

УДК 621.79:669.15

Берднікова О.М., доктор техн. наук, пров. наук. співробітник
Алексєєнко І.І., мол. наук. співробітник
Алексєєнко Т.О., канд. техн. наук., стар. наук. співробітник
Газнюк Ю.С., заст. зав. відділом

Інститут електрозварювання ім. Є.О. Патона НАН України, м. Київ, omberdnikova@gmail.com

Гурнік О.О., викладач

Відокремлений структурний підрозділ «Фаховий коледж інженерії та зв'язку НАУ», м. Київ
olga.gurnick@gmail.com

СТРУКТУРА ТА ХАРАКТЕР РУЙНУВАННЯ МЕТАЛУ ЗТВ КОРОЗІЙНОСТІЙКОЇ СТАЛІ 06Г2БДП

При виготовленні відповідальних зварних вузлів металоконструкцій у будівництві та сільському господарстві використовують високоміцні корозійностійкі сталі. Основними проблемами при їх зварюванні є забезпечення експлуатаційної надійності таких з'єднань, а саме необхідного рівня механічних властивостей та тріщиностійкості металу [1-3].

Метою роботи було вивчення закономірностей структурно-фазових перетворень та параметрів структури основного металу високоміцної сталі 06Г2БДП (0,08% С; 0,35% Si; 1,4% Mn; 0,3% Cr; 0,3% Ni; 0,3% Cu; 0,02% Mo; 0,03% Nb; 0,02% Ti; 0,02% Al; 0,05% P; 0,012% S) та модельних зразків виготовлених в умовах термодформаційних циклів зварювання (ТДЦЗ). Дослідження металу ділянки перегріву зони термічного впливу (ЗТВ) проводили на зразках, що отримано при різних швидкостях охолодження ($W_{6/5} = 3, 14$ та $23^{\circ}\text{C}/\text{c}$). Для оцінки тріщиностійкості сталі 06Г2БДП було вивчено характер руйнування зразків в залежності від $W_{6/5}$ після подальшого зовнішнього статичного та динамічного навантаження. Робота проводилась з використанням комплексу методів досліджень: світлової мікроскопії (Versamet-2, Neophot-32) та аналітичної растрової мікроскопії (СЭМ-515, фірми «PHILIPS», Нідерланди).

Металографічними дослідженнями встановлено наступне. Структура основного металу сталі 06Г2БДП в стані після електрошлакового переплаву та термічної обробки (гартування + відпуск) складається з ферито-карбідної суміші з мікротвердістю $HV = 2060$ МПа при розмірі зерен фериту $D_z = 4...20$ мкм. В модельних зразках при збільшені швидкості охолодження металу ЗТВ від $W_{6/5}=3^{\circ}\text{C}/\text{c}$ до $W_{6/5}=23^{\circ}\text{C}/\text{c}$ структура змінюється від феритно-перлитної до бейнітної, розмір пакетів зменшується в 2 рази (від $100...300$ мкм до $70...150$ мкм) при збільшені мікротвердості на 15% ($2570...2860$ МПа до $2860...3410$ МПа). При цьому, режим при $W_{6/5}=23^{\circ}\text{C}/\text{c}$ забезпечує формування переважно структури бейніту нижнього з максимальною мікротвердістю та найбільшим диспергуванням пакетної структури.

Результати механічних випробувань основного металу (ОМ) та металу ЗТВ модельних зразків сталі 06Г2БДП представлені в таблиці 1.

Таблиця 1 - Механічні властивості металу сталі 06Г2БДП.

Швидкість охолодження $W_{6/5}$, $^{\circ}\text{C}/\text{c}$	$\sigma_{0,2}$, МПа	σ_B , МПа	δ_5 , %	ψ , %	КСV, Дж/см ²		
					$T_{\text{вип}}=+20^{\circ}\text{C}$	$T_{\text{вип}}=-40^{\circ}\text{C}$	
ОМ	608	684	21,7	78,3	355	316	
ЗТВ	3	490	657	26,5	72,4	86	10
	14	544	710	22,6	71,6	270	31
	23	565	721	22,6	74,1	185	35

Встановлено, що після статичних випробувань на розтяг основного металу та модельних зразків сталі 06Г2БДП при всіх швидкостях охолодження характер руйнування зразків в'язкий, з формуванням ямкового зламу.

