

## ДЕФОРМАЦІЇ БЕТОНУ, ПРОСОЧЕНОГО РОЗПЛАВОМ СІРКИ

© Мовчан М.І., 2008

**Наведено результати досліджень власних деформацій бетону, просоченого розплавом сірки. Наведені дані дають змогу прогнозувати деформації виробів та конструкцій з бетоносіркополімерів на стадії їх виготовлення, а також під час роботи в умовах змінної вологості.**

**The article presents the test results of the saturation of concrete with liquid sulphur after a preliminary vacuuming of samples. The results indicated the influence of preliminary vacuuming and duration of the saturation on the strength of the concrete of different compositions.**

**Актуальність проблеми.** Просочення бетону розплавом сірки сприяє поліпшенню його фізико-механічних та експлуатаційних властивостей [1, 2]. Заповнення порового простору матриці сіркою підвищує щільність і зменшує водопоглинання бетону. Зростає морозостійкість такого бетону і стійкість його до дії агресивних середовищ.

Фізико-хімічні властивості сірки та її розплаву задовольняють вимоги, що висувуються до композицій, які використовуються для просочення. Порівняно невисока в'язкість розплаву, добре змочування поверхні бетону, низька температура плавлення й кристалізації сірки уможливають використовувати її для просочення пористих матеріалів. Тверднення сірки в поровому просторі матриці відбувається під час охолодження виробу після просочення до температури оточуючого середовища й не вимагає застосування спеціальних прийомів і обладнання.

Однак невідомо, як впливатиме кристалізація сірки в порах та капілярах на власні деформації цементного каменю та бетону. Недостатньо вивчена поведінка бетонних виробів, просочених сіркою, у водному середовищі.

**Аналіз останніх досліджень.** Фізико-хімічні процеси, які відбуваються у бетоні, та зміна його вологості супроводжується деформаціями усадження й набрякання. Загальна величина власних деформацій – це складова від групи чинників, з яких найістотніше значення має зміна розподілу вологи в утвореному скелеті цементного каменю.

Внаслідок усадження в бетоні виникають розтягуючі напруження. Присутня арматура, яка стримує деформації усадження, сприяє збільшенню цих напружень. В окремих випадках це може призвести до виникнення тріщин у залізобетонних виробках або в бетонних виробках із великою відкритою поверхнею.

При зволоженні бетону відбувається збільшення його об'єму – набрякання. Такі деформації характерні для виробів та конструкцій, що працюють в умовах зміни вологості. Нерівномірний розподіл вологи по глибині виробу та його армування спричиняють напруження в бетоні.

Ученими проведено значний обсяг досліджень з вивчення механізмів усадження та набрякання бетонів і виявлення чинників, які впливають на ці процеси [3–8]. Одержані емпіричні залежності дають змогу враховувати напруження в бетоні, які виникають від його власних деформацій.

Проведено дослідження [9] з вивчення деформацій усадження та набрякання бетонополімерів, які були одержані просоченням дрібнозернистого звичайного та силікатного бетонів.

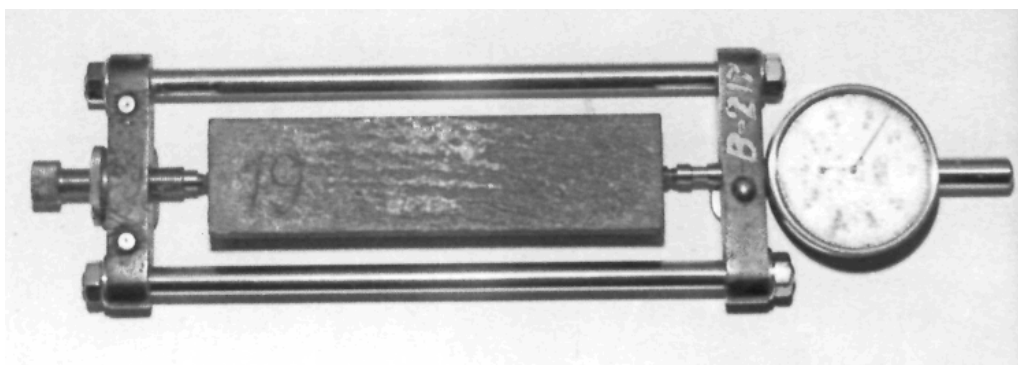
Але в науково-технічній літературі відсутні відомості про власні деформації бетонів, просочених розплавом сірки.

