

Микола ГВОЗДЮК¹, Тарас ГЕМБАРА²

ВПЛИВ КОРОЗИВНОГО СЕРЕДОВИЩА НА ВТОМНУ МІЦНІСТЬ БАЗАЛЬТОВОЇ АРМАТУРИ

¹ *Фізико-механічний інститут ім. Г. В. Карпенка НАН України
вул. Наукова, 5, м. Львів, 89060, Україна. E-mail: hvozdiuk@ipm.lviv.ua*

² *Львівський державний університет безпеки життєдіяльності
вул. Клепарівська, 35, м. Львів, 79007, Україна.*

Mykola HVOZDYUK¹, Taras HEMBARA²

IMPACT OF CORROSIVE MEDIUM ON FATIGUE STRENGTH OF BASALT REINFORCEMENT

¹ *Karpenko Physico-Mechanical Institute, National Academy of Sciences of Ukraine
5, Naukova St., Lviv 89060, Ukraine. E-mail: hvozdiuk@ipm.lviv.ua*

² *State University of Life Safety
35, Kleparivska St., Lviv, 79007, Ukraine.*

ABSTRACT

At the present stage of the construction in dusty development in the reinforced concrete structural elements, along with the traditional steel reinforcement, composite basalt reinforcement is used, which is made from continuous basalt fiber and a polymer matrix. Such a replacement significantly reduces the cost and leads to significant metal savings. Basalt fibers are obtained from one-component cheap raw materials using single-stage technology. Basalt rocks are used as raw materials for the production of basalt fibers. Basalt reinforcement is characterized by high tensile strength ($\sigma_B \approx 1100$ MPa), corrosion resistance and low thermal conductivity.

However, the properties of basalt reinforcement has not been adequately studied yet. Therefore, the purpose of this work is to determine the fatigue strength of samples made of basalt reinforcement with a nominal diameter of 10 mm considering cyclic stretching and the influence of corrosive medium. To determine the corrosion resistance, one batch of experimental samples was kept in distilled water and the other one in alkaline medium (5% potassium hydroxide solution). Weller curves are built and endurance limits (σ_N) are set on a given test data base (N). The test data base (N) equals to $2 \cdot 10^6$ cycles. To determine the fatigue strength of basalt reinforcement experimental studies were carried out in the laboratory at $T = 20^\circ\text{C}$, with the hydraulic certified pulsator EUS-20 at cycle asymmetry $R = 0,33$ and load frequency $f = 10$ Hz.

According to the results of experimental studies fatigue curves of basalt reinforcement for various corrosive media are built and the endurance limits (σ_N) are established. The diagram shows that distilled water slightly affects the fatigue endurance of basalt reinforcement compared with the strength in air, and an alkaline medium abruptly reduces it.

KEY WORDS: *polymer composite materials, basalt reinforcement, endurance limit, reinforced concrete structures, cyclic tension, Weller curve, corrosive environment.*

ВСТУП

На сучасному етапі розвитку будівельної індустрії у залізобетонних елементах конструкцій у багатьох випадках замість традиційної сталеві арматури використовують композитну базальтову арматуру (КБА), яку виготовляють із джгута неперервного базальтового волокна діаметром $9 \dots 12 \mu\text{m}$ і полімерної матриці на основі епоксидної смоли ЕД-20. Така заміна суттєво зменшує їх вартість і призводить до значної економії металу. Базальтові волокна отримують із однокомпонентної дешевої сировини за одностадійною технологією. Сировиною для виробництва базальтових волокон є гірські породи – базальти. Базальтова арматура характеризується високою міцністю за розтягу ($\sigma_B \approx 1100$ MPa), корозійною тривкістю і низькою теплопровідністю. Технічні характеристики КБА дають змогу застосовувати її у промислово-цивільному будівництві

(поверхневі шари бетонних плит), а також для підсилення споруд, які працюють в умовах пришвидшеної корозії сталевій арматури і бетону (мостові переходи, причали, сухі доки, зміцнення бетонуванням берегової смуги).

На даний час особливо актуальними є дослідження міцності та надійності композиційних матеріалів як повноцінних або кращих заміників традиційних матеріалів у багатьох галузях промисловості. Однак, вплив довготривалої експлуатації на міцнісні характеристики базальтової арматури ще недостатньо вивчений. Зважаючи на це, метою даної роботи є визначення втомної міцності КБА номінальним діаметром 10 mm за циклічного розтягу у різних корозивних середовищах: дистильована вода і розчин лугу. Зокрема, побудова кривих Велера та встановлення межі витривалості σ_N на заданій базі випробувань $N=2 \cdot 10^6$ cycles.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Для експериментальних досліджень, ТЗОВ «Технобазальт-Інвест» (м. Славута, Хмельницької області) надало арматурні прутки періодичного профілю виду А, номінальним діаметром $d = 10$ mm (рис. 1 а), які виготовлені згідно з технічними умовами ТУ У В.2.7-25.2-34323267-001:2009 "Арматура неметалева композитна базальтова періодичного профілю", і мають такі основні механічні характеристики:

- номінальний діаметр, $d = 10$ mm;
- границя міцності (тимчасовий опір) матеріалу, $\sigma_B \approx 1050$ МПа;
- модуль пружності (початковий), $E_H = 4500$ МПа;
- відносне видовження зразка, $\delta = 2,2\%$.



