

УДК 534-8, 621.647.23

Яцик Д.П.; *наук. кер. Гришко І.А., к.т.н., доц., Тимошенко О.В., к.т.н., ст.в.*
Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського», м. Київ,
e-mail: mutlja@ukr.net.

ВПЛИВ УЛЬТРАЗВУКОВОЇ ОБРОБКИ ВОДИ НА ВЛАСИВОСТІ ЦЕМАНТНИХ РОЗЧИНІВ І БЕТОНІВ

Вода є активним учасником більшості технологічних процесів, в тому числі при застосуванні в'язких речовин для виготовлення різних штучних камневидних матеріалів.

Ультразвукова обробка води передбачає протікання її через одну або кілька ультразвукових хвиль. Ультразвукова обробка води замішування цементних сумішей призводить до позитивних результатів за багатьма властивостями: збільшує міцність, щільність, морозостійкість, знижує пористість, водо поглинання, підвищує і т.д. [1].

Для розриву ідеальної рідини необхідно подолати сили міжмолекулярної взаємодії. Реальні рідини в залежності від температури, гідростатичного тиску і вмісту домішок мають менші граничні напруги розриву. Так, реальна вода має міцність на розрив не більше 28 МПа, а ідеальна - 160 МПа. Тому для реальних рідин поріг кавітації - мінімальне значення акустичного тиску, необхідного для утворення кавітаційних полів, завжди нижче теоретичної міцності ідеальної рідини [2].

При закритті кавітаційного пухирця виникає локальне короткочасне підвищення температури до декількох тисяч градусів, а також місцеве підвищення тиску. Оскільки таких бульбашок утворюється до декількох мільйонів в секунду, утворюється кавітаційна область, де дія зазначених чинників вельми значно. Закриття кавітаційних розривів викликає утворення ударних хвиль, які створюють в найближчій зоні тиску, в 100 разів перевищують первинне тиск акустичного поля. Динаміка кавітаційної області описується диференціальним рівнянням (1) Непайреса-Нолтінга:

$$2\rho R^2 \frac{d^2R}{dt^2} + 3\rho R \left(\frac{dr}{dt} \right)^2 + 4\sigma = 2R \left[P \sin(2\pi f) - P_0 + \left(P_0 + \frac{2\sigma}{R_0} \right) \frac{R_0^3}{R^3} \right] \quad (1)$$

де R_0 - початковий радіус бульбашки в момент часу $t = 0$; P - амплітуда тиску звукової хвилі; f - частота коливань; P_0 - гідростатичний тиск; ρ - щільність рідини; σ - поверхневий натяг; R - поточний радіус бульбашки.

Початковий радіус бульбашки може бути визначений за формулою (2) Мінаерта-Сміта:

$$f = \frac{1}{2\pi R_0} \sqrt{\left(P_0 + \frac{2\sigma}{R_0}\right)} \cdot \sqrt{\frac{3x}{\rho}} ; \quad (2)$$

де x - відношення теплоємності газу в бульбашці, рівне для води 1,14.

Згідно формулою (3), максимальний тиск в рідині на відстані $1.587R$ від центру бульбашки дорівнює:

$$P = P_0 \frac{R_0^3}{4^{3/4} R^3} . \quad (3)$$

Повне змикання бульбашки при даному гідростатичному тиску відбувається за час:

$$t = 0,915R_0 \sqrt{\frac{\rho}{P_0}} . \quad (4)$$

З виразу (4) випливає, що збільшення частоти коливань супроводжується зменшенням розмірів порожнин через скорочення часу циклу розширення і закриття. Число порожнин підтримується в рівновазі в залежності від акустичного тиску. Також зі збільшенням частоти коливань збільшується поріг кавітації [3].

Експериментальне дослідження впливу ультразвукової кавітації на властивості бетонних виробів було здійснено шляхом озвучення води з подальшим приготуванням бетонної суміші шляхом додавання цементу марки М400. Враховуючи дані [4] для приготування суміші пропорція вода/цемент становила 25/75 відповідно. Для випробовування на міцність були виготовлені зразки рис.1 діаметром 20х24мм і вагою 13гр.



