Розроблений металопорошковий дріт та технологія зварювання була успішно впроваджена при виробництві роторів великих електричних машин на «Заводі великих електричних машин», м. Нова Каховка, а також під час ремонту мідних газо-кисневих камер дугових сталеплавильних печей на МЗ «Дніпросталь», м. Дніпро та є перспективними для зварювання шинопроводів та деталей з високими вимогами щодо тепло- та електропровідності металу швів.

**Список посилань**

1. Илюшенко В.М., Лукьянченко Е.П. (составители). Сварка и наплавка меди и сплавов на ее основе. (2013). Киев, Международная ассоциация «Сварка», 396.

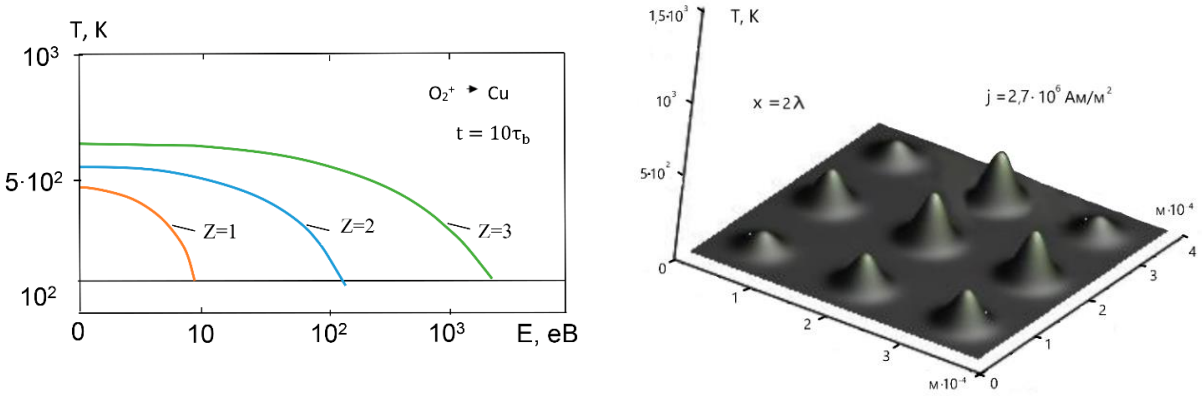
*УДК 538.95*

**Широкий Ю.В., канд. техн. наук, доцент**
**Торосян О.В., асистент**
**Жидєєв П.Р., аспірант**
Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського «ХАІ», o.tarasyan@khai.edu

## ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ДЛЯ ОПИСУ ГЕРЕРАЦІЇ ТЕМПЕРАТУРНИХ ПОЛІВ

В роботі розроблено математичну модель для опису генерації температурних полів під час іонно-плазмової обробки поверхні міді при утворенні наноструктур у приповерхневих шарах. Проведені дослідження температурних полів при іонно-плазмовій обробці міді іонами кисню показують, що можливо створювати температурні поля з високими температурними градієнтами в заданій площині x=0,5 $\lambda_m$, при щільності струму J = $2{,}7\cdot10^6$ A/m з досить високими показниками температурних напружень (108 N/m), що і буде сприяти утворенню стабільних наноструктур. Створена теоретична модель являється регульованою та контрольованою. Вона буде затребуваною для удосконалення технологій отримання наноструктур плазмово-іонними методами.

Також, завдяки розробленій математичній моделі, було отримано структури температурних полів при іонно-плазмовій обробці міді великою кількістю іонів кисню для різних глибин проникнення часток (рис. 1).




а) б)

Рис. 1 – Залежність температури від енергії іонів при різних часах впливу а) та – розподіл температур при дії іонів кисню на мідь за різними глибинами б), при щільності струму J = $2{,}7\cdot10^6$ A/m$^2$

Розроблена модель буде сприяти більш точному визначенню технологічних параметрів для утворення умов, що будуть сприяти стабільному росту наноструктур у приповерхневих шарах оброблюваних матеріалів. Розраховано температурні поля в зоні дії іонів для трьох

рівнів площини поверхневого шару в залежності від глибини проникнення іонів для різних часів їх взаємодії та при різних щільностях струму від $2{,}7\cdot10^6$ до $2{,}1\cdot10^8$ А/м$^2$.

