

Г.М. СИСИН, ФМІ ім. Г.В. Карпенка НАНУ, м. Львів, Україна

КОРОЗІЙНО-ЕЛЕКТРОХІМІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА ЗВАРНОГО З'ЄДНАННЯ СТАЛІ 17Г1СУ

Вивчено електрохімічні, мікроелектрохімічні характеристики та мікротвердість фрагменту труби зі сталі 17Г1С із зварним швом, виконаного сухим і вологим електродами. Більша різниця між електродними потенціалами та струмами корозії різних зон зварного з'єднання спостерігається у дистильованій воді порівняно із хлоридвмісним розчином. Мікроелектрохімічна гетерогенність різних зон зварного з'єднання за використання обох електродів є однаковою ($\Delta E = 20 \dots 80$ mV), крім зони термічного впливу у зразків, що зварені вологим електродом ($\Delta E = 20 \dots 120$ mV). Значення мікротвердості до лінії сплавлення зі сторони основного металу залишається незмінним для обох електродів 1,1...1,8 GPa, проте вони є нижчими для зони шва виконаного вологим електродом 0,95...1,7 GPa.

Изучены электрохимические, микроэлектрохимические характеристики и микротвердость фрагмента трубы из стали 17Г1С со сварным швом, выполненного сухим и влажным электродами. Большая разница между электродными потенциалами и токами коррозии различных зон сварного соединения наблюдается в дистиллированной воде по сравнению с хлорид содержащим раствором. Микроэлектрохимическая гетерогенность различных зон сварного соединения при использовании обоих электродов одинаковая ($\Delta E = 20 \dots 80$ mV), кроме зоны термического влияния в образцах, которые сварены влажным электродом ($\Delta E = 20 \dots 120$ mV). Значение микротвердости к линии сплавления со стороны основного металла остается неизменным для обоих электродов 1,1 ... 1,8 GPa, однако они ниже для зоны шва выполненного влажным электродом 0,95 ... 1,7 GPa.

The electrochemical, microelectrochemical descriptions and microhardness of pipe steel 17G1S fragment with the welding, executed dry and moist electrodes has been studied. It is shown that greater difference between electrode potentials and corrosion currents of the welding different areas was observed in the distilled water comparatively with chlorine-containing solution. Microelectrochemical heterogeneity of the welding different areas for the used of both electrodes was identical ($\Delta E = 20 \dots 80$ mV), except for the thermal affected zone at specimens which were welded a moist electrode ($\Delta E = 20 \dots 120$ mV). The value of microhardness to the melting line from the side of parent metal remains invariable for both electrodes 1,1...1,8 GPa, however much they are below for the area of weld executed a moist electrode 0,95...1,7 GPa.

Постановка завдання. Більшість металевих виробів містять зварні з'єднання (ЗЗ), які можуть впливати на надійність експлуатації всієї конструкцій. Тому під час зварювання трубопроводів і обладнання слід строго дотримуватися регламентованих технічних вимог, оскільки, наприклад, попадання вологи в зону плавлення чи використання електродів з підвищеним

вмістом вологи в покриві спричиняє дефектність та наводнювання зварного шва. Це може вплинути на електрохімічну гетерогенність та корозійно-механічну тривкість ЗЗ. Електроди УОНИ використовуються при зварюванні особливо відповідальних конструкцій і трубопроводів з маловуглецевих і низьколегованих сталей, коли до металу зварних швів висуваються підвищені вимоги щодо пластичності і ударної в'язкості. Вони рекомендовані: для зварювання конструкцій і трубопроводів, що працюють за понижених температур; для конструкцій, що зазнають динамічних навантажень; посудин, що працюють під тиском; суднобудівельних металоконструкцій тощо [1].

Методика досліджень. Досліджували фрагменти труби зі сталі 17Г1СУ із зварним швом. Труби зварювали електродуговим способом, використовуючи сухі та вологі електроди УОНИ-13/55.