**Мета роботи** – вивчення деформацій усадження та набрякання бетонів, просочених розплавом сірки.

**Методика досліджень.** Деформації усадження та набрякання бетоносіркополімерів вивчали на зразках з розмірами 4x4x16 см. Зразки виготовляли з піщаного бетону складів Ц:П = 1:2 і Ц:П = 1:3 за В/Ц = 0,4. Після виготовлення їх зберігали 28 днів у нормальних тепловологісних умовах. Перед просоченням зразки висушували за температури  $150 \pm 5$  °С до постійної маси. У розплав сірки їх занурювали попередньо прогрітими до температури розплаву. Контрольні зразки, не просочені сіркою, висушували також до постійної маси. Паралельно були вилиті зразки з розплаву сірки.

Просочення зразків розплавом сірки проводили за температури  $150 \pm 3$  °С в лабораторній установці, яка складалася з камери просочення, вакуумного обладнання й контрольно-вимірювальної апаратури. Основу установки становила термовакуумна шафа з електричним підігрівом, обладнана пристроєм автоматичного підтримання заданої температури розплаву.

Одну партію просочених, контрольних та зразків із сірки зберігали на повітрі в лабораторії протягом усього експерименту, а другу – після 7 днів зберігання на повітрі в лабораторії поміщали у ванну з дистильованою водою.



*Рис. 1. Загальний вигляд компаратора зі зразком*

Лінійні деформації зразків вимірювали переносним приладом – компаратором на основі мікроіндикатора ІМ-10. Репери виготовляли з нержавіючої сталі з рифленою контактуючою поверхнею. Загальний вигляд компаратора зі зразком показано на рис. 1. Під час вимірювання деформацій фіксували масу зразків, температуру й вологість повітря, а також температуру води, у якій знаходилися зразки. Дослідження проводили упродовж 210 днів до настання періоду затухання деформацій зразків.

**Результати проведених досліджень.** Результати досліджень показано на рис. 2 і 3. З цих рисунків зрозуміло, що зразки, просочені сіркою, під час зберігання на повітрі та у воді упродовж 10–15 днів скорочуються. Найінтенсивніше цей процес проходить на початковій стадії і в подальшому затухає. Усадження просочених сіркою та вилитих із сірки зразків можна пояснити так. При охолодженні таких зразків спочатку кристалізується сірка, яка знаходиться біля відкритих поверхонь, і в такий спосіб створюється жорсткий зовнішній каркас. Подальше охолодження супроводжується переміщенням фронту кристалізації до центра зразка. Перехід сірки з рідкого стану у твердий супроводжується різким зменшенням її об'єму (близько 15 %), тому зменшення об'єму сірки та висока адгезія її до стінок капілярів та пор призводить до усадження матеріалу. Подальша перекристалізація моноклінної сірки в ромбічну супроводжується зміною розмірів кристалів і подальшим зменшенням її об'єму та скороченням зразка.

Утворення жорсткого зовнішнього каркаса внаслідок нерівномірного охолодження зразка по глибині сповільнює процес усадження в часі та призводить до виникнення розтягуючих напружень в кристалічних утвореннях сірки. При цьому відбувається руйнування окремих кристалічних ниток та згустків, яке супроводжується акустичним ефектом.

Після завершення кристалізації і перекристалізації сірки довжина зразків, вилитих із сірки, які зберігалися на повітрі та у воді, змінювалася незначно. Характер цих деформацій свідчить про те, що вони пов'язані зі зміною температури середовища.

