

КОРОЗИВНО ОДНЕСУВАЊЕ НА ЧЕЛИКОТ (JUS Č 0146)
ВО ХЛОРОВОДОРОДНА КИСЕЛИНАТ. Грчев¹, Т. Стафилов², К. Василева³ и Д. Чамовска¹¹Технолошко-металуршки факултет, Универзитет "Кирил и Методиј", Скопје²Институт за хемија, Природно-математички факултет,
Универзитет "Кирил и Методиј", Скопје³Институт за рударство и металургија,
Рудници и железарница "Скопје", Скопје

Со цел да се определи влијанието на најважните параметри во процесот на корозија на ниско јаглеродниот челик JUS Č 0146 во хлороводородна киселина (концентрација на киселината, 2-10%, температурата, 303-353 K, концентрација на феро јоните, 0-10%, и хидродинамичките услови) беа преземени бројни испитувања со помош на: гравиметриски, спектрофотометриски и електрохемиски методи.

Врз основа на добиените зависности за брзината на корозијата, одделно за секој параметар, добиена е следнава сумарна равенка:

$$v_{\text{кор.}} = 1,52 \cdot 10^{17} C_{\text{НС1}}^{0,6} \exp(-98.000/RT) + 190 C_{\text{Fe}^{2+}}, \quad \text{g/m}^2 \cdot \text{h}$$

У В О Д

Општо е познато дека врз брзината на корозијата на металите во кисели водени средини најголемо влијание имаат концентрацијата на киселината и температурата. Притоа, во најголем број случаи, брзината на корозијата на металите е, главно, определена со брзината на катодната, водородната, реак-

ција: $2\text{H}^+ + 2\text{e} = \text{H}_2$. Брзината на водородната реакција при дадена концентрација на водородните јони во средината, главно, зависи од вредноста на водородниот пренапон којшто од своја страна зависи од: површинскиот состав на челикот, особено на С во него, рапавоста на површината, температурата и присуството на други јони во средината. Анодната реакција како дел од корозивниот процес во кисели водени средини се одвива со поголема брзина, односно при помали вредности на пренапон. Тоа може да се согледа од вредностите на Тафеловите коефициенти за катодната, односно за анодната реакција кои за железо, односно челик во кисели средини изнесуваат: $b_k = 100-160$ мV/дек., $b_a = 40-80$ мV/дек. [1-3].

Влијанието на концентрацијата на HCl врз брзината на корозијата на челикот беше следено во концентрационо подрачје од 2 до 10% теж. HCl ($0,55-2,7$ mol/dm³) и во температурниот интервал од 303 до 353 К.

Во литературата постојат многу податоци за корозивното однесување на железото, како и на разни видови челици во хлороводородна киселина кои меѓусебно се разликуваат, главно, поради: влијанието на површинскиот состав на металот, односно легурата, начинот на површинска подготовка пред експериментот, степенот на рапавоста итн.

Тоа може да се согледа и од нашите прелиминарни испитувања на брзината на корозијата на челикот JUS Č 0146 во 6% HCl при 353 К. Овие испитувања беа направени со помош на гравиметрискиот и спектрофотометрискиот метод кои покажаа релативно добро согласување во граници од $\pm 5\%$. Како што може да се забележи од табелата I, сосема мали разлики во хемискиот состав на различните "партии" од истиот челик доведуваат до значителни промени во брзината на корозијата. Притоа, треба да се нагласи дека дадениот хемиски состав не секогаш се согласува со површинската концентрација на елементите којашто, пак, од своја страна во голема мерка зависи од начинот на термичката, односно механичката преработка на челикот.

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЕН ДЕЛ

Примероци на челични лимови за испитување

Сите испитувања за влијанието на одделните параметри врз брзината на корозијата на челикот (со исклучок на оние за влијанието на хидродинамичките услови) беа изведувани врз примероци од челичен лим (JUS Č 0146) добиен

Табела I

Зависност на брзината на корозијата на челикот
JUS 0146 во 6% HCl од составот (80 °C)

Проба бр. Елемент, %	1	2	3	4	5
$v_{кор}$, $g/m^2 \cdot h$	130	200	330	450	550-580
C	0,080	0,110	0,080	0,082	0,134
S	0,012	0,012	0,011	0,011	0,021
P	0,019	0,020	0,020	0,019	0,015
Si	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010
As	0,053	0,044	0,005	0,006	0,005
Sb	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
Mn	0,425	0,428	0,443	0,426	0,378
Cu	0,063	0,067	0,065	0,064	0,070
Ni	0,076	0,078	0,077	0,076	0,042
Cr	0,011	0,011	0,011	0,011	0,027
Ti	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
V	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
Mo	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001

по процесот на топло валание во Железарницата "Скопје" од Скопје. Овие примероци беа со димензии 70x15x3 mm.

Пред секое мерење овие примероци беа третираны во ацетон (заради отстранување на површински присутните маснотии), потоа во концентрирана хлороводородна киселина (заради отстранување на металните оксиди), а на крајот промивани со топла дестилирана вода и ацетон.