Хімічний склад і механічні характеристики сталі: 0,15 – 0,20 % С; 0,4 – 0,6 % Si; 1,15 – 1,6 % Mn; $\leq 0,3$ % Ni; $\leq 0,3\%$ Cr; $\leq 0,3$ % Cu; $\leq 0,04$ % S; $\leq 0,035$ % P; $\leq 0,008$ % N; $\leq 0,08$ % As; $\sigma_B = 510$ МПа; $\sigma_{0,2} = 335$ МПа; $\delta = 23$ % та електроду: $\leq 0,14$ % С; 0,2 – 0,5 % Si; 0,8 – 1,4 % Mn; $\leq 0,03$ % S; $\leq 0,03$ % P; $\sigma_B = 490$ МПа; $\delta = 25$ %.

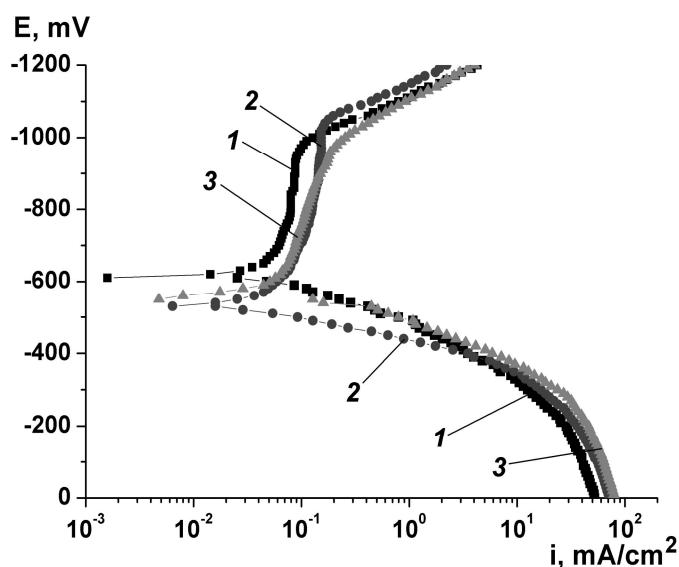
Електрохімічні дослідження проводили в об'ємі 3%-го розчину NaCl та дистильованій воді, застосовуючи локальні комірки з робочою поверхнею 3,14 mm², за допомогою потенціостату IPC-Pro.

Локальні електродні потенціали різних зон ЗЗ вимірювали, використовуючи установку для мікроелектрохімічних випробувань [2].

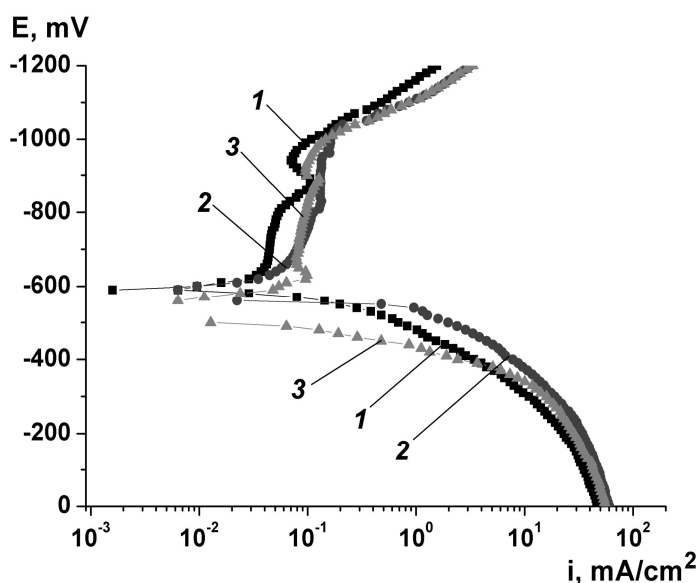
Мікроструктуру ЗЗ, виконаного сухим та вологим електродами вивчали на електронному мікроскопі EVO 40XVP, мікротвердість визначали на мікротвердомірі ПМТ-3 при навантаженні на індентор 100 g з витримкою під навантаженням 20 s.

Результати досліджень та їх обговорення. Встановлено, що у 3 % розчині NaCl потенціали корозії зони термічного впливу (ЗТВ) та зварного шва (ЗШ) зварного з'єднання, виконаного сухим та вологим електродами, є на ~ 60...80 mV додатнішими, ніж для основного металу (ОМ).