Рис. 1. Базальтова арматура (а) та експериментальні зразки (b).
Fig. 1. Basalt reinforcement (a) and specimens (b).

Втомні випробування арматури проводили на зразках з довжиною робочої частини кратною п'яти її діаметрам відповідно до нормативних рекомендацій [1]. Для вирішення проблеми забезпечення надійного кріплення зразків у клинових захоплювачах розривної машини було розроблено спосіб підготовки їх кінцевих частин. Кінці арматурних стрижнів загальною довжиною 410 mm встановлювали у товстостінні сталеві втулки довжиною 180 mm, зовнішнім діаметром 24 mm і внутрішньою різьбою М18. Центрування осей досліджуваних зразків відносно твірної втулок забезпечували різьбові опірні шайби вкручені на їх вході і виході. Внутрішній діаметр отворів опірних шайб відповідав діаметру досліджуваної арматури. Далі через два технологічні отвори $\varnothing 5$ mm на боковій поверхні втулки її об'єм примусово заповнювали епоксидним клейовим розчином Sikadur-30, який після повної полімеризації за температури 60... 65 °C утворював міцне з'єднання втулки зі зразком (рис. 1 b). Було виготовлено 54 зразки, по 18 штук для кожного середовища.

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Експериментальні дослідження з визначення впливу корозивного середовища на втомну міцність базальтової арматури проводили згідно з нормативними документами [2, 3], і методик описаних у роботах [4–8], на гідравлічному сертифікованому пульсаторі EUS-20 за циклічного розтягу, коефіцієнту асиметрії циклу $R = 0,33$ та частоти навантаження $f=10$ Hz. База випробувань N дорівнювала $2 \cdot 10^6$ cycles. Одну партію експериментальних зразків випробовували у лабораторних умовах на повітрі за $T = 20$ °С, дві інші після витримки у дистильованій воді та лужному середовищі (5% розчин їдкою калі). Час витримки зразків становив 60 діб.

Діаграми втоми (криві Велера) у координатах “ $\sigma - \lg N$ ”, будували за результатами випробувань трьох зразків для кожного із шести рівнів напружень (σ_{\max}) з однаковими частотою, формою циклу і коефіцієнтом асиметрії. В процесі експерименту контролювали P_{\min} і P_{\max} циклічного навантаження, а також за допомогою лічильника пульсатора реєстрували загальну кількість циклів до руйнування зразка. У більшості випадків руйнування зразків відбувалося через відшарування джгута поперечної обв’язки з одночасним розривом повздовжніх волокон у поверхневих шарах базальтової арматури (рис. 2). Результати експерименту, приведені у таблиці, обробляли відповідно до нормативних рекомендацій [2, 3].

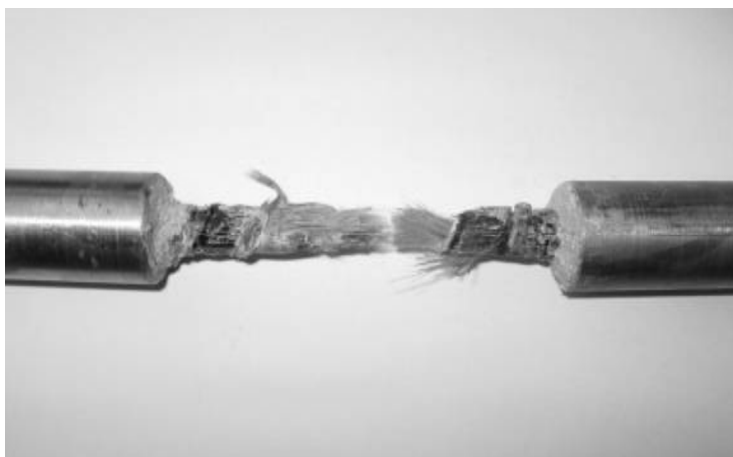


Рис. 2. Втомне руйнування зразка.
Fig. 2. Specimen fatigue fracture.

Таблиця. 1. Вплив корозивного середовища на втомну міцність базальтової арматури
Table. 1. Influence of corrosive environment on fatigue strength of basalt reinforcement

№ п/п	σ_{\max} , МПа	Повітря N , cycles	Дистильована вода N , cycles	Лужний розчин N , cycles
1	450	$5,16 \times 10^3$	$5,32 \times 10^3$	$4,50 \times 10^3$
2	380	$2,57 \times 10^4$	$2,50 \times 10^4$	$6,00 \times 10^3$
3	330	$2,60 \times 10^5$	$2,40 \times 10^5$	$2,00 \times 10^4$
4	325	$9,20 \times 10^5$	$8,80 \times 10^5$	$4,80 \times 10^4$
5	320	$2,00 \times 10^6$	$1,90 \times 10^6$	$6,50 \times 10^4$
6	310	$2,56 \times 10^6$	$2,44 \times 10^6$	$2,00 \times 10^5$

Крива Велера має специфічний асимптотичний характер із виходом її нижньої частини на такий рівень напружень, за якого зразок не руйнується. За результатами експериментальних досліджень побудовано криві втоми досліджуваної базальтової арматури для різних корозивних середовищ (Рис. 3) і визначено межу витривалості: $\sigma_N = 310 \dots 315$ МПа.