За утврдување на влијанието на хидродинамичките услови врз брзината на корозијата беше користена ротациона дискова електрода, при што дискот беше направен од истиот челичен лим (пречник 7 mm) поставен во телефонски држач со пречник од 16 mm. Обработката на челичниот диск пред секое мерење се вршеше по механички пат со абразивна хартија до градација 360. Потоа електродата се промиваше со топла вода и ацетон. Вака подготвената дискова електрода служеше и за електрохемиските мерења на брзината на корозијата.

Раствори

Сите испитувања беа вршени во хлороводородна киселина со концентрација од 2 до 10%, добиена со разредување на техничка концентрирана киселина, односно концентрирана киселина со *p. a.* чистота и дестилирана вода. Феро јоните беа додавани во раствор како $\text{FeCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ (Merck, *p. a.*).

Сите испитувања беа вршени во стаклени ќелии со двојни ѕидови и термостатирани при дадена температура.

Методи на испитување

Во овој труд брзината на корозијата на челикот во HCl , во најголем број случаи, беше следена со помош на: гравиметрискиот (загуба на маса) и спектрофотометрискиот метод. За таа цел беше користен стандардниот фенантролински метод. Имено, феро јоните од киселата средина по додавањето на определено количество фенантролинска смеса (фенантролин, хидроксиламин и оцетна киселина) градат Fe(II) -фенантролински комплекс со црвено обојување кој покажува максимална екстинција при 508 nm.

Електрохемиските определувања на брзината на корозијата беа изведувани врз вртлива дискова електрода како и "мирна" Fe електрода во стандардна електрохемиска ќелија во потенциодинамички услови (1 и 5 mV/s). Како помошна електрода служеше платинска фолија со површина од околу 15 cm^2 а како референтна-заситена каломелова електрода.

