх числа належать секції колінчастих підіймальних пристроїв, стріли пожежних драбин, висотні споруди тренажерів тощо. Пружно-інерційні характеристики таких металоконструкцій змінюються з довжиною,