

УДК 621.9.048.7:669.295.5

Гіржон В.В.

д-р фіз.-мат. наук, проф. НУ «Запорізька політехніка»

### **ЛАЗЕРНЕ АЗОТУВАННЯ ТИТАНОВОГО СПЛАВУ ВТЗ-1**

Одним з основних методів зміцнення поверхні титанових сплавів є хіміко-термічна обробка матеріалу, зокрема термодифузійне насичення поверхневих шарів киснем, азотом, вуглецем тощо. Традиційні методи такої обробки зазвичай проводяться за температур 1123...1223 К, наслідком чого є зростання розміру зерна в матеріалі, дифузія водню, що призводить до погіршення механічних властивостей виробів. Основними недоліками такої обробки є низька продуктивність, висока енергозатратність, недостатня глибина зміцненого шару.

Перспективним напрямом покращення механічних властивостей поверхневих шарів титанових сплавів є лазерна хіміко-термічна та лазерна термічна обробки. Кількість досліджень процесів структуроутворення за таких обробок є недостатньою, тому метою даної роботи є вивчення структурного стану, фазових перетворень і властивостей поверхневих шарів сплаву ВТЗ-1 після лазерного оплавлення в середовищі азоту.

За матеріал для досліджень було обрано робочі лопатки компресора низького тиску, виготовлені з жароміцного титанового сплаву ВТЗ-1, який відноситься до двофазного ( $\alpha + \beta$ )-сплавів мартенситного класу.

Лазерна обробка зразків здійснювалася за допомогою імпульсного лазера КВАНТ-12 ( $\lambda = 1,069$  мкм) в струмені азоту. Дослідження фазового складу у вихідному стані та після лазерних обробок виконувались дифрактометрично т(ДРОН-3) у фільтрованому  $\text{Cu-K}_\alpha$ -випромінюванні. Мікроструктура зразків вивчалась за допомогою оптичних мікроскопів «Axiovert 200 MAT» та Epiquant. Мікротвердість вимірювалася за допомогою приладу ПМТ-3.

У вихідному стані структура сплаву ВТЗ-1 була однорідною двофазною. Розмір зерен  $\alpha$ -Ті складав близько 3 мкм,  $\beta$ -Ті – 1,5 мкм. Об'ємна частка  $\alpha$ -Ті не перевищувала 65 %.

Наявність в структурі титанового сплаву високоміцного нітриду титану може приводити до підвищення інтегральної мікротвердості зразків. З цією метою досліджені були оплавлені лазером в середовищі азоту. Після такої обробки, в структурі оплавлених поверхневих шарів окрім  $\alpha$ - та  $\beta$ -фаз, дифрактометрично було зафіксовано ще й кубічний нітрид титану типу TiN. Висока інтенсивність дифракційних максимумів від ґратки цієї фази свідчила про наявність значної її кількості в зоні оплавлення. Аналіз дифрактограм виявив незначне підвищення параметрів кристалічної ґратки  $\alpha$ -Ті. Це може бути пов'язано з тим, що частка атомів азоту могла проникати в міжвузловини ГЩУ ґратки, утворюючи твердий розчин втілення азоту в  $\alpha$ -Ті. Зазначимо, що при лазерному оплавленні в середовищі азоту могли відбуватися два конкуруючих процеси – атоми алюмінію (як основного легуючого елемента) могли заміщувати атоми титану, що приводило б до зниження параметрів кристалічної ґратки; з іншого боку, деяка частка атомів азоту могла втілюватися в октаедричні пори гексагональної ґратки, що приводило б до зростання її параметрів. Очевидно, що утворення твердого розчину втілення більш ефективно впливало на зміни параметрів ґратки, що й привело до деякого їх зростання порівняно з вихідними.

Після лазерного оплавлення (ЛО) в середовищі азоту значення мікротвердості в зоні лазерної дії (ЗЛД) зросли та складали близько 5,8...6,0 ГПа. Підвищення значень мікротвердості після ЛО в середовищі азоту можна пов'язати з декількома факторами: зростанням ступеня дисперсності структури внаслідок високих ( $\sim 10^4 \dots 10^5$  К/с) швидкостей охолодження розплаву, як і у випадку ЛО у будь-якому газовому середовищі; утворенням високоміцних дисперсних нітридів титану типу TiN; утворенням пересиченого твердого розчину впровадження азоту в  $\alpha$ -Ті (твердорозчинне зміцнення) та зменшенням відносної кількості фази  $\alpha$ -Ті.

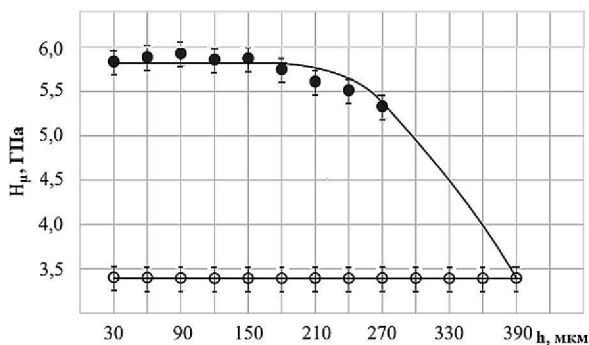


Рисунок 1 – Розподіл мікротвердості за глибиною ЗЛД:  
 - вихідний стан; - після лазерного опалення в середовищі азоту

Таким чином, ЛО поверхні сплаву ВТЗ-1 в середовищі азоту приводить до суттєвого підвищення значень мікротвердості в 1,8...2 разів, що спричинено одночасним впливом описаних вище факторів.