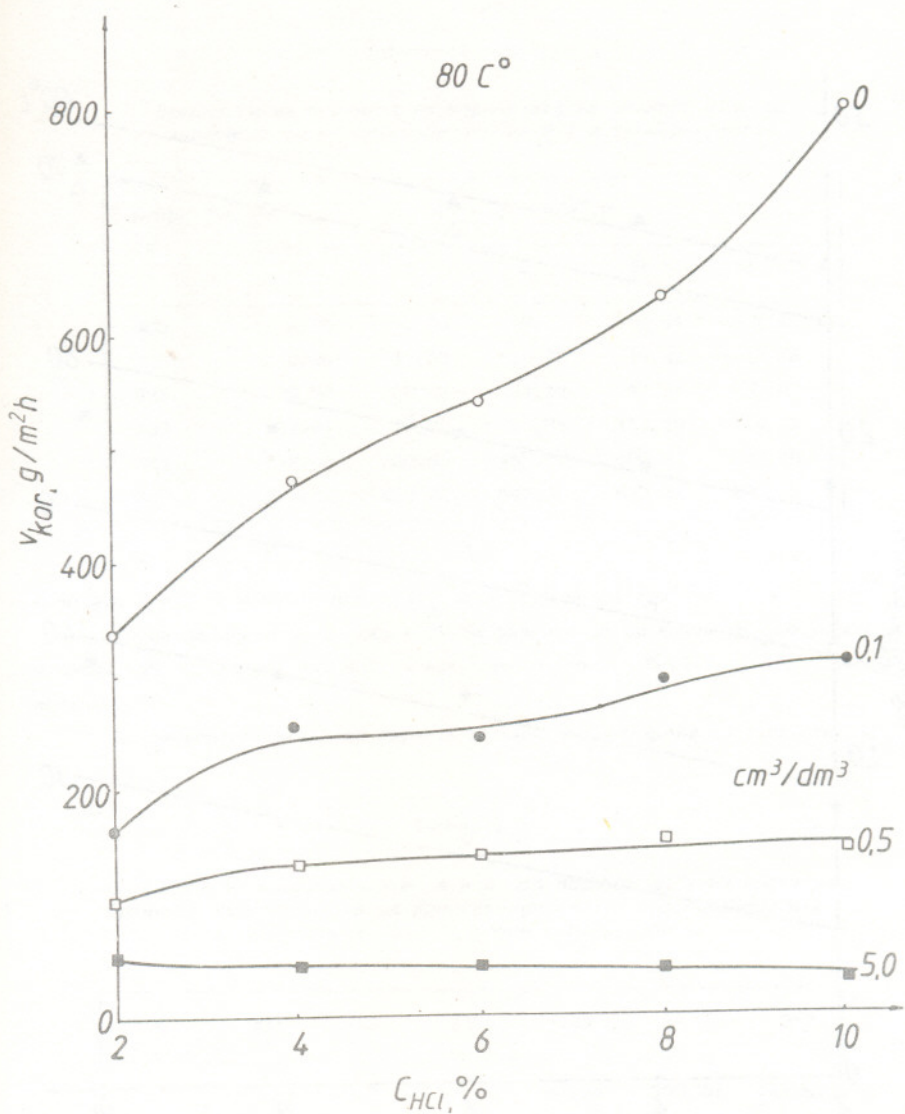
РЕЗУЛТАТИ И ДИСКУСИЈА

Влијание на концентрацијата на HCl и температурата

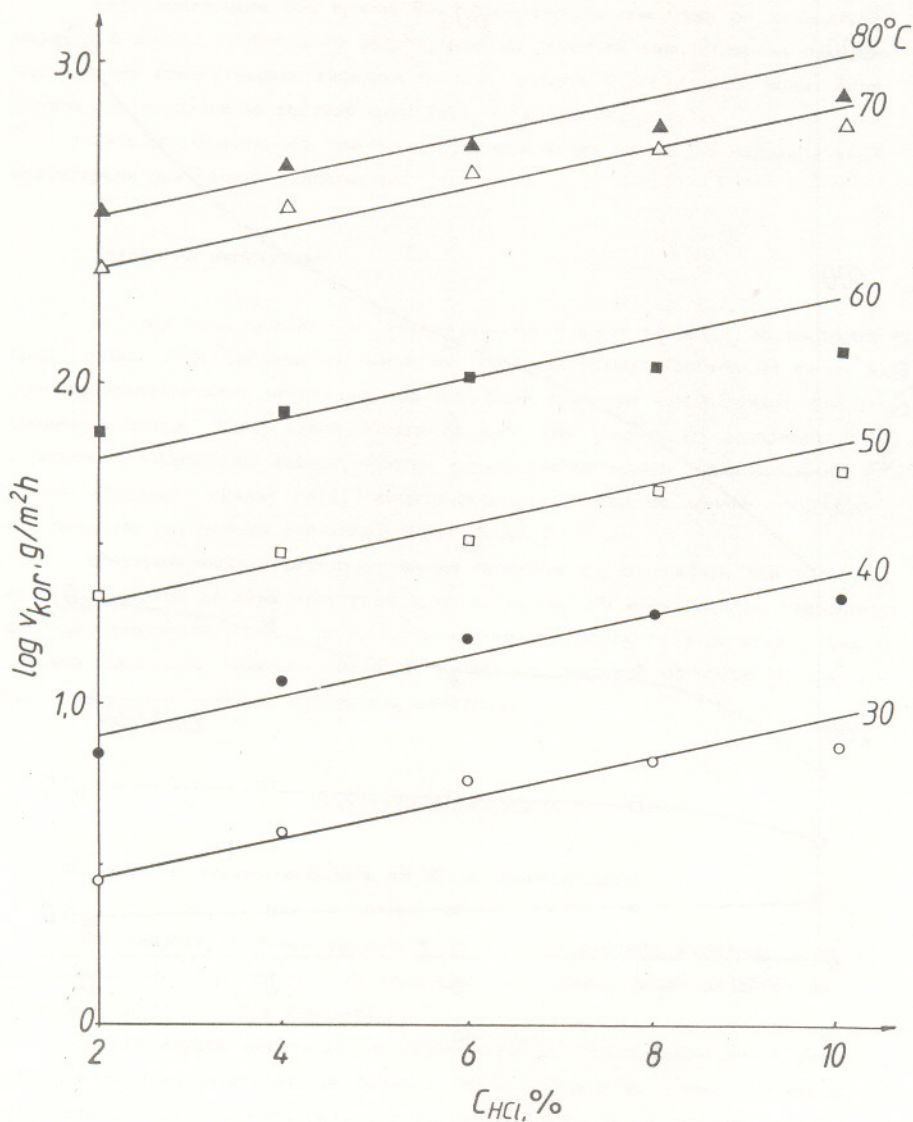
Влијанијата на концентрацијата на хлороводородната киселина, како и на температурата врз брзината на корозијата на челикот можат најдобро да се согледаат од сл. 1 и 2 и табелата II.

Математичката обработка на графички и табеларно прикажаните резултати покажа дека зависноста на брзината на корозијата на челикот од концентрацијата на HCl , при константна температура, може да се прикаже со помош на равенката:

$$v_{\text{кор}} = A C_{\text{HCl}}^B, \quad \text{g/m}^2 \cdot \text{h}$$



Сл. 1 Зависност на брзината на корозијата на челикот 0146 од концентрацијата на HCl во отсуство и присуство на неколку концентрации на инхибиторот Qwene



Сл. 2 Зависност на брзината на корозијата на челикот 0146 од концентрацијата на HCl и температурата

Табела II

Вредности на брзината на корозијата на челикот 0146 во зависност од концентрацијата на HCl и температурата

Температура $^{\circ}\text{K}$	$\nu_{\text{кор}}$, $\text{g/m}^2 \cdot \text{h}$				
	2	4	6	8	10 %HCl
303	2,75	4,00	5,72	6,44	7,45
313	6,90	11,56	15,72	19,22	22,16
323	20,98	28,67	31,48	47,34	53,93
333	67,61	77,78	101,34	112,49	128,22
343	218,00	260,00	456,72	550,40	663,10
353	333,72	470,12	542,30	633,32	801,06

каде што A и B се коефициенти, а C_{HCl} е дадена во mol/dm^3 .