*УДК 621.79:669.15*

**Берднікова О.М., докт. техн. наук**
**Кушнарьова О.С., канд. техн. наук**
**Алексеєнко Т.О., канд. техн. наук**
**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

## ВПЛИВ СИСТЕМ ЛЕГУВАННЯ ЗВАРНИХ ШВІВ НА СТРУКТУРУ ТА ВЛАСТИВОСТІ ЗВАРНИХ З'ЄДНАНЬ СТАЛІ СПЕЦІАЛЬНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

В оборонній промисловості при виготовленні відповідальних зварних вузлів і корпусів колісної броньової техніки використовують високоміцні сталі спеціального призначення (броньові). В значній мірі властивості зварних з'єднань таких сталей залежать від того, які структури утворюються в металі швів та зони термічного впливу (ЗТВ). Суттєво на це впливають режими зварювання, у тому числі системи легування зварних швів в залежності від типу присадкових дротів, що використовуються. Актуальною проблемою при зварюванні броньових сталей є забезпечення експлуатаційної надійності зварних з'єднань, а саме необхідного рівня механічних властивостей та тріщиностійкості металу.

Метою роботи було вивчення закономірностей структурно-фазових перетворень та параметрів структури зварного з'єднання броньової сталі марки 92 (0,3% C; 0,045% Si; 0,8% Mn; 2,2% Cr; 2,03% Ni; 0,06% Cu; 0,72% Mo; 0,2% V; 0,019% P; 0,008% S) при використанні зварювальних дротів ферито-перлітного (Св-08Г2С) та аустенітного типів (Св-08Х20Н10Т). Зварювання проводили без попереднього підігріву в середовищі захисних газів Ar+$CO_2$ на режимах Ісв=180…210 А; Uд=28…32 В; Vсв=15…18 м/ч. Робота проводилась з використанням комплексу методів досліджень: світлової мікроскопії (Versamet-2, Neophot-32), аналітичної растрової мікроскопії (СЭМ515, фірми «PHILIPS», Нідерланди) та просвічувальної електронної мікроскопії (JEM-200CX, фірма JEOL, Японія).

Структура металу шва у зварному з'єднанні спеціальної сталі 92 із використанням Св-08Г2С бейнітно-феритна (Б-Ф) із шириною кристалітів $h_{кр}$ = 7…40 мкм та феритними прошарками $h(Ф_{пр})$ = 15 мкм. Мікротвердість Б-Ф структури у центрі шва складає $HV_{0,1}$ = 2540…2640 МПа. У ЗТВ формується бейнітно-мартенситна (Б-М) структура зі зменшенням розмірів пакетів від Dп = 20…50 мкм до Dп = 7…25 мкм при переході від в ділянки перегріву (I ділянка ЗТВ) в ділянку рекристалізації (IV ділянці ЗТВ). Також відбувається зниження мікротвердості (HV) від 3830…5140 МПа до 2850…3830 МПа.

Структура металу шва зварного з'єднання з Св-08Х20Н9Г7Т має аустенітну структуру з розміром зерна $D_З$ = 10…35 мкм і HV = 2380…2410 МПа. Як і в попередньому випадку при переході від ЗТВ до основного металу зменшується розмір пакетів від Dп = 15…55 мкм (I ділянка) до Dп = 10…25мкм (IV ділянка) та, відповідно, змінюється HV від 3830…5140 МПа до 2850...3660 МПа.

Фрактографічними дослідженнями характеру руйнування металу зварних з'єднань сталі 92 встановлено, що при використані Св-08Г2С після випробувань на уповільнене руйнування при навантажені P = 150 кг (час навантаження t=10 хв.) характер руйнування переважно міжзеренний - крихкий відкол (80%). Також присутні одиничні ділянки в'язкої складової (до 20%). Після випробувань на уповільнене руйнування при P = 250 кг (t=10 хв.)