При цьому струми корозії цих ділянок ЗЗ відрізняються незначно: 0,026...0,030 mA/cm². За використання вологого електроду потенціали корозії різних зон ЗЗ різняться менше (~ 30 mV), а струми корозії теж майже однако-ві (рис. 1, таблиця).



a



b

Рис. 1. Поляризаційні криві зварногогт з'єднання сталі 17Г1СУ виконаного сухим (а) та вологим (b) електродами в 3 % NaCl:

1 – основний метал, 2 – зона термічного впливу, 3 – зварний шов.

Таблиця

Результати електрохімічних досліджень різних зон зварного з'єднання сталі 17Г1СУ у 3 % NaCl (чисельник) та дистильовній воді (знаменник)

	Сухий електрод			Вологий електрод		
	основний метал	зона терм. впливу	зона шва	основний метал	зона терм. впливу	зона шва
$E_k, \text{ mV}$	-610/-490	-530/-570	-550/-630	-590/-450	-590/-650	-560/-490
$i_k, \text{ mA/cm}^2$	0,026/0,025	0,030/0,023	0,029/0,012	0,020/0,007	0,025/0,005	0,026/0,012

У дистильованій воді різниця між потенціалами корозії різних зон ЗЗ більша: ~ 140 mV за використання сухого електроду і ~ 200 mV – вологого, а струми корозії хоча і менші, порівняно із хлоридвмісним розчином, але відрізняються майже в 2 рази (рис. 2, таблиця).

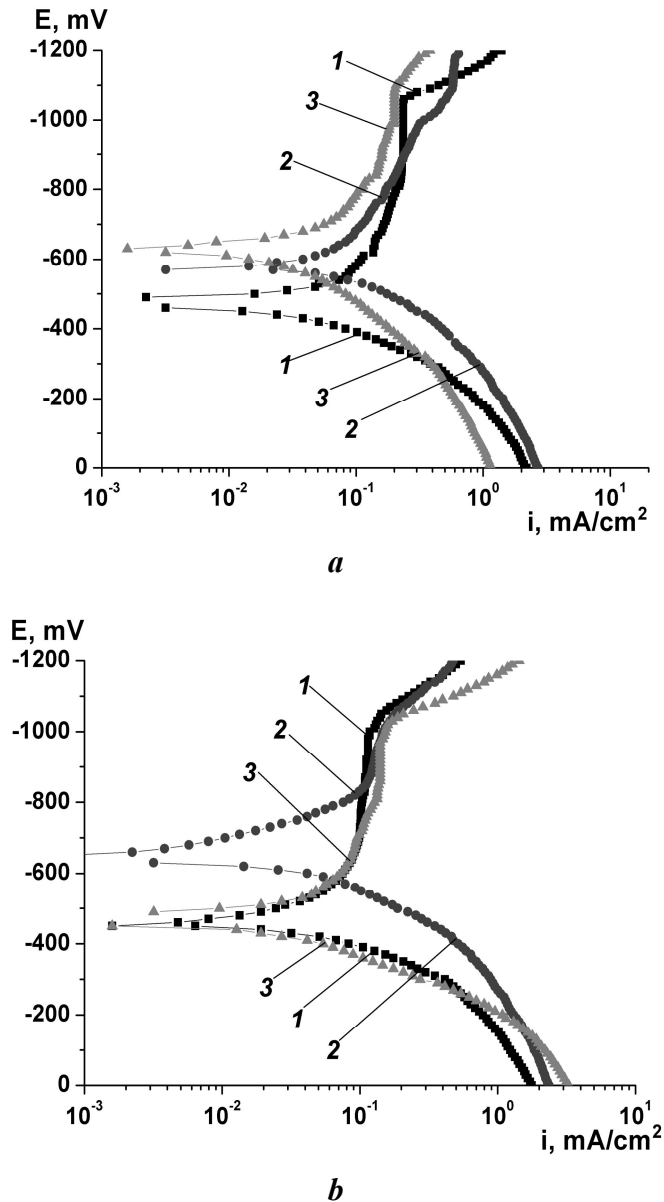


Рис. 2. Поляризаційні криві зварного з'єднання сталі 17Г1СУ виконане сухим (а) та вологим (б) електродами в дистильованій воді:
1 – основний метал, 2 – зона термічного впливу, 3 – зварний шов.