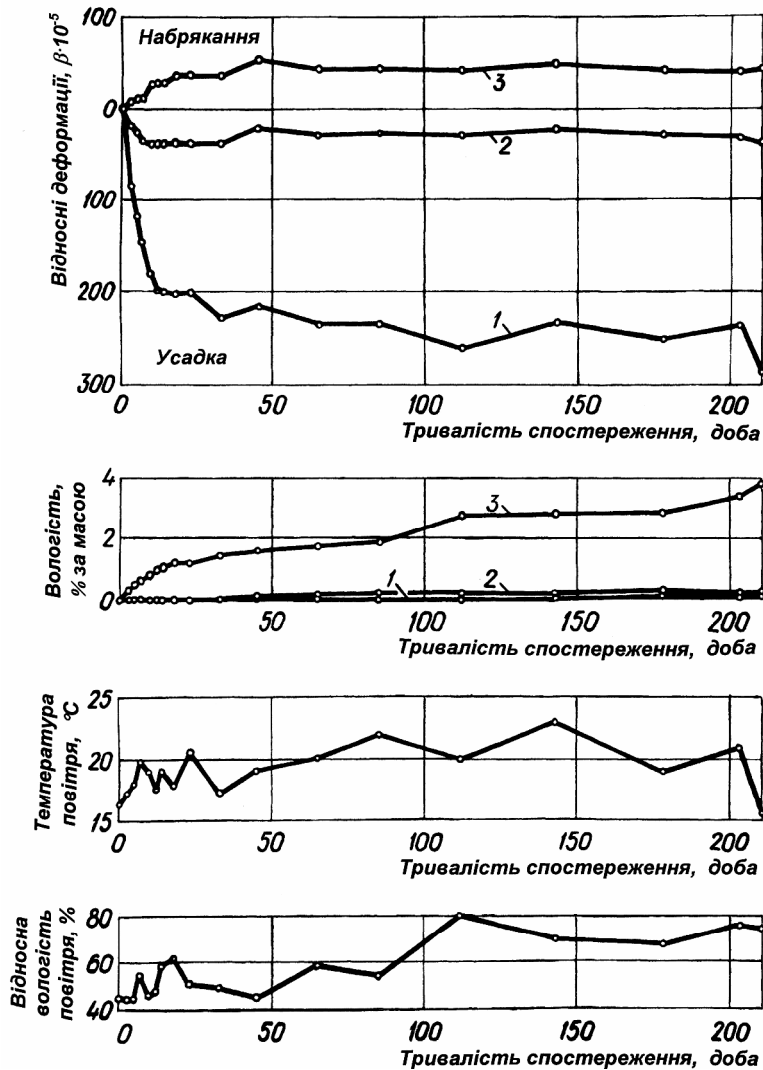


Рис. 2. Деформації зразків під час зберігання в повітрі: 1 – із сірки; 2 – просочених сіркою (Ц:П = 1:2, В/Ц = 0,4); 3 – контрольних (Ц:П = 1:2, В/Ц = 0,4)

Просочені зразки під час зберігання на повітрі в подальшому незначно набухли. Але їх довжина виявилася меншою, ніж до просочення. Це свідчить про стягування скелета матриці під час кристалізації сірки у поровому просторі бетону.

Під час зберігання у воді зразків, просочених сіркою, після періоду усадження наступив період набрякання. Величина деформацій набрякання пов'язана з кількістю води, яку поглинув зразок, і залежить від складу бетону матриці. За Ц:П = 1:2 зразки, просочені сіркою, показали мінімальне набрякання й довжина їх дорівнює довжині висушених зразків перед просоченням. Просочені зразки з бетону складом Ц:П = 1:3 набухли більше. Але порівнюючи з деформаціями контрольних зразків аналогічного складу, величина набрякання в просочених зразків менша. Це можна пояснити кольтатацією пор та капілярів бетону сіркою під час просочення, що захищає від зволоження цементний камінь і зменшує набрякання зразків. Однак необхідно відзначити, що за час спостереження деформації набрякання зразків, просочених сіркою, на відміну від контрольних продовжували зростати. Вологість їх при цьому практично не змінювалася. Це може свідчити про перебіг в бетоні процесів, які не пов'язані з традиційним набряканням.