Треба да се нагласи дека горната равенка за брзината на корозијата е добиена за раствори на HCl коишто не содржат Fe(II) јони, односно инхибитор.

Коефициентите A и B од горната равенка се прикажани во табелата III.

Табела III

Вредности на коефициентите A и B од изразот за зависноста на брзината на корозијата од концентрацијата на хлороводородната киселина за различни температури

T, K	303	313	323	333	343	353
A	3,93	10,67	27,78	81,64	300,30	441,83
B	0,62	0,71	0,57	0,40	0,71	0,50
Коефиц. на корелација	0,997	0,999	0,962	0,980	0,967	0,987

Вредностите на коефициентот В, којшто претставува ред на корозивниот процес во однос на водородните јони, се движат во граници од 0,4 до 0,73 и укажуваат на катодна, односно мешовита контрола на корозивниот процес. Од друга страна, овие вредности добро се согласуваат со резултатите на повеќе автори за корозијата на нискојаглеродните челици во HCl /1-8/.

Коефициентот А во табелата III претставува брзина на корозијата на челикот во 1 mol/dm^3 HCl при дадените температури (303 -353 K). Вредностите на овие коефициенти (А и В) се добиени врз основа на експериментално мерените вредности за брзината на корозијата на челикот, според методот на загуба на маса, а со примена на постапката на најмали квадрати. Во сите случаи се добиени високи вредности на коефициентите на корелација (0,97-0,995).

Познато е дека со зголемување на температурата на корозивната средина се намалува вредноста на водородниот пренапон, односно се забрзува водородната реакција и со тоа и корозијата. Како што може да се види од сл. 2, добиени се задоволувачки линеарни зависности меѓу $\log v_{\text{кор}} - C_{\text{HCl}}$ за сите температури, како и линеарни зависности $\log v_{\text{кор}} - T$ за сите испитувани концентрации на HCl. Според тоа, брзината на корозијата на челикот како функција од температурата, за дадена концентрација на HCl, може да се прикаже со помош на следнава емпириска равенка:

$$\log v_{\text{кор}} = A + BT, \quad \text{g/m}^2 \cdot \text{h},$$

каде што температурата е дадена во K.

Вредностите на коефициентите А и В од горната равенка, добиени според методот на најмали квадрати, од податоците дадени во табелата II (средни вредности од најмалку 3 мерења), се дадени во табелата IV.

Табела IV

Вредности на коефициентите А и В од изразот за зависноста на брзината на корозијата од температурата

C_{HCl} теж. %	2	4	6	8	10
A	-12,909	-12,224	-12,044	-11,892	-12,057
$B \cdot 10^2$	4,41	4,24	4,22	4,20	4,28
Коефиц. на корелација	0,994	0,998	0,988	0,989	0,989

Многу блиските вредности на коефициентот B за различни концентрации на HCl укажуваат на мало влијание на концентрацијата на киселината врз енергијата на активацијата на корозивниот процес. Во случај на вака комплексен процес, како што е корозивниот, определената енергија на активација според Арениусовата равенка:

$$v_{\text{кор}} = A \exp \left(- \frac{E_a}{RT} \right), \quad g/m^2 \cdot h$$

претставува, всушност, енергија на активација на најбавната реакција (ако е тоа случај).

Средната вредност на енергијата на активацијата, како и онаа на коефициентот A , за корозијата на челикот во HCl беше пресметана, според истиот метод, врз основа на зависностите $\log v_{\text{кор}} - 1/T$, односно врз основа на вредностите на коефициентот B (табела IV) и равенката:

$$E_a = RT^2 \left(\frac{\partial \ln v}{\partial T} \right)$$

Така, на тој начин добиените средни вредности, за целото концентрациско подрачје на HCl (табела II) и за температурното подрачје од 333 до 353 K изнесуваат: $A = 1,52 \cdot 10^{17}$ и $E_a = 98 \text{ kJ/mol}$.