Рис.1. Цементні зразки

При кожній серії експериментів готувалась контрольна група зразків, яка не піддавалась озвученню. Час опромінення зразків становив 60 с.

Всі зразки, відповідно до ГОСТ 10180-2012, випробувались на міцність із застосуванням розривної машини ТІРА TEST-2300.

Отримані Результати випробувань на стиск були усереднені та представлені на графіку рис. 3.

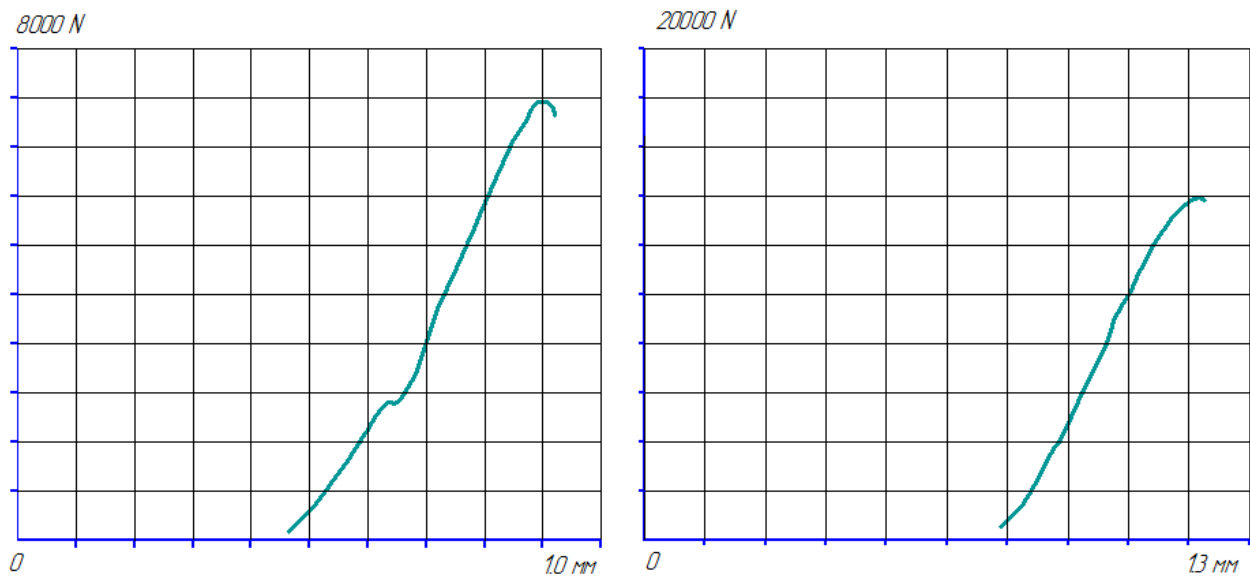


Рис.3. Залежність швидкості деформації від тиску

У лабораторії було випробувано безліч варіантів опромінення води, в результаті був прийнятий оптимальний варіант обробки води ультразвуком потягом 60с. для замішування бетонної суміші. В результаті чого спостерігалось постійне збільшення міцності, підвищення щільності. Дослідження щодо водонепроникності і морозостійкості бетону заплановані на наступний етап.

Отримані лабораторні дані говорять про те, що введення в воду ультразвукової хвилі призводить до підвищення міцності бетону при природному твердінні на 17-29%.

Список використаних джерел

1. Ультразвук. Маленькая энциклопедия. / Глав. ред. И. П. Голямина. — М: «Советская энциклопедия», 1979.
2. Ермолов И. Н. Теория и практика ультразвукового контроля. — М.: Машиностроение, 1981.
3. Ультразвуковая дефектоскопия. Изд. второе. / Б. И. Выборнов. — М: Metallurgia, 1985.
4. Корнілович Ю.Е.,Белохвосинкова В.И. Ультразвук в технологи бетона . – Киев 1964.