Для оцінки впливу попереднього вакуумування на деформації набрякання просоченого сіркою бетону було проведено такий експеримент. Партію зразків з бетону різних складів просочували за такими режимами: за атмосферного тиску і після попереднього вакуумування за  $P_0 = 0,01$  МПа тривалістю 0,5 год. Після завершення деформацій усадження зразки поміщали у

ванну з дистильованою водою. Величину деформацій після 30 діб зберігання у воді просочених і контрольних (непросочених) зразків наведено у таблиці.

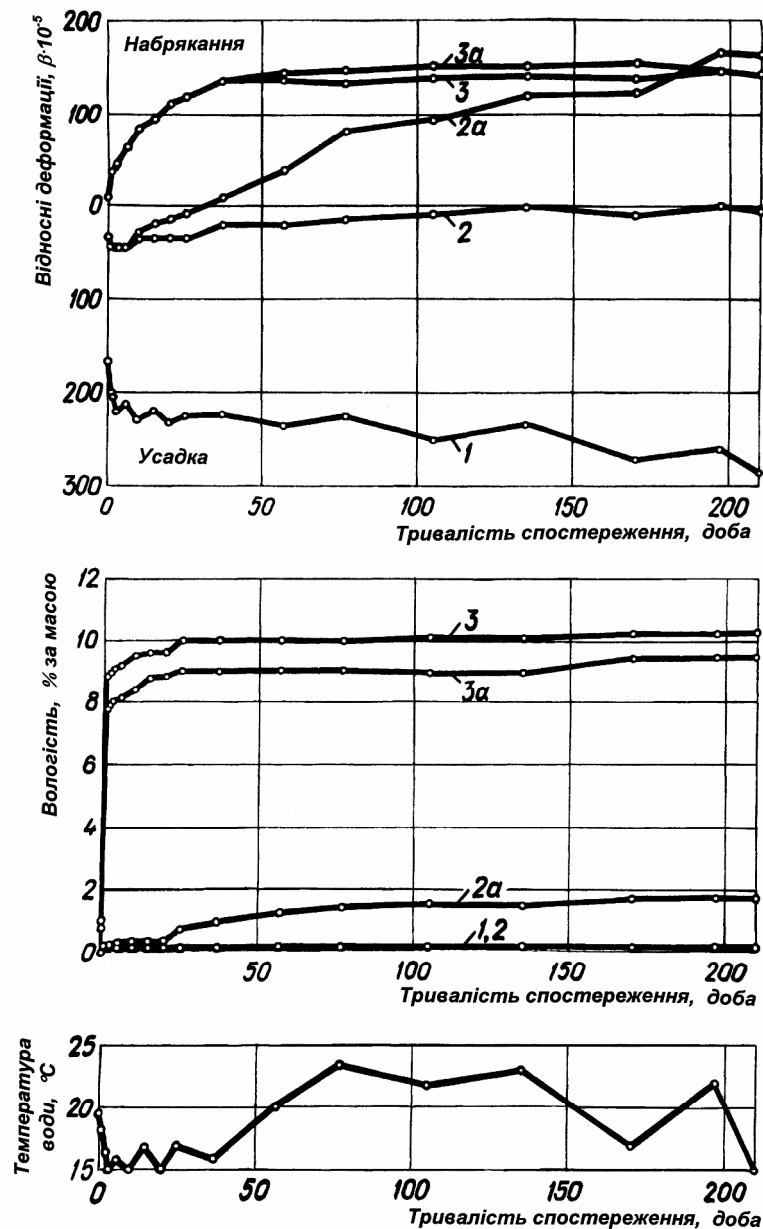


Рис. 3. Деформації зразків під час зберігання у воді: 1 – із сірки; 2 – просочених сіркою (Ц:П = 1:2, В/Ц = 0,4); 2а – просочених сіркою (Ц:П = 1:3, В/Ц = 0,4); 3 – контрольних (Ц:П = 1:2, В/Ц = 0,4); 3а – контрольних (Ц:П = 1:3, В/Ц = 0,4)