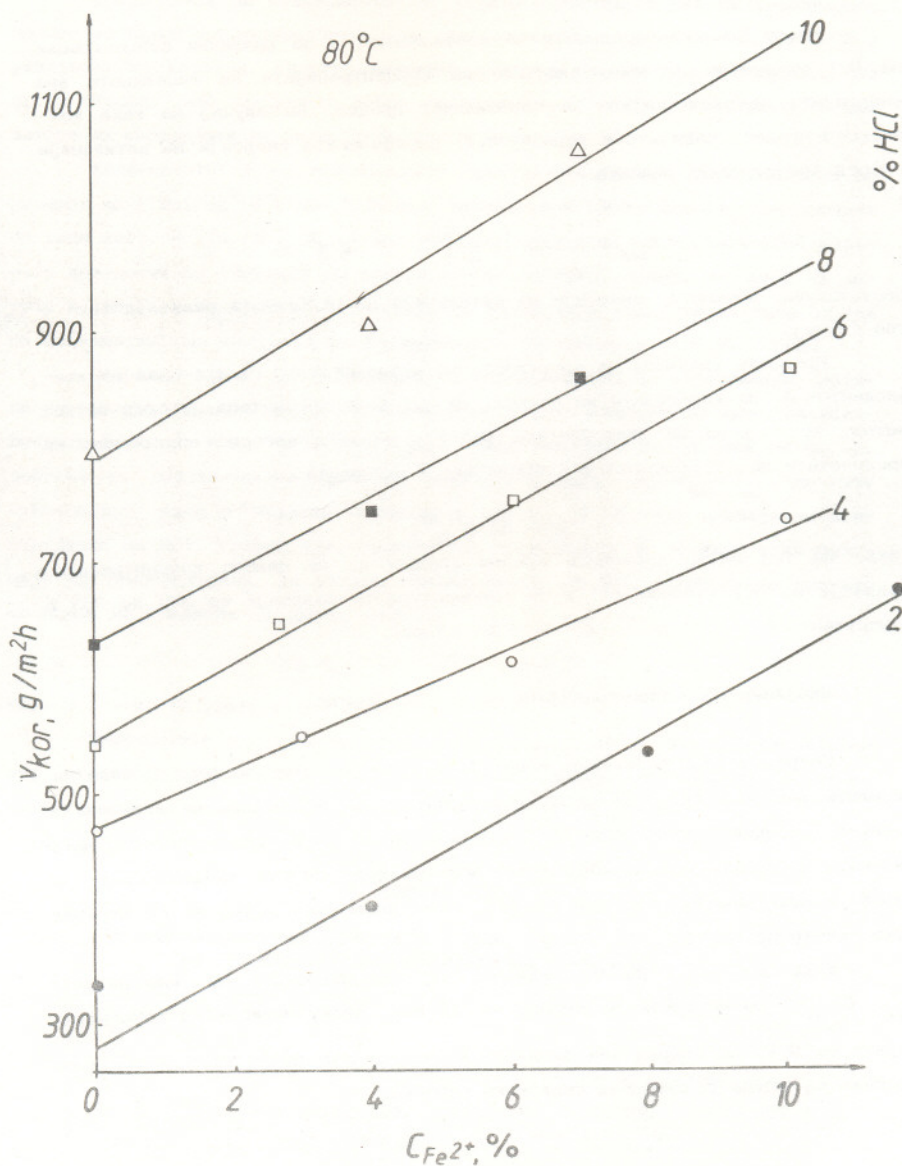
Влијание на концентрацијата на $Fe(II)$ јоните

Според многу досегашни испитувања, присуството на фери јоните во киселите раствори битно ја зголемува брзината на корозијата на железото и челикот. Од нашите испитувања (сл. 3), може да се види дека зависноста меѓу брзината на корозијата и концентрацијата на фери јоните во растворот, во целото концентрационо подрачје на HCl , може релативно добро да се прикаже како линеарна.

Како што може да се види од сл. 3, наклоните на зависностите $v_{\text{кор}} - C_{Fe^{2+}}$, со исклучок за раствор со 4% HCl , малку зависат од концентрацијата на HCl , па според тоа брзината на корозијата на челикот може да се прикаже со помош на следнава емпириска равенка:

$$v_{\text{кор}} = A + B C_{Fe^{2+}}, \quad g/m^2 \cdot h$$

За коефициентот B , за сите концентрации на HCl , е пресметана средна вредност од 190 ± 10 , при што концентрацијата на фери јоните е ладена во mol/dm^3 .



Сл. 3 Зависност на брзината на корозијата на челикот 0146 од концентрацијата на фери јоните за неколку концентрации на HCl

Од друга страна, беше покажано дека концентрацијата на феро јоните не влијае битно врз енергијата на активацијата на корозивниот процес, како и врз степенот на заштита во присуство на инхибитор. Влијанието на феро јоните врз брзината на корозијата на челикот може да се објасни со нивното влијание врз брзината на водородната реакција (намалувањето на водородниот пренапон) и/или со директно учество на малиот процент присутни фери јони во катодната реакција на корозивниот процес.

Влијание на хидродинамичките услови

Како што веќе беше споменато, испитувањата на влијанието на хидродинамичките услови врз брзината на корозијата на челикот беа изведувани врз ротациона дискова електрода. Испитувањата беа изведувани при брзини на дисковата електрода од 0 до 4000 min^{-1} ($66,7 \text{ s}^{-1}$).

Некои од добиените резултати за зависноста на брзината на корозијата на челикот во 2% HCl, при температура од 353 K, се дадени во табелата V.

