

Получена: 22.12.2017 г.

Приета: 21.05.2018 г.

ИЗСЛЕДВАНЕ НА МНОГОГОДИШНОТО ВЛИЯНИЕ НА АТМОСФЕРНИТЕ УСЛОВИЯ ВЪРХУ НАПРЕЖЕНИЯТА НА АРМИРОВЪЧНА СТОМАНА Ø6,5 (А-I) ЗА УТИЛИЗАЦИОННО ИЗПОЛЗВАНЕ

А. Шопов¹, Р. Ганев²

Ключови думи: напрежения, армировка, корозия, утилизационно използване

РЕЗЮМЕ

При възстановяване и усилване на сгради и съоръжения се налага използване на армировъчната стомана със силно изразена корозия от атмосферно влияние и/или импулсни натоварвания. Корозията намалява механичните свойства по два основни начина: намаляване на площта на сечението и увеличаване на дефектите по повърхността.

В доклада е изследвано влиянието на 18-годишен корозионен процес върху армировъчната стомана Ø6,5 (А-I) при атмосферни условия от обект в София. Представени са експериментално получени данни и са анализирани възможностите за възстановяване и усилване на сгради и съоръжения.

1. Въведение

Съществуват случаи в практиката, където по различни причини се решава да бъде спиран даден строеж. Обектът се затваря, във вида в който съществува. „Чакащата” армировка следва да бъде консервирана, но се оставя на атмосферното въздействие и настъпва процесът корозия.

¹ Антонио Шопов, докторант инж., ТУ – София, бул. „Св. Кл. Охридски“ 8, 1756 София, e-mail: shoroff@mail.bg

² Ради Ганев, доц. д-р инж., ВСУ „И. Каравелов”, София, ул. „Суходолска“ 175, 1373 София, e-mail: radiganev@abv.bg

Корозията е самопроизволно разрушаване на металите в резултат на действие на климатичните условия. Окисляването на метала и редукцията на окислителния компонент се извършват с един акт.

2. Експериментална част

На спрян строеж с координати 42043'57.7"N и 23018'15.2"E, през 1998 г., е оставена „чакаща” армировка, фиг. 1.



Фиг. 1. Общ поглед на основите на строежа и местата за вземане на пробни тела

От три армировъчни мрежи на стоманобетоновите шайби са взети по десет броя пробни тела, с дължина 250 mm и диаметър 6,5 mm. Химичният състав на армировъчната стомана е направен в Институт по металознание „Акад. А. Балевски” към БАН, чрез метод ТПК 504-2, при 22 °C и е показан в табл. 1.

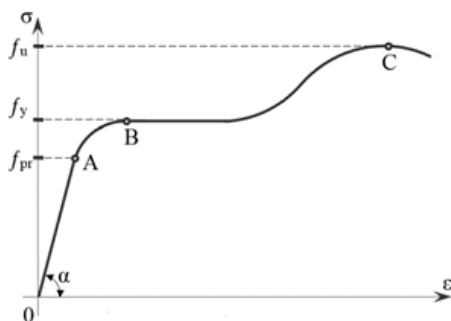
Таблица 1. Химичен състав на армировъчната стомана

Химически елементи и състав [%]										
C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	N	Cu	As	Fe
0,209	0,181	0,522	0,268	0,049	0,037	0,288	0,006	0,263	0,071	96,714

Пробните тела са изпитани на опън и данните са снети с екстензометър модел LVDT, при работна дължина 200 mm. Изследванията и заснемането са извършени на сканиращ електронен микроскоп SEM, дигитализиран, с детектори за изображение с вторични електрони (SEI) ускоряващо напрежение 30 kV, със степен на увеличение до 20 000 пъти. Металографският анализ е направен, съгласно стандарти E3-95 Preparation of Metallographic Specimens, E407-93 Micro etching Metals and Alloys.

3. Резултати и дискусия

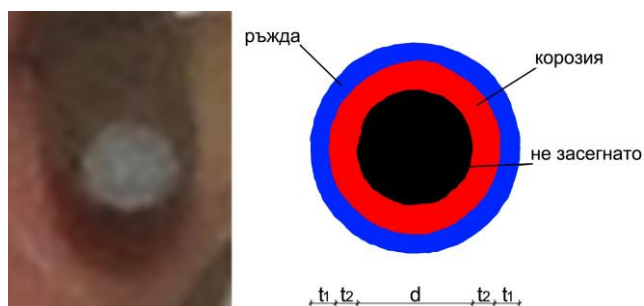
От химическия анализ се установява, че съставът на стоманата съответства на БДС 4758-84, стомана А-I (ниско въглеродна Ст3). Известни са характерните стойности на кривата на деформиране на стоманата, а класическата работна диаграма е показана на фиг. 2.



Фиг. 2. Класическата работна диаграма на стомана А-І, [8]

От фиг. 2 се вижда: f_{pr} – граница на пропорционалност – 72 МПа, f_y – граница на провлачане – 225 МПа, f_u – якост на опън – 360 МПа.

При извършеното наблюдение е установен следният вид на реално и идеализирано сечение, фиг. 3.



Фиг. 3. Реално изображение и идеализираното сечение

Работен момент, фиг. 4 от изпитване на опън за отчитането на данните с екстензометър с два LVDT – възприемателя, който е на индуктивен принцип и между горната и долната част няма физически контакт и риск при разрушаване. Спомага за намаляване (ограничаване) на мерната дължина и деформируемостта, а получените опитни резултати са дадени в табл. 2.



Фиг. 4. Екстензометър с два LVDT по време на изпитване, скорост 0,6 mm/min, [6]

Таблица 2. Резултати от измерване на пробните тела

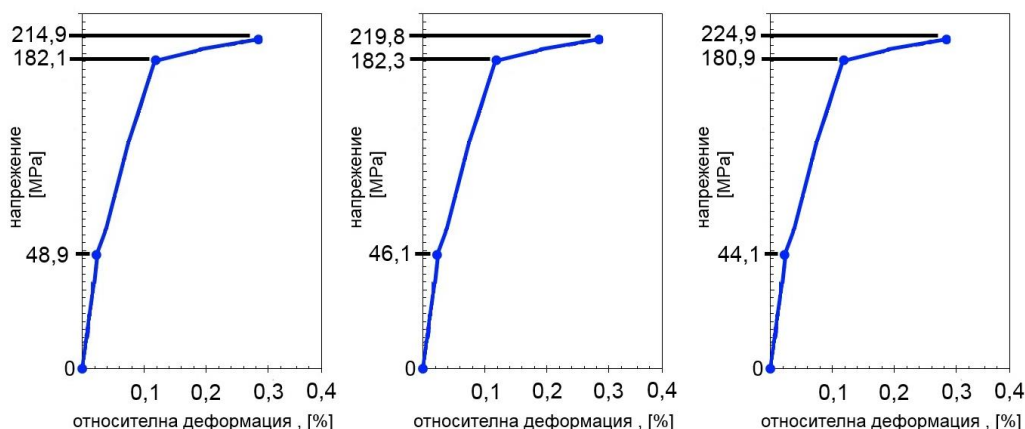
№ по ред	Пробно тяло	t_1 – дебелина на ръждата [mm]	t_2 – дебелина на корозията [mm]	d – диаметър на не корозиралата част [mm]	f_{pr} [MPa]	f_y [MPa]	f_u [MPa]
1	Шайба № 1	0,022	0,7120	4,617	51,08	182,24	213,22
2	Шайба № 1	0,026	0,7145	4,638	50,19	181,11	213,71
3	Шайба № 1	0,019	0,7085	4,661	50,55	184,41	213,92
4	Шайба № 1	0,022	0,7205	4,648	49,55	180,08	214,3
5	Шайба № 1	0,027	0,7190	4,698	49,12	182,43	214,35
6	Шайба № 1	0,026	0,7155	4,681	49,27	181,92	214,67
7	Шайба № 1	0,022	0,7135	4,768	47,09	181,01	215,4
8	Шайба № 1	0,026	0,7220	4,713	48,60	182,78	215,68
9	Шайба № 1	0,027	0,7260	4,762	47,21	181,71	216,24
10	Шайба № 1	0,023	0,7110	4,774	46,97	182,75	217,47
11	Шайба № 2	0,023	0,7160	4,774	46,58	181,52	217,82
12	Шайба № 2	0,022	0,7090	4,781	46,44	181,85	218,22
13	Шайба № 2	0,022	0,7165	4,778	46,12	180,50	218,41
14	Шайба № 2	0,019	0,7035	4,783	46,02	181,62	219,76
15	Шайба № 2	0,023	0,7005	4,785	45,98	181,88	220,07
16	Шайба № 2	0,022	0,7055	4,788	45,92	181,94	220,15
17	Шайба № 2	0,025	0,7120	4,789	46,68	185,16	220,34
18	Шайба № 2	0,021	0,7215	4,792	45,85	182,34	220,63
19	Шайба № 2	0,022	0,6985	4,797	45,75	182,77	221,15
20	Шайба № 2	0,024	0,6985	4,802	45,66	182,98	221,41
21	Шайба № 3	0,024	0,7155	4,798	45,73	183,02	221,45
22	Шайба № 3	0,021	0,7310	4,804	44,88	181,07	222,72
23	Шайба № 3	0,021	0,7105	4,808	44,80	181,51	223,26
24	Шайба № 3	0,025	0,7110	4,802	44,55	180,10	223,32
25	Шайба № 3	0,028	0,7060	4,808	44,44	180,71	224,08
26	Шайба № 3	0,025	0,7100	4,834	43,61	179,66	224,58
27	Шайба № 3	0,025	0,7185	4,814	43,98	179,82	224,78
28	Шайба № 3	0,024	0,7080	4,848	43,02	179,46	226,12
29	Шайба № 3	0,019	0,7105	4,851	43,31	181,17	226,46
30	Шайба № 3	0,023	0,7220	4,862	43,11	181,26	226,58

След обработка на получените данни са получени следните средноаритметични стойности, табл. № 3.

Таблица 3. Резултати от измерване на пробните тела

Средни стойности			
	f_{pr} [MPa]	f_y [MPa]	f_u [MPa]
ШАЙБА № 1	48,9	182,1	214,9
ШАЙБА № 2	46,1	182,3	219,8
ШАЙБА № 3	44,1	180,9	224,3

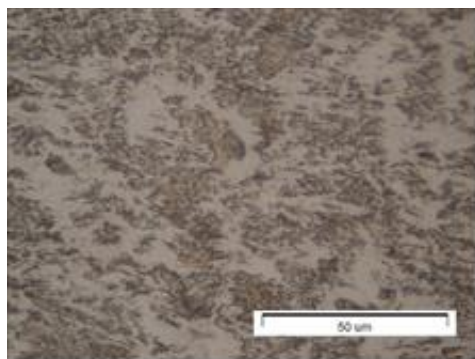
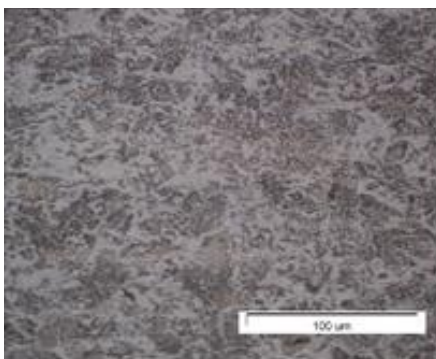
Диаграми на зависимост напрежение/относителна деформация за стойностите на f_{pr} – граница на пропорционалност, f_y – граница на провлачане и f_u – якост на опън са показани на фиг. 5 – намаляване на якостта на опън [3].



Фиг. 5. Диаграми на зависимост напрежение/относителна деформация за пробните тела – шайба № 1, шайба № 2 и шайба № 3

От фиг. 5 се установява, че корозията се отлепва при определено условие, което означава, че възниква напрежение в нея и спомага за носещата способност на елемента.

Изследвани са три типа армировка, съответстваща на 214,9, 219,8 и 224,3 MPa. Централната зона при всички опитни тела има изразен релеф. При големи увеличения добре се виждат стените на порите, разкрити от преминалите пори [1] и [2]. При всички пробни тела, когато в дадена зона настъпва окончателно разрушаване от натоварване, пукнатините рязко променят направлението си и образуват зъб. Характерът на разрушаването в зоните е опъново, фиг. 6 и 7.



Фиг. 6. Металографска снимка в области 214,9 МПа и 219,8 МПа



Фиг. 7. Фрактографска повърхнина на арматурна стомана в област 224,3 МПа

От фиг. 6 и фиг. 7 се виждат уморните бразди във вид на пакети. Всеки пакет съдържа успоредни бразди, но отделните пакети имат различна кристалографска ориентация и сключват значителен ъгъл помежду си, обикновено 60° или 120° , поради структурата на мангана [3] и [4]. Армировъчната, ниско въглеродната стомана е изградена от перлит (тъмните зърна) и ферит (светлите зърна). Различната структура на съставените от желязо и въглерод материали (сплави), предопределя и различни дадености към образуване на пукнатини. На повърхността на разрушаване се забелязва силно изразен ивичест характер, като разположението на ивиците е неопределено и без зависимост. Може да се предполага, че има обединяване на феритни ивици, което вероятно се дължи на различната твърда устойчивост на елементите в стоманата [5] и [6]. Забелязва се, че няма обособен център на зараждане на пукнатини. В началото на разпространение на пукнатините се регистрират участъци, разположени напречно на посоката на натоварването с наличието на вторични пукнатини в тях, които предполагат забавяне на развитието на пукнатината. Изследванията показват, че процесът на разрушаване е сложен [7].

Някои автори приемат [8], [9] и [10], че структурата трябва да се състои от контролирано количество долен бейнит с отсъствието на карбиди в него. Присъствието на пакетен мартензит в ниско въглеродни закалени стомани е причината за голяма якост и пукнатиноустойчивост, а наличието на иглест ферит довежда до пукнатиноустойчивост с определена степен. Наличието на иглест ферит в структура горен бейнит е причина за по-малката якост на нисковъглеродна силициева стомана.

4. Изводи

Изключителната сложност на процеса на разрушаване, както и силната му чувствителност към влиянието на различни структурни, конструкционни, технологични и експлоатационни фактори, налагат необходимостта от повишаване на надеждността на стомани в бетоновите елементи.

За оценка на потенциала на приложените стомани се използва дълготрайността, свързана с решаване на цял комплекс от сложни задачи. Безспорно може да се твърди, че атмосферната корозия оказва сериозно влияние върху якостните характеристики на строителната стомана.

Установено е, че влиянието е не само механично, понижаващо механичните характеристики, но се наблюдават и структурни промени. Корозията оказва влияние върху материала, който е възприет като еластично-пластичен. Стартират признаци на крехък материал вследствие на корозионното въздействие.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Ahmmad, Md Mobesher; Sumi, Y.* Strength and deformability of corroded steel plates under quasi-static tensile load. *Journal of marine science and technology*, 2010.

2. *Almusallam, Abdullah A.* Effect of degree of corrosion on the properties of reinforcing steel bars. *Construction and Building Materials*, 2001.

3. *Chen, Gang, et al.* Experimental study on the properties of corroded steel fibres. *Construction and Building Materials*, 2015.

4. *Cherry, Jeffery L.* Analyses of containment structures with corrosion damage. ASME pressure vessels piping div publ pvp, 1996.

5. *Chung, Lou; Najm, Husam; Balaguru, Perumalsamy.* Flexural behavior of concrete slabs with corroded bars. *Cement and Concrete Composites*, 2008.

6. *François, Raoul; Khan, Inamullah; Dang, Vu Hiep.* Impact of corrosion on mechanical properties of steel embedded in 27-year-old corroded reinforced concrete beams. *Materials and structures*, 2013.

7. *Kaita Tatsumasa, Ikeda Hiroyuki, J.M.R.S. Appuhamy, Ohaga Mitao, Fujii Katashi.* Experimental study on remaining tensile strength of wide steel specimens with different corrosion conditions. *Internet Journal of Society for Social Management Systems*, Issue 6, Vol. 1, 2010.

8. *Кисляков, Сава Д.* Съпротивление на материалите. ДИ „Техника“, 1975.

9. *Li, Fumin, et al.* Numerical Simulation Method for Fracture Effect of Corroded Steel Strand Under Tension. 2014.

10. *Shetty, Akshatha; Venkataramana, Katta; Narayan, K. S.* Effect of corrosion on flexural bond strength. *Journal of Electrochemical Science and Engineering*, 2014.

SURVEY ON THE MULTI-ANNUAL INFLUENCE OF ATMOSPHERIC CONDITIONS ON THE STRAIN OF THE REINFORCED STEEL Ø6,5 (A-I) FOR REUSE

A. Shopov¹, R. Ganev²

Keywords: strain, reinforced steel, corrosion

ABSTRACT

When renovating and reinforcing buildings and facilities, it is necessary to use reinforcement steel with strong corrosion of atmospheric influence and/or impulse loads.

Corrosion reduces mechanical properties in two major ways: reducing cross-sectional area and increasing surface defects.

The report examines the influence of an 18-year corrosion process on a steel reinforcement steel Ø6,5 (A-I) under atmospheric conditions of a structure in Sofia.

Experimental data are presented and the possibilities for recovering and strengthening of buildings and facilities are analysed.

¹ Antonio Shopov, Eng. PhD student, TU – Sofia, 8 “St. Kl. Oxridski” Blvd., Sofia 1756,
e-mail: shopoff@mail.bg

² Radi Ganev, Assoc. Prof. Dr. Eng., VSU “L. Karavelov” – Sofia”, 175 “Suhodolska” St., Sofia 1373,
e-mail: radiganev@abv.bg