### Деформації набрякання зразків

Склад бетону		Набрякання зразків, $\beta_n \cdot 10^{-5}$				
		контрольних	просочених сіркою за тривалості просочування, год			
			1	2	3	3
Ц:П	В/Ц	після попереднього вакуумування				без вакуумування
1:1	0,4	193	144	34	31	427
1:2	0,4	145	24	29	32	274
1:3	0,45	105	23	23	22	379
1:2	0,5	121	25	9	13	348
1:3	0,55	127	11	13	11	784

Як зрозуміло з таблиці, на величину деформацій набрякання істотно впливає режим просочування. Попереднє вакуумування підвищує ступінь заповнення порового простору сіркою й сприяє зменшенню набрякання зразків у 5...20 разів.

Деформації набрякання зразків, просочених без попереднього вакуумування, порівняно з деформаціями аналогічних зразків, просочених після попереднього вакуумування, збільшилися в багато разів. Необхідно відзначити, що в першому випадку залишалася непросоченою центральна частина діаметром 6...15 мм вздовж поздовжньої осі зразка. Однак цим не можна пояснити таке істотне збільшення деформацій набрякання. Якщо ядро зразка не просочене, то можна припустити, що його деформація повинна дорівнювати деформації контрольного зразка такого складу. Але з таблиці бачимо, що вона перевищує в декілька разів деформацію непросочених зразків.

Характер руйнування частини зразків із виділеннями через тріщини продуктів корозії свідчить про те, що причиною великих деформацій набрякання, просоченого сіркою бетону, є процеси взаємодії складових цементного каменю із сіркою в присутності води.

**Висновки.** Попереднє вакуумування бетону сприяє збільшенню ступеня заповнення порового простору матриці сіркою, що призводить до збільшення щільності матеріалу й зменшення його водопоглинання та набрякання.

Необхідне проведення досліджень з метою вивчення водостійкості бетонів, просочених розплавом сірки.

1. Орловский Ю.И., Манзий В.П. Исследование свойств бетонов, пропитанных расплавом серы // Изв. вузов. Стр-во и архит. – 1980. – № 1. – С. 78. 2. Мовчан Н.И. Пропитка изделий для дорожного строительства расплавом серы // Повышение качества строительства автомобильных дорог в Нечерноземной зоне РСФСР: Тез. докл. научно-техн. конф. – Владимир, 1985. – С. 105–106. 3. Александровский С.В. Расчет бетонных и железобетонных конструкций на изменение температуры и влажности с учётом ползучести. – М.: Стройиздат, 1973. – 432 с. 4. Ахвердов И.Н. Механизм усадки и ползучести бетона в свете современных представлений реологии и физики твёрдого тела // Бетон и железобетон. – 1970. – № 10. – С. 21–23. 5. Венюа М. Цементы и бетоны в строительстве / Пер. с фр. – М.: Стройиздат, 1980. – 415 с. 6. Вербецкий Г.П. Прочность и долговечность бетона в водной среде. – М.: Стройиздат, 1976. – 128 с. 7. Милейковская К.М. Влияние водонасыщения бетона на его прочность и деформации // Гидротехническое строительство. – 1960. – № 4. – С. 40–44. 8. Цилосани З.Н. Усадка и ползучесть бетона. – Тбилиси: Мацаниереба, 1979. – 230 с. 9. Красильников К.Г. Никитина Л.В. Скоблинская Н.Н. Физико-химия собственных деформаций цементного камня. – М.: Стройиздат, 1980. – 256 с.