Табела V

Вредности на брзината на корозијата на челикот 0146 за различни брзини на вртење на дисковата електрода во 2% HCl и 353 K во отсуство и присуство на инхибиторот Qwene

$\omega, \text{ s}^{-1}$	$v_{\text{кор}}, \text{ g/m}^2 \cdot \text{h}$	
	Без инхибитор	Во присуство на $2,5 \text{ cm}^3/\text{dm}^3$ Qwene
0	282	47,4
8,33	320	57,8
16,67	622	85,2
33,33	645	92,0
66,67	660	105,0

Очигледно е дека во отсуство на инхибитор брзината на вртење (ω) значително влијае врз брзината на корозијата до околу 1000 min^{-1} ($16,7 \text{ s}^{-1}$) при поголеми брзини ова влијание драстично се намалува.

Треба да се нагласи дека овие испитувања се вршени со примена на спектрофотометрискиот метод а заради симулирање на индустриските услови и во присуство на растворен молекуларен кислород во киселата средина. Заради тоа, се чини дека влијанието на хидродинамичките услови врз брзината на корозивниот процес треба да се бара исклучително во присуството на кислородот и неговата деполаризациско дејствување врз водородната реакција од корозивниот процес. Од друга страна, јасно е дека заради ниските концентрации на растворениот кислород при овие температури неговиот транспорт до металната површина може да се јави како лимитирачки фактор [9].

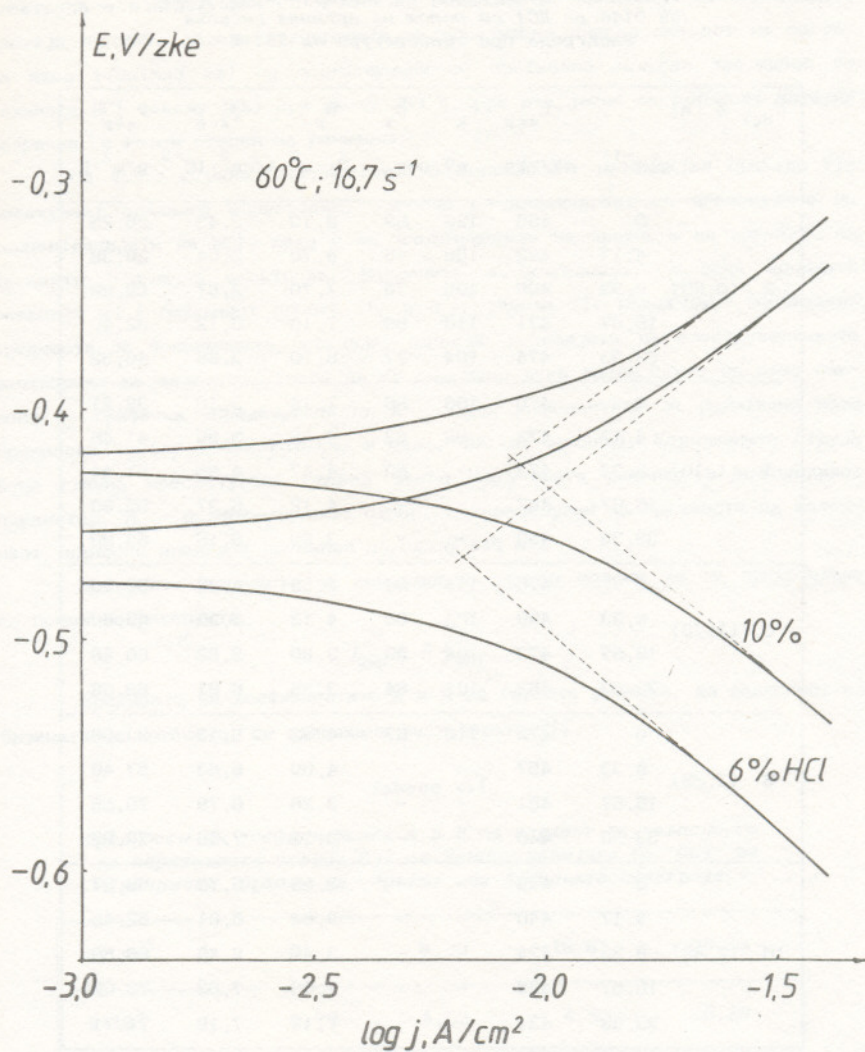
Електрохемиски испитувања на брзината на корозијата на челикот во хлороводородна киселина

Досега презентираниите испитувања на брзината на корозијата на челикот во хлороводородната киселина беа вршени со помош на методите на загуба на маса, односно со определување на концентрацијата на феро јоните во корозивната средина. Со оглед на фактот дека корозивните процеси во електролитички средини имаат електрохемиска природа, нивното покомплексно согледување може да се постигне со помош на електрохемиски испитувања. Овие испитувања, во основа, имаат за цел да ја определат вредноста на корозивната струја и корозивниот потенцијал како битни параметри на корозивниот процес. Тоа, главно, се постигнува на два начина: со определување на поларизациските карактеристики на анодната, односно катодната реакција на корозивниот процес со пошироко потенцијално подрачје, како и со определување на вредноста на т.н. поларизациски отпор (R_p) за мали вредности на анодниот, односно катодниот пренапон (до околу $\pm 15\text{mV}$) или со импедансни мерења ($f \rightarrow \infty$). Меѓутоа, и во двата случаја треба да се определат или да се знаат вредностите на Тафеловите наклони на анодната и катодната реакција на корозивниот процес: b_a и b_k .

