

процесів, таких, як горіння обмазки, випаровування рідкої ванни розплаву (ВР), гідродинамічні процеси в ВР та ін., причому кожен з цих процесів при певному співвідношенні параметрів лазерної обробки може дуже істотно впливати як на структуру, так і на геометрію легованого шару. Тому залежність геометричних розмірів зміцнених зон від технологічних параметрів має складніший характер, ніж при лазерному загартуванні, де головну роль грають процеси фазових перетворень.

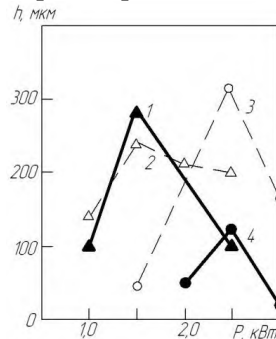


Рис.2. Залежність зміни глибини h зміцненого шару від потужності випромінювання $V_{\text{л}}, \text{мм/с}$; 1 - 2,5; 2-4; 5-7; 4-12

Для оцінки розмірів зміцненого шару введемо поняття його глибини h і ширини b . За h приймемо глибину, яка дорівнює різниці між максимальною глибиною легованого шару і глибиною його западин, відрахованої від початкової поверхні. Ця величина і визначить глибину зміцненого шару на готовій деталі. Шириною шару вважатимемо ту, при якій зберігається приблизно однакова його глибина. Розглянемо зміну глибини h зміцненого шару при збільшенні потужності випромінювання. Залежність при d , рівному 4 мм, та δ , рівному 100 мкм (варіювали швидкістю переміщення зразка під променем), носить екстремальний характер. Причому для швидкостей, що лежать в інтервалі від 2,5 до 4 мм/с, максимум P знаходиться в межах 1,5 кВт, а для скоростей від 7 до 12 мм/с — 2,5 кВт (рис. 2). Режими лазерної дії впливають на процеси формування мікрорельєфу поверхні легованих зон, конвективне перемішування у ВР, а також на процеси горіння і випаровування бору та зв'язки. Наприклад, висока щільність потужності ($Q \gg Q_c$) призводить до того, що в більшості випадків на поверхні оплавлених смуг спостерігається утворення кратерів з викидом розплавленого металу із зони обробки. Відцентрові сили, що виникли унаслідок температурного градієнта не можуть бути урівноважені силами поверхневого натягнення, і відбувається випліскування металу із зони опалвлення. Виняток становлять ті випадки, коли утворюються неглибокі ВР ($h = 20 - 50$ мкм), що дозволяє силами поверхневого натягнення зрівноважити відцентрові сили і утримати розплав у ванні. Пониження щільності потужності в лазерному промені призводить до зниження температури нагріву в зоні обробки. В цьому випадку відцентрові сили мають меншу величину і врівноважуються силами поверхневого натягу. В результаті відсутні виплески розплаву, проте і ВР зменшується по глибині, оскільки зменшується швидкість руху потоків рідини, тобто швидкість тепломасопереносу. Інтенсивність процесів горіння і особливо випаровування знижується. Досліджено вплив структури випромінювання на формування легованого шару. Експериментально встановлено, що конфігурація меж опалвлення з основним металом практично відображає розподіл інтенсивності випромінювання в плямі. При роботі з багатомодовим випромінюванням на невеликому діаметрі плями (близько 2 мм) розподіл інтенсивності випромінювання дуже близько до одномодового (гауссову) через зближення крайніх максимумів інтенсивності.

ВИКОРИСТАННЯ ПОВЕРХНЕВО-АКТИВНИХ РЕЧОВИН В ЛАЗЕРНОМУ ЛЕГУВАННІ

Напрямок руху потоків рідини в ванні розплаву (ВР) можна змінити, використовуючи як добавки в обмазку поверхнево-активних речовин (ПАР), зокрема сірки. У початковий момент часу при утворенні рідкої ВР відбувається зниження поверхневого натягу в її центрі. Потім в результаті випаровування і вигорання кількість сірки тут різко зменшується (був досліджений одномодовий режим обробки) і спостерігається різке збільшення поверхневого натягу. Таким чином виникають градієнти поверхневого натягу, спрямовані до центру ВР, на відміну від обробки без ПАР. Картина руху потоків змінюється на протилежну (рис.1). Змінений характер тепломасопереноса дозволяє отримати зміцнений шар значно більшої глибини, але відповідно меншої ширини. Використовуючи ПАР, можна впливати на мікрорельєф поверхні. Профілограмми, зняті з поверхні легуваного бором шару, показують поглиблення в центрі застиглої ВР, що підтверджує напрямок руху потоків рідкого металу від центру до країв (рис. 2). При добавці ПАР в центрі шару спостерігається піднесення оплавленого шару над початковою поверхнею в результаті зміни картини конвективного перемішування. Таким чином, управління процесами гідродинаміки використанням ПАР дозволяє отримувати необхідний мікрорельєф обробленої поверхні.

