

## ВПЛИВ ЛАЗЕРНОГО ЛЕГУВАННЯ НА СТРУКТУРУ ТА ВЛАСТИВОСТІ МАЛОВУГЛЕЦЕВОЇ СТАЛІ МАРКИ 20

О.Ю. <sup>1</sup>Бончик, А.В. <sup>2</sup>Загірський, <sup>1</sup>Г.В. Савицький, <sup>2</sup>С.Г. Швачко

<sup>1</sup>*Інститут прикладних проблем механіки та математики  
ім. Я. С. Підстригача НАН України вул. Наукова, 3<sup>б</sup>, м. Львів, 79053*

<sup>2</sup>*Національний університет “Львівська політехніка”,  
вул. С. Бандери, 12, м. Львів, Україна, 79013*

### Вступ

У роботі досліджено вплив режимів лазерного легування вуглецем і боридом ( $V_4C$ ) з вуглецем на структуру, механічні, фізичні та трибологічні властивості поверхневих шарів на сталі марки 20. Лазерне легування виконували на  $CO_2$  лазерній установці неперервної дії “Катунь-1” з обмазок товщиною близько 0,3 мм, котрі містили легувальні склади, за потужності променя від  $P = 760$  Вт до  $P = 900$  Вт та незмінної швидкості переміщення зразків –  $V = 3$  мм·с<sup>-1</sup>. Під час досліджень використовували методики мікроаналізу, вимірювання мікротвердості, рентгеноструктурного та термомагнітного фазових аналізів, випробування на зношування.

### Результати досліджень

Мікроструктурне дослідження зон лазерної дії (ЗЛД) на поперечних мікрошліфах зразків сталі марки 20 показало, що вони складаються після оплавлення обмазок, що містили легувальні склади – із зон легування (ЗЛ) та зон термічної впливу (ЗТВ). Структура та фазовий склад ЗЛ як сумішшю  $V_4C$  з вуглецем, так і вуглецем неоднорідні. Густина розміщення легувальних компонентів та продуктів їх перетворення визначається співвідношенням їх кількості відносно кількості розплавленої підкладки, що, своєю чергою, залежить від режимів лазерної обробки. Лазерне легування з обмазки, що містила С, в перехідному до ЗТВ шарі забезпечує міцний металургійний зв'язок без жодних порушень суцільності матеріалу. Збільшення потужності лазерного променя від  $P = 860$  Вт до  $P = 900$  Вт викликало зростання глибини зони легування вуглецем майже у два рази. За потужності променя  $P = 860$  Вт ЗЛ завглибшки 0,35 мм містить поодинокі масивні голки багатовуглецевого мартенситу на світлому тлі аустеніту залишкового, що підтверджено рентгеноструктурним та термомагнітним фазовими аналізами. Натомість, за потужності променя  $P = 900$  Вт, ЗЛ глибиною близько 0,8 мм складається з величезної кількості мартенситних голок на світлому тлі аустеніту залишкового. Зони легування, одержані з обмазок, котрі містили вуглець та  $V_4C$ , світлі, щільні. На границі між ЗЛ та ЗТВ спостерігається металургійний бездефектний зв'язок. У центральній частині ЗЛ розташовуються ділянки зі світлими дендритами на майже нерозтравленому тлі ЗЛ. Їхнє розташування зумовлено конвективними потоками, які переміщували розплавлений метал.

У зонах ЛЛ внаслідок неоднорідності структури й хімічного складу спостерігається зміна мікротвердості у широкому інтервалі значень. Під час легування сталі марки 20 вуглецем мікротвердість сягає близько 10 ГПа у верхній частині ЗЛ й знижується до 7,5 ГПа поблизу дна ванни розплаву. Легування вуглецем та  $V_4C$  підвищує мікротвердість до 10...8,7 ГПа на відстані

близько 0,1 мм від поверхні, котра знижується до 7...4 ГПа на відстані 0,2 мм. Мікротвердість основи сталі марки 20 після гартування та високотемпературного відпуску становить 1,8 ГПа.

Для уточнення режимів відпуску, дослідження кінетики та встановлення температурних інтервалів фазових перетворень застосовано термомагнітний фазовий аналіз. Температурна залежність питомої намагніченості насичення  $\sigma_s$  шарів, одержаних ЛЛ аквадагом, свідчить про перетворення аустеніту залишкового в  $\alpha$ -фазу в інтервалі температур від 520 К до 670 К.

Випробування на зношування виконували на машині 2070 СМТ-1 в умовах тертя без мащення ковзанням. Виявили, що зразки після лазерного легування С та зразки, лазерно леговані  $V_4C$  і С, після припрацювання на шляху пробігу близько 1000 м переходили в режим усталеного зношування з малою інтенсивністю

### **Висновки**

Визначено температурний інтервал (від 520 К до 670 К) розпаду аустеніту залишкового в шарі після ЛЛ вуглецем, що дає змогу рекомендувати режими відпуску для одержання зносотривких шарів. Встановлено, що ЛЛ з обмазок, котрі містили вуглець і  $V_4C$  з вуглецем, забезпечує задовільну зносотривкість на довжині пробігу 5000 м за питомого тиску до 8 МПа та частоти обертання контртіла  $174 \text{ об.}\cdot\text{хв}^{-1}$  в умовах тертя без мащення.