Нашите испитувања беа вршени со помош на вртлива дискова електрода (челичен диск со пречник од 7 mm) при брзини на вртење од 0 до 2000 min^{-1} ($33,3 \text{ s}^{-1}$) и при брзина на поларизација од 1 mV/s .

На сл. 4 се прикажани карактеристични поларизациски зависности за определување на корозивната струја, односно брзината на корозијата со примена на вртлива дискова електрода.

Како што може да се види од оваа слика и од резултатите прикажани во табелата VI, корозивната струја и корозивниот потенцијал зависат како од концентрацијата на HCl така и од хидродинамичките услови. Може да се



Сл. 4. Поларизациски зависности за корозијага на челикот 0146 во хлороводородна киселина

Табела VI

Електрохемиски испитувања на корозијата на челикот
JUS 0146 во HCl со помош на вртлива дискова
електрода при температура од 333 K

C _{HCl} % (M)	ω, s^{-1}	$-E_{кор}$	b_k	b_a	R_p	$j_{кор}$	$\nu_{кор}$
		mV/zke	mV/дек.	$\Omega \cdot cm^2$	$A/cm^2 \cdot 10^{-3}$	$g/m^2 \cdot h$	
2 (0,55)	0	495	122	69	9,10	2,43	25,25
	4,17	492	100	75	8,70	2,54	26,39
	8,33	488	105	76	7,70	2,87	29,82
	16,67	471	110	80	7,10	3,12	32,42
	33,33	474	104	77	5,70	3,88	40,32
4 (1,10)	0	470	103	56	7,14	3,10	32,21
	4,17	473	98	52	5,55	3,99	41,46
	8,33	473	-	63	4,47	4,95	51,44
	16,67	467	-	-	4,12	5,37	55,80
	33,33	459	-	-	3,60	6,15	63,90
6 (1,70)	0	478	117	84	4,55	4,86	50,50
	8,33	480	102	80	4,13	5,36	55,69
	16,67	472	104	86	3,80	5,82	60,48
	33,33	462	101	84	3,35	6,61	68,68
8 (2,26)	0	470	110	67	4,32	5,12	53,20
	8,33	457	-	-	4,00	5,53	57,46
	16,67	451	-	-	3,26	6,79	70,55
	33,33	440	-	-	3,12	7,09	73,67
10 (2,86)	0	449	-	-	3,86	5,73	59,54
	4,17	440	-	-	3,68	6,01	62,45
	8,33	424	-	-	3,46	6,40	66,50
	16,67	425	-	-	7,03	7,03	73,05
	33,33	421	-	-	7,19	7,19	74,71

забележи дека добиените вредности за корозивната струја, односно брзината на корозијата на челикот во HCl (табела VI) се за околу два пати помали во споредба со оние добиени според методот на загуба на маса (табела II). Оваа

значителна разлика може, главно, да се објасни со различниот степен на рапавост на металната површина, како и нејзиното влијание врз брзината на водородната реакција. Имено, за електрохемиските мерења челичната дискова електрода е подготвувана со механичко полирање до градација на абразивната хартија од 360, додека примероците за испитување според методот на загуба на маса (70x15x3 mm) се подготвувани со претходно хемиско третирање во техничка HCl (околу 18%) при околу 353 K, при што јасно се добиваат метални површини со голем степен на рапавост.

Од друга страна, вредностите на корозивниот потенцијал (табела VI) покажуваат правилно однесување, односно се анодизираат со зголемување на концентрацијата на HCl, како и со зголемувањето на брзината на вртењето на дисковата, челична електрода. Наклоните на катодната, односно анодната реакција на корозивниот процес (b_k и b_a), табела VI, покажуваат вообичаени вредности за водородната реакција, односно реакцијата на електрохемиското растворање на железото. Треба да се напомене дека вредностите на овие наклони се графички определувани од $E - \log j$ зависностите за релативно мали пренапони (околу 200mV катодно и околу 100 mV анодно). Корозивната струја беше главно пресметувана според Stern-Geary-евата равенка а неопходниот параметар, R_p - поларизациониот отпор, е определуван за вредности на катодниот, односно анодниот пренапон до околу ± 15 mV.

Добиените вредности за корозивната струја можеме да ги претставиме со помош на равенката:

$$j_{\text{кор}} = A C_{\text{HCl}}^B$$

Вредноста на коефициентите A и B од горната равенка, во зависност од брзината на вртењето, се прикажани во табелата VII.