Найбільший він для металу ЗШ. Це може бути пов'язане з тим, що при зварюванні вологим електродом використовується значно більший струм і прогрівання металу вище.

Порівняно із дистильованою водою, вищі струми корозії в 3 % NaCl

забезпечуються в основному більшою швидкістю анодних процесів, що яскраво проявляється для ЗТВ труби, звареної вологим електродом (рис. 1b, крива 2).

Металографічний аналіз показав (рис. 3), що максимальний розмір зерна різних зон ЗЗ за використання сухого електроду складає $\sim 5 \dots 10 \mu\text{m}$, а вологого $\sim 15 \mu\text{m}$. При цьому у першому випадку в ЗШ помітні ферито-перлітні колонії.

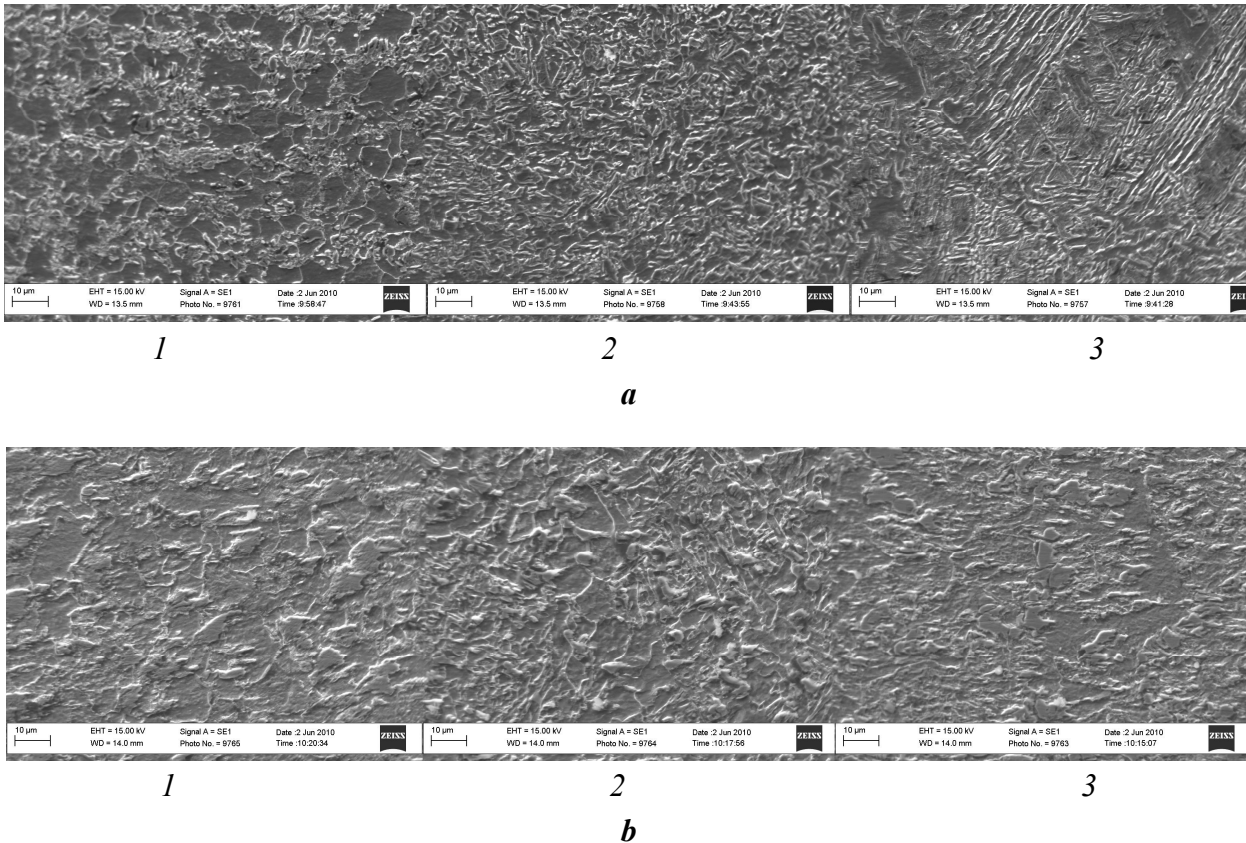


Рис. 3. Мікроструктура різних зон зварного з'єднання сталі 17Г1СУ виконаного сухим (а) та вологим (б) електродом:

1 – основний метал, 2 – зона термічного впливу, 3 – зварний шов.

Дослідження локальних потенціалів поверхні сталі зі ЗЗ при скануванні капіляром в рухомій краплі водного розчину МЕХ ($0,045 \% \text{H}_2\text{SO}_4 + 0,14 \% \text{H}_2\text{O}_2 + 0,00005 \% \text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$) показали, що найбільша їх різниця властива ЗТВ $\Delta E = 20 \dots 120 \text{ mV}$ за використання вологого електрода.

Для цього ЗЗ також чітко фіксується перехід із області ОМ в область ЗТВ, що проявляється у зміщенні електродного потенціалу у бік від'ємніших значень (рис. 6).

Для зон ОМ та ЗШ зразків, одержаних обома електродами, мікроелектрохімічна гетерогенність поверхні майже не відрізняється $\Delta E = 20 \dots 75 \text{ mV}$.

Для ЗТВ зварного з'єднання виконаного сухим електродом вона дещо вища $\Delta E = 20 \dots 80 \text{ mV}$ (рис. 4).

Досліджувані зварні шви містять пори (рис. 5), в межах яких різниця значень локальних електродних потенціалів становить $\Delta E = 100 \dots 635 \text{ mV}$ (рис. 4, 6).

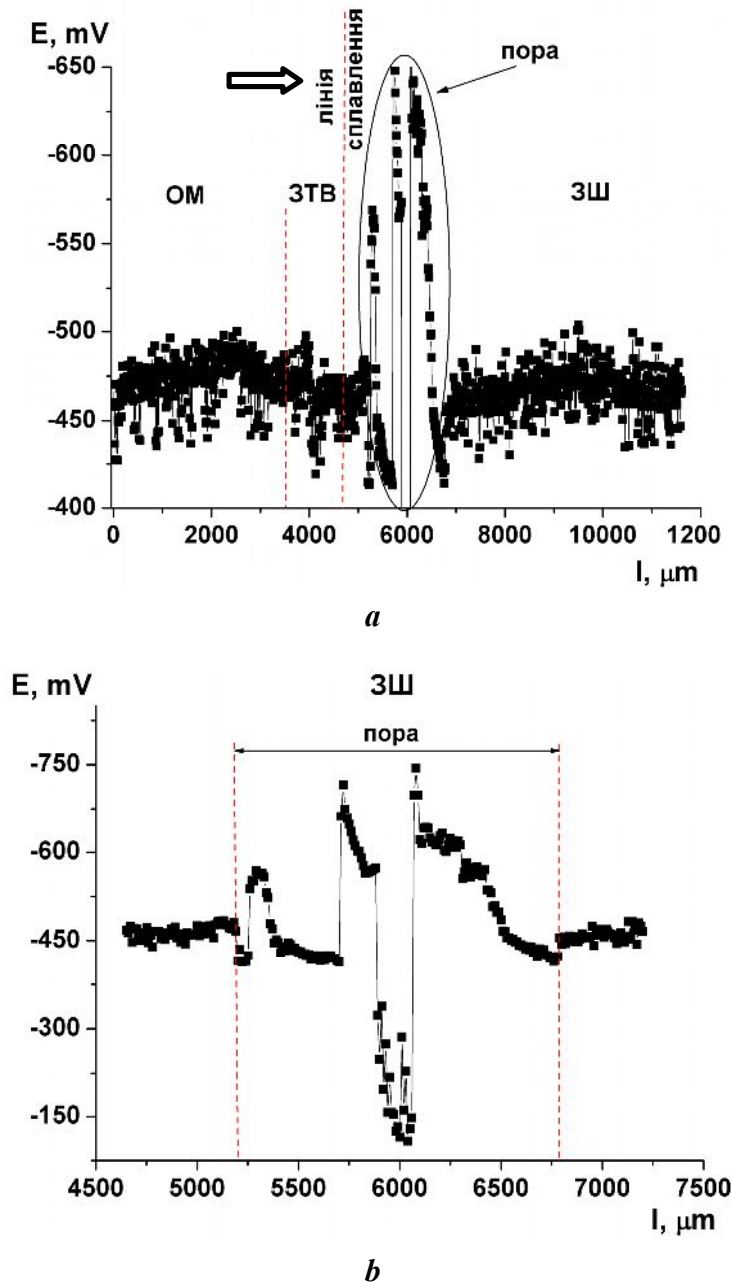


Рис. 4. Зміна локальних потенціалів поверхні зварного з'єднання сталі 17Г1С виконаного сухим електродом в рухомій краплі МЕХ (а) та фрагмент а (b): ОМ – основний метал; ЗТВ – зона термічного впливу; ЗШ – зварний шов.

Дослідження мікротвердості ЗЗ сталі 17Г1СУ виконаного сухим та вологим електродами (рис. 7) показали, що до лінії сплавлення її значення практично не відрізняється (1,1...1,8 GPa).

Проте значення мікротвердості зварного шва виконаного сухим електродом є дещо вищим (1,4...2,15 проти 0,95...1,7 GPa).

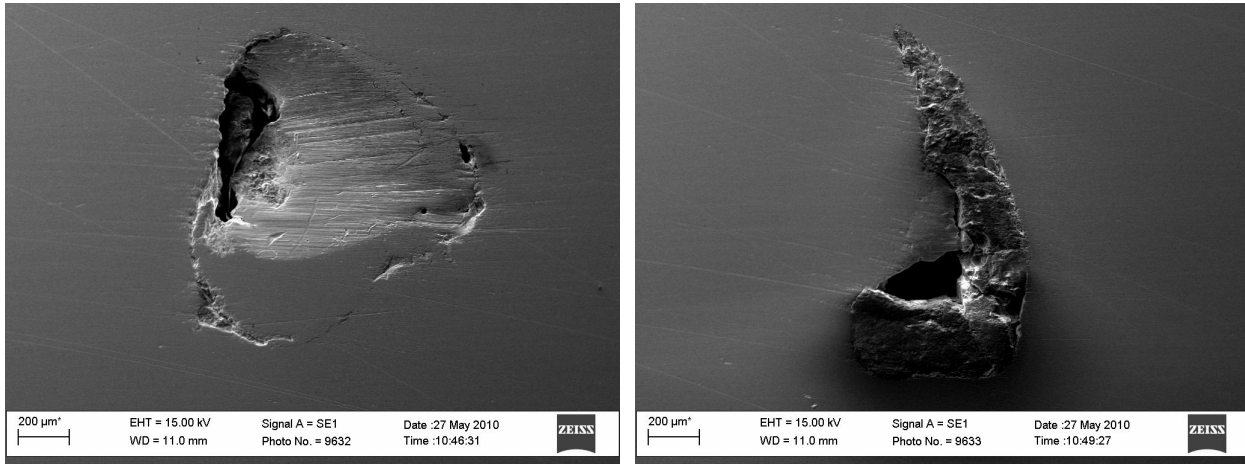


Рис. 5. Пора на у зварному шві сталі 17Г1СУ, виканного електродом УОНИ-13/55.

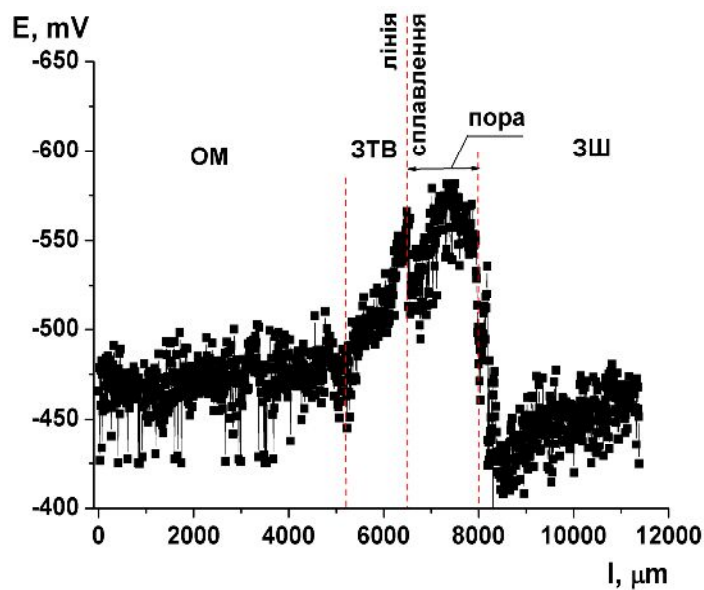


Рис. 6. Зміна локальних потенціалів поверхні зварного з'єднання сталі 17Г1С виконаного вологим електродом в рухомій краплі МЕХ:

ОМ – основний метал; ЗТВ – зона термічного впливу; ЗШ – зварний шов.

Отже, при дослідженні електрохімічних властивостей ЗЗ більша різниця між електродними потенціалами та струмами корозії різних його зон спостерігається у дистильованій воді порівняно із хлоридвмісним розчином.

Використання вологих електродів приводить до зростання мікроелектрохімічної гетерогенності ЗТВ, зниження мікротвердості ЗШ та збільшення його пористості.

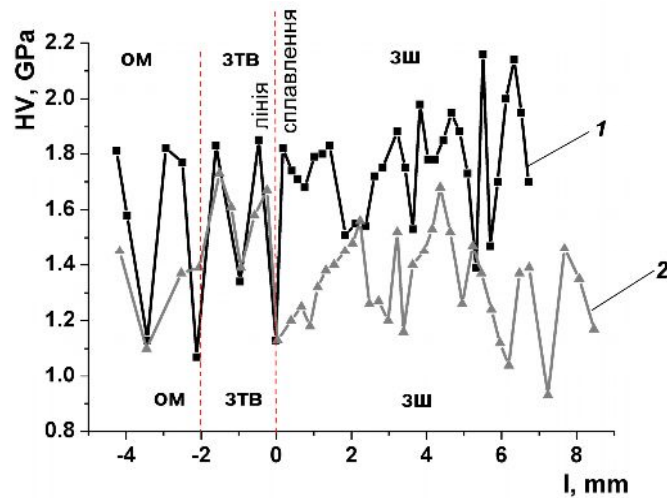


Рис. 7. Мікротвердість зварного з'єднання сталі 17Г1СУ:
1 – сухим електродом; 2 – вологим електродом.

Висновки.

Показано, що, незважаючи на різницю між електродними потенціалами різних зон зварних з'єднань, виконаних сухими та вологими електродом, їх струми корозії у 3% розчині NaCl відрізняються незначно.

У дистильованій воді спостерігається більша розбіжність між потенціалами корозії цих зон, а швидкість корозії зони термічного впливу є більшою майже в ~ 2 рази.

Мікроелектрохімічна гетерогенність різних зон зварного з'єднання за використання обох електродів є однакова ($\Delta E = 20 \dots 80$ mV), крім зони термічного впливу у зразків, що зварені вологим електродом ($\Delta E = 20 \dots 120$ mV).

Мікротвердість зварного шва одержаного цим електродом є теж нижчою.

Список літератури: 1. <http://electrod.dn.ua/tag/metal/>. 2. Хома М.С. Корозійно-електрохімічні характеристики сталі 10Г2С1 магістрального газопроводу, експлуатованого протягом 45 років / М.С. Хома, Г.М. Сисин // Проблеми корозії і протикорозійного захисту матеріалів. – 2010. – № 5. – С. 650 – 654.

Надійшла до редколегії 26.04.10