Після динамічних випробувань на ударний вигин модельних зразків сталі 06Г2БДП для температури випробувань $T_{\text{вип}} = +20^{\circ}\text{C}$ при швидкості охолодження $W_{6/5}=3^{\circ}\text{C/c}$ у зоні магістрального розвитку тріщини спостерігається крихкий тип руйнування з вторинними мікротріщинами, а при $W_{6/5}=14...23^{\circ}\text{C/c}$ – квазікрихкий, що свідчить про ознаки пластичності. При температурі випробувань $T_{\text{вип}} = -40^{\circ}\text{C}$ крихкий тип руйнування зразків для всіх швидкостей охолодження (рис. 1). Однак, при $W_{6/5} = 14...23^{\circ}\text{C/c}$ поверхні руйнування металу ЗТВ сталі 06Г2БДП притаманно формування локальних ділянок в'язкого ямкового рельєфу по границях структурних складових при зменшенні розміру фасеток та об'ємної частки вторинних тріщин, що пов'язано з утворенням бейнітної структури, що в свою чергу сприяє підвищенню механічних властивостей.

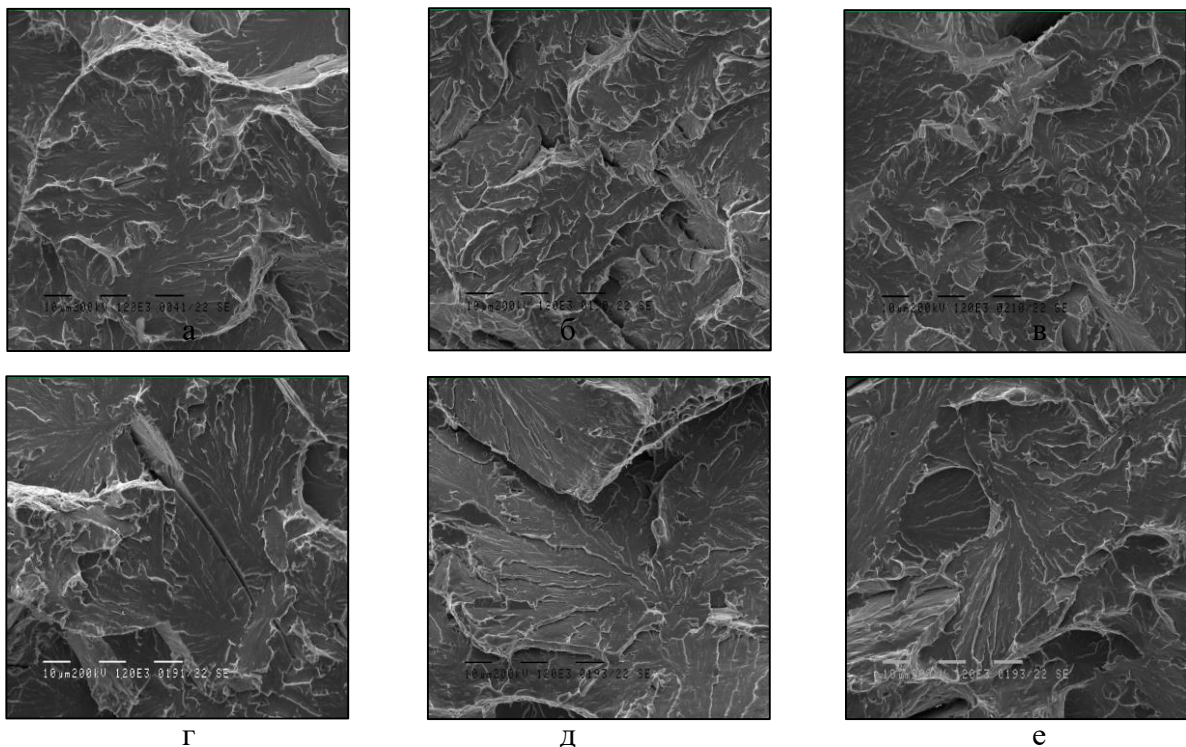


Рис. 1 – Мікроструктура поверхні руйнування модельних зразків сталі 06Г2БДП в зоні магістрального розвитку тріщини при різній швидкості охолодження:

а, г – $W_{6/5}=3^{\circ}\text{C}$; б, д – $W_{6/5}=14^{\circ}\text{C}$; в, е – $W_{6/5}=23^{\circ}\text{C}$,
температура випробування $T_{\text{вип}} = +20^{\circ}\text{C}$ (а-в); $T_{\text{вип}} = -40^{\circ}\text{C}$ (г-е).

Список посилань

1. Гольдштейн М.И. Специальные стали / М.И. Гольдштейн, С.В. Грачев, Ю.Г. Векслер – Москва: Металлургия, 1985. – 408 с.
2. Laukhin D., Beketov O., Rott N., Schudro A. / The elaboration of modernized technology of controlled rolling directed at the formation of high strengthening and viscous qualities in HSLA steel // Solid State Phenomena, 2019. – 291. – P. 13-19.
3. Ковтуненко В.А. Высокопрочная экономнолегированная сталь 06Г2Б с $\sigma_{\text{т}} \geq 440$ МПа для мостостроения / В.А.Ковтуненко, А.М. Герасименко, А.Г. Синеок // Автомобільні дороги і дорожнє будівництво. – 2004. – №69. – С. 106-113.