Табела VII

Вредности на коефициентите A и B од изразот за зависноста на корозивната струја (j) од концентрацијата на HCl за различни брзини на вртење на дисковата електрода

$\omega, \text{ s}^{-1}$	0	8,33	16,67	33,33
$A \cdot 10^3$	5,73	4,09	4,50	5,25
B	0,55	0,45	0,49	0,37
Коефиц. на корелација	0,978	0,953	0,968	0,944

Очигледно е дека вредностите на коефициентот В ("ред на корозивниот процес" во однос на концентрацијата на HCl) се блиски до оние добиени според методот на загуба на маса (табела III). Од друга страна, и вредноста на енергијата на активацијата на корозивниот процес, определена од зависноста $\log j_{\text{кор}} - 1/T$, е многу блиска до онаа определена според методот на загуба на маса.

Врз основа на сите погоре наведени испитувања на брзината на корозијата на челикот JUS Č 0146 во HCl изведена е следнава равенка:

$$\nu_{\text{кор}} = 1,52 \cdot 10^{17} C_{\text{HCl}}^{0,6} \exp(-98.000/RT) + 190 C_{\text{Fe}^{2+}}, \quad \text{g/m}^2 \cdot \text{h}$$

Концентрациите на HCl и фери јоните во горната равенка се дадени во mol/dm³, а константата R = 8,314 J/mol·K.

Треба да се нагласи дека предложената кинетичка равенка покажува особено добро согласување со експериментално добиените вредности во температурниот интервал од 305 до 353 K за концентрации на HCl од 4 до 8%, односно 1,1-2,26 mol/dm³, и дека се однесува на пробата бр. 5 од табелата I. Со извесен број дополнителни мерења на брзината на корозијата на примероците бр. 1 и 2 (табела I) беа добиени блиски вредности како за редот на корозивниот процес во однос на концентрацијата на HCl (0,5-0,65) така и за вредноста на коефициентот В од равенката $\nu_{\text{кор}} = A + B C_{\text{Fe}^{2+}}^{2+}$ (170-200), така што главните разлики можат да се очекуваат во вредностите на коефициентот А и вредноста на E_a од Арениусовата равенка.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] B. G. Ateya et all., *Corr. Sci.* **24**, 509 (1984)
- [2] M. N. Desai, M. B. Desai, *Corr. Sci.* **24**, 649 (1984)
- [3] Е. С. Иванов, Ингибитори корозиј металов в киселих средях, Металургия, Москва, 1986
- [4] K. C. Tsai, N. Hackerman, *J. Electrochem. Soc.* **118**, 28 (1971)
- [5] D. Drazic, C. S. Hao, *Corr. Sci.* **23**, 683 (1983)
- [6] T. Szauer, A. Brandt, *Corr. Sci.* **23**, 473 (1983)
- [7] T. Szauer, *Corr. Sci.* **23**, 481 (1983)
- [8] M. B. Badran et all., *Corr. Sci.* **22**, 513 (1982)
- [9] H. H. Uhlig, *Corrosion and Corrosion Control*, John Wiley, 104-105, 1971

CORROSION OF MILD STEEL IN HYDROCHLORIC ACID

T. Grčev¹, T. Stafilov², K. Vasileva³ and D. Čamovska¹

In order to obtain more valuable data concerning the process of scale-removal from a mild-steel surface, its corrosion behaviour in hydrochloric acid (2-10 w.%) as a function of some industrial relevant parameters (temperature, 303-353 K, Fe²⁺-concentration, 0-10 w.%, and hydrodynamics) has been studied.

The weight-loss method, spectrophotometry and electrochemical polarization curves (1-5 mV s⁻¹) were used to determine the rate of corrosion.

Evaluating the obtained, experimental, results the following equations were determined:

$$v_{\text{corr}} = A_1 C_{\text{HCl}}^{B_1} \quad v_{\text{corr}} = A_2 + B_2 C_{\text{Fe}^{2+}} \quad \log v_{\text{corr}} = A_3 + B_3 T$$

Activation energy (E) of the corrosion process, determined by $\log v_{\text{corr}} - 1/T$ plots and/or temperature coefficient B_3 ranged between 96 and 100 kJ/mol.

Experiments with rotating disk electrodes confirmed these relations and enabled us to determine the influence of the rotational speed (or the rate of solution flow in respect to the metallic surface) on corrosion process. Thus, in the range of 0-70 s⁻¹ (or 0-1,5 ms⁻¹) an maximum increasing factor of the corrosion rate of 2,2±0,1 was found.

Summarizing the obtained results the following equation was proposed:

$$v_{\text{corr}} = 1,52 \cdot 10^{17} C_{\text{HCl}}^{0,6} \exp(-98.000/RT) + 190 C_{\text{Fe}^{2+}}, \quad \text{g/m}^2 \cdot \text{h}$$

Concentration of HCl and Fe²⁺ ions are given in mol/dm³, and the corrosion rate in g/m²·h.

¹Faculty of Technology and Metallurgy
University "Cyril and Methodius", Skopje

²Institute of Chemistry, Faculty of Science,
University "Cyril and Methodius", Skopje

³Institute of Mining and Metallurgy,
Mines and Steel-Works "Skopje", Skopje