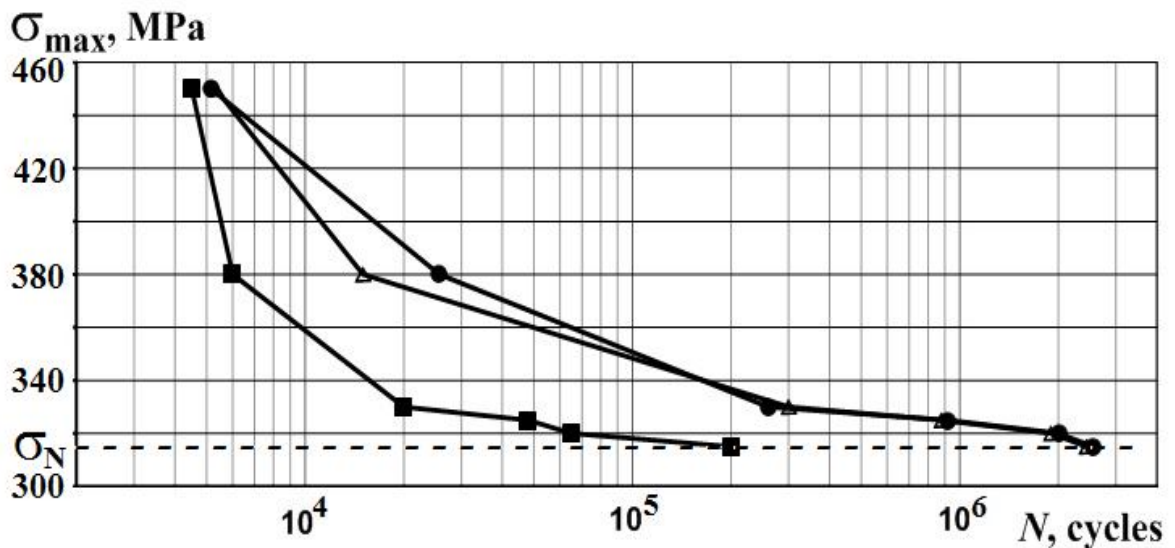


Рис. 3. Діаграма Велера для базальтової арматури:
 ● – повітря; Δ – дистильована вода; ■ – 5% розчин калій гідроксиду.
 Fig.1. Weller curve for basalt reinforcement:
 ● – air; Δ – distilled water; ■ – KON.

Із діаграми видно, що дистильована вода не значно впливає на втомну витривалість базальтової арматури у порівнянні з міцністю на повітрі, а лужне середовище – на порядок зменшує її у часі, $N = 2 \cdot 10^5$ cycles.

ВИСНОВКИ

Встановлено величину межі витривалості $\sigma_N = 310 \dots 315$ МПа базальтової арматури номінальним діаметром 10 mm на базі випробувань $N = 2 \cdot 10^6$ cycles за впливу корозивних середовищ.

За результатами експериментальних досліджень можна зробити висновок, що КБА має високу корозійну тривкість, але її не доцільно використовувати для бетонних елементів конструкцій, які працюють у лужному середовищі.

ЛІТЕРАТУРА

- ГОСТ 25.502-79. Методы механических испытаний металлов. Методы испытаний на усталость. – М.: Изд-во стандартов, 1979. – 32 с.
- ДСТУ 4042-2001. Прокат арматурний. Методи випробувань на втому. – К.: Держстандарт України, 2001. – 22 с.
- ДСТУ Б В.2.7-312:2016 Арматура неметалева композитна базальтова періодичного профілю. – К.: Держстандарт України, 2016. – 20 с.
- Hvozdyuk M. M., Babyak I. P., Nembara T. V., Kostiv R. B. Static and Fatigue Strength of Basalt Reinforcements // Materials Science. – 2014. – Т. 49, № 5. – С. 644-649.
- Гвоздюк М. Впливу водного розчину натрію хлориду на тріщиностійкість матеріалу армованого коротким скловолокном // Фізико-хімічна механіка матеріалів. – 2006. – Спец. випуск 5. – С. 513–515.
- Наумец Л.А. Коррозионно-стойкие стеклопластики на основе полиэфирных пресс-материалов// Пласт. Массы. – 1982. – № 11. – С. 29-31.
- Басков В. Химия поверхности композитов подвергнутых воздействию влаги // В кн.: Композиционные материалы. Т.6 Поверхности раздела в полимерных композитах. – М.: Мир, 1978. – С. 1-118.
- Subramanian, D.N. Sustain ability of RRC Structures Using Basalt Composite Rebars. The Master builder, 9/2010: – P. 156-164.