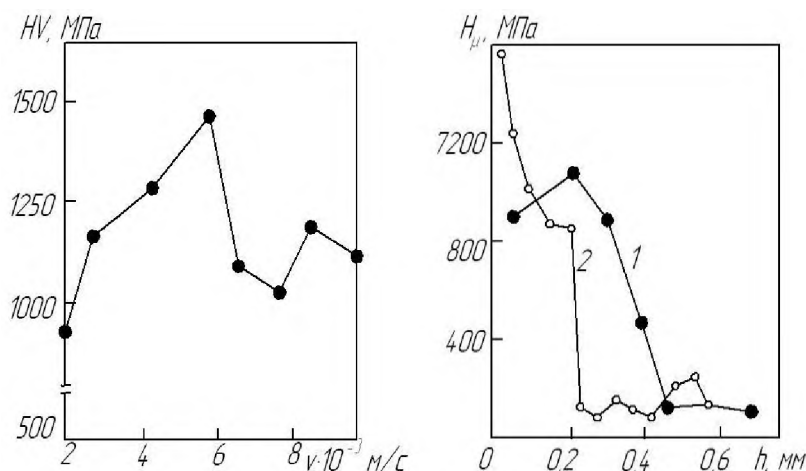


Рис. 1. Зміна твердості по Віккерсу залежно від швидкості руху зразка ($P = 2,5$ кВт, $d_0 = 2$ мм, $\delta = 140$ мкм)

Рис. 2. Розподіл мікротвердості по глибині зміцненого шару
1 – карбонітрація + лазерне борування; 2 — лазерне борування

Фазовий склад зміцненого шару, визначений за допомогою рентгенівського дифрактометра ДРОН-3, є α -твердим розчином бору в залозі і бориді FeB, Fe₂B і Fe₃B. Співвідношення між фазами міняється залежно від параметрів обробки. Збільшення швидкості обробки приводить до збільшення швидкості охолодження ВР і, отже до збільшення метастабільної фази Fe₃B. Кількість бориду Fe₃B зменшується із збільшенням швидкості. Утворення бориду можливо при таких режимах обробки, коли забезпечується максимальна концентрація бору і ВР. Отримані результати дозволили припустити, що найбільшою твердістю повинна володіти структура, що утворюється в інтервалі швидкостей від 5,5 до 7,5 мм/с при $\delta = 140$ мкм, оскільки в цьому випадку поряд з тим, що сумарна кількість бориду найбільша, присутня і найбільш тверда фаза — FeB. Найменшою твердістю характеризуватиметься структура, що утворюється при

малій швидкості обробки (менше 3,5 мм/с), через дуже малий вміст в ній бориду. У роботі встановлена оптимальна висота мікронерівностей обмазаної поверхні. Вона складає для бормісткої обмазки 40—80% від її товщини. Дана схема обробки може бути використана як для випадку легування металами, так і для легування твердими сплавами, карбідами, неметалічними компонентами і для комплексного насичення декількома компонентами одночасно.

УДК 621.375.826

Нікітченко А.М., студ.; Лутай А.М., ст. викл.

ЛАЗЕРНА ЦЕМЕНТАЦІЯ ЗАЛІЗОВУГЛЕЦЕВИХ СПЛАВІВ

У загальному випадку мікроструктура цементованого шару, що утворюється на технічно чистому залізі, може мати склад від доєвтектоїдної сталі до заєвтектичного чавуну залежно від концентрації легуючого елементу у ванні розплаву. При $d_0 = 4$ мм зміна потужності від 1 до 2,2 кВт призводить до збільшення глибини шару від 80 до 250 мкм. Коли $P = 2,2$ кВт, мікроструктура середини шару представляє собою *М + зал. А* (рис. 1.31), $H_\mu = 5570-9400$ МПа. Максимальна концентрація вуглецю спостерігається по краях доріжки. Там зона оплавлення має мікроструктуру заєвтектичного чавуну – *ледебурит + первинний цементит*, $H_\mu = 10000$ МПа (рис. 1.). Під зоною оплавлення знаходиться перехідна темна зона. Мікротвердість її при $P = 2,2$ кВт складає 3170-3810 МПа. Лазерне азотування проводилося по іншій технологічній схемі. Спочатку зразок з технічно чистого заліза був насичений азотом при пічному азотуванні. Глибина нітридного шару (з $HV_{0,05} = 2440-3960$ МПа) складала 30 мкм. Потім шар був сплавлений за допомогою лазера. Мікротвердість шару залