

## PROCESELE DE COROZIUNE A ARMĂTURILOR BETONULUI ÎN MEDII GAZOASE

<sup>2</sup> I. Rusu, dr. hab., prof. univ., <sup>1</sup> O. Mitoșeriu, dr. ing., prof. univ., <sup>1</sup> I. Colesnic, drd.

<sup>1</sup> Universitatea "Dunărea de jos", Galați, România

<sup>2</sup> Universitatea Tehnică a Moldovei

### 1. INTRODUCERE

Este cunoscut faptul, că la coroziunea atmosferică a metalelor, viteza procesului, în mare măsură, este determinată de umiditatea aerului [1]. Însă aerul umed curat acționează slab asupra procesului de coroziune a oțelului. Coroziunea oțelului sporește liniar la mărirea umidității relative a aerului, rămânând, în general, neînsemnată [2].

Viteza de coroziune a armăturii în beton depinde de densitatea, respectiv permeabilitatea, și de starea de umiditate a lui. V.M. Moskvin arată [3], că în betonul compact armătura practic nu se corodează la umiditatea relativă a aerului mai mică de 60%. Dezvoltarea maximă a coroziunii are loc la umiditatea de 80%. Cu creșterea umidității aerului până la 95% și mai mult, procesul de coroziune scade puțin.

### 2. PARTEA EXPERIMENTALĂ

Determinarea influenței umidității relative a

aerului (60, 80, 95%) asupra vitezei de coroziune a oțelului, în zona fisurilor, s-a realizat în camere termohidrostatice, la temperatura de 50°C, la concentrații mai mare a CO<sub>2</sub>, decât în atmosferă. La o umiditate mai mică a aerului (60%) urme de coroziune au fost observate în fisurile de 0,1mm și mai mult, însă adâncimea atacului a fost neînsemnată (tabelul 1). Acest fapt poate fi explicat prin frânarea procesului anodic de ionizare a fierului și rezistența termică mare a betonului, atunci când în aceste condiții este ușurată difuzia oxigenului prin beton. La o umiditate mai mare a aerului (80 și 95%) pe armătură, în zona fisurii, s-au format ciupituri, cu adâncimea de 150-170 μm, ce depășește cu mult adâncimea atacului pe oțelul neacoperit cu beton în aceleași condiții.

În rezultatul micșorării rezistenței ohmice a betonului umed se intensifică acțiunea perechilor galvanice și se accelerează procesul anodic.

Menținerea probelor cu fisuri (mărirea probelor 125 × 150 × 1100 cm), în mediul ce simulează atmosfera industrială fără gaze

**Tabelul 1.** Rezultatele verificărilor probelor în camerele termohidrostatice timp de 12 luni.

Mărima deschiderii fisurilor, mm	Numărul de cazuri de apariție a coroziunii în % la umiditatea relativă a aerului.			Adâncimea atacului corosiv în μ la umiditatea relativă a aerului				
	60%	80%	95%	60%	80%		95%	
					maximă	medie	maximă	medie
0,05	0	0	0	0	0	0	0	0
0,1	45	50	35	0	85	65	135	75
0,2	80	75	65	0	125	85	145	75
0,3	95	95	—	0	155	105	—	—
0,4	105	75	75	0	145	105	175	125
0,6	105	105	105	0	155	95	175	115
0,8	105	105	—	0	165	105	—	—
1,0	110	115	120	5	175	110	185	130

agresive, la umiditatea relativă a aerului 40-50% timp de 12 luni, nu a provocat coroziunea armăturii, dar are loc carbonatarea adâncă a betonului (până la 15-20 mm). La o umiditate ridicată a aerului (70 - 90%) și la umezirea periodică suplimentară a betonului timp de 12 luni, coroziunea oțelului

capătă o dezvoltare considerabilă (tabelul 2) și o carbonatare mai mică a betonului (4-5 mm). Probabilitatea apariției coroziunii, răspândirea ei pe suprafața armăturii și adâncimea ciupiturilor, crește odată cu mărirea deschiderii fisurilor.

**Tabelul 2.** Rezultatele verificării probelor în mediu ce simulează atmosfera industrială la umiditatea relativă a aerului.

Mărimea fisurilor, mm	Numărul cazurilor de apariție a coroziunii, %	Distribuția coroziunii de-a lungul barei, mm		Adâncimea atacului corosiv, $\mu\text{m}$	
		Maximă	Medie	Maximă	Medie
0,05	25	12	9	115	80
0,1	35	14	12	145	85
0,2	85	14	10	185	125
0,4	95	17	12	225	165
0,6	100	22	16	225	185
0,8	100	24	18	230	190

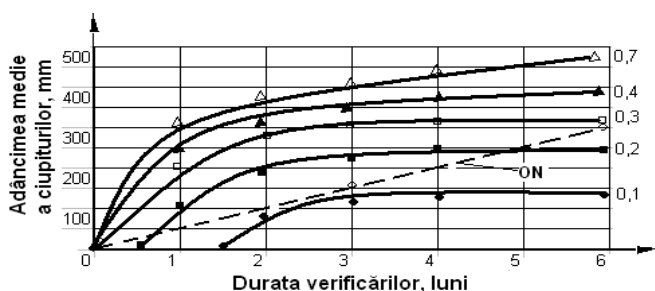
S-au simulat condițiile atmosferice urbane și marine, în care au fost menținute grinzile de beton armat cu deschiderea fisurilor de la 0,05 până la 1,0 mm. Rezultatele verificărilor arată influența considerabilă a mărimii deschiderii fisurilor și a factorilor climatici simulați asupra coroziunii oțelului în zona fisurilor (tabelul 3). Din tabelul 3 rezultă, că în condițiile unei clime mai uscate a orașului mărimile atacului corosiv sunt aproximativ

de 2 ori mai mici, decât în condițiile climatice marine.

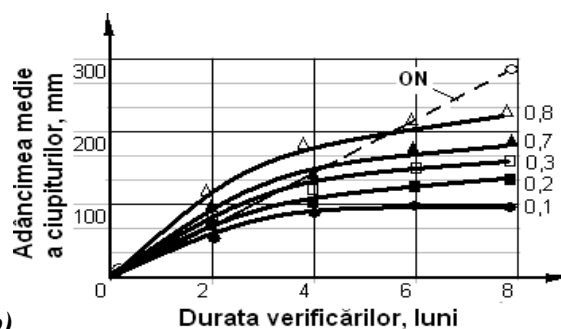
O deosebire caracteristică este și micșorarea vitezei de coroziune a oțelului (figura 1) în condițiile atmosferice pe parcursul timpului. Aceasta poate fi explicat prin tasarea fisurilor cu produși ai interacțiunii chimice și electrochimice, fapt ce împiedică difuzia agenților agresivi prin fisuri spre suprafața oțelului.

**Tabelul 3.** Coroziunea oțelului beton din probele aflate în condiții atmosferice simulate urbane și marine.

Mărimea fisurilor, mm	Distribuția coroziunii de-a lungul barei în mm, în condiții atmosferice				Adâncimea atacului corosiv în $\mu\text{m}$ , în condiții atmosferice			
	Urbană		Marină		Urbană		Marină	
	Maximă	Medie	Maximă	Medie	Maximă	Medie	Maximă	Medie
0,1	7	6	18	9	35	20	88	66
0,2	8	7	21	15	75	45	147	110
0,3	—	—	26	17	45	25	159	126
0,4	19	17	—	—	80	50	—	—
0,5	—	—	31	19	—	—	—	—
0,6	10	8	—	—	85	45	—	—
0,7	17	13	33	23	75	40	188	156
0,8	20	16	34	26	90	55	192	173



a)



b)

**Figura 1.** Cinetica coroziunii oțelului beton în zona fisurilor: a – în condiții de umezire periodică cu apă (1h pe zi); b – în condiții atmosferice marine. Cifrele de lângă curbe indică mărimea fisurilor, mm.

ON - oțel neacoperit cu beton.

Influența agresivă a mediului se intensifică în prezența gazelor, ca: HCl, Cl<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S, etc. Dacă în atmosfera industrială sunt prezenți HCl și Cl<sub>2</sub>, procesul de coroziune al oțelului începe în fisurile

de orice mărime [4]. Numărul de cazuri de apariție a coroziunii crește odată cu mărimea deschiderii fisurilor și duratei de menținere (tabelul 4). Crește proporțional și răspândirea coroziunii pe suprafața

barelor de oțel, fapt ce mărește pericolul de coroziune a armăturii și împiedică conlucrarea ei cu betonul (figura 2).

Concentrația HCl în aer a variat de la 0,005 până la 0,07 mg/l, de Cl<sub>2</sub> - de la 0,001 până la 0,07 mg/l, de SO<sub>2</sub> - de la 0,015 până la 0,2. Temperatura aerului a variat de la 14 până la 50 °C, iar umiditatea aerului a variat de la 40 până la 80%.

Datele obținute demonstrează despre agresivitatea înaltă față de probele din beton armat.



**Figura 2.** Coroziunea armăturii BST 500 în atmosfera industrială cu Cl<sub>2</sub> timp de 12 luni în zona fisurilor de mărime 0,2 - 0,5 mm la grosimea stratului de protecție din beton - 25 mm.

**Tabelul 4.** Rezultatele verificărilor grinzilor din beton armat în atmosfera industrială.

Mărimea fisurilor, mm	Numărul de cazuri de apariție a coroziunii, %		Distribuția coroziunii de-a lungul barei de oțel, mm				Adâncimea ciupiturilor, μm			
	6 luni	12 luni	6 luni		12 luni		6 luni		12 luni	
			maximă	medie	maximă	medie	maximă	medie	maximă	medie
0,05	4	25	10	—	20	12	65	—	60	35
0,1	20	45	15	12	24	17	80	68	70	60
0,2	40	50	20	18	30	26	105	88	108	75
0,3	63	70	33	20	38	37	100	110	118	80
0,4	77	82	38	23	43	40	120	118	127	100
0,5	80	88	41	31	47	42	133	122	140	110
0,6	83	92	45	38	53	48	150	135	160	122
0,7	90	95	52	40	60	53	168	155	173	160
0,8	95	100	55	48	68	60	173	170	200	180
0,9	100	100	58	50	75	63	200	180	220	198

### 3. CONCLUZII

Procesul de coroziune are loc în fisurile de mărimea 0,05-0,4 mm și la o adâncime mică de atac corosiv, când se observă o dezvoltare a zonei de activare (75-98 mm).

La o deschidere a fisurilor, egală cu 0,4 - 0,6 mm, și îndeosebi 0,8 - 0,9 mm, adâncimea atacului corosiv crește considerabil (aproximativ de 1,5-3 ori).

Creșterea umidității relative a aerului, în prezența Cl<sub>2</sub>, intensifică coroziunea de 3 - 4 ori. Prin urmare, în atmosfera industrială, care conține Cl<sub>2</sub>, construcțiile din beton armat nu trebuie să aibă fisuri.

În prezența SO<sub>2</sub>, la umiditatea relativă a aerului de 40 - 60% și deschiderea fisurilor mai mult de 0,4 mm, procesul de coroziune se intensifică.

### Bibliografie

- D. Knotkova-Cermakova.** Corrosion aggressivity of atmosphere. Derivation and classification // *Atmospheric corrosion of Metals*. Philadelphia, 2005. P. 225-249.
- I. Jirovsk'y.** Measuring Time of surface wetness to determine atmospheric corrosion // *Atmospheric corrosion*. N.Y., 2002. P. 69-82.
- V.M. Moscvin ș. a.** Korrozia betona i jelezobetona, metody ih zashhity. M.: Strojizdat, 1980. 535 s.
- V.V.Petrov ș. a.** Raschiot elementov konstruktzij vzaimodejstvuyusshih s agressivnoj sredoj. Sverdlovsk.: 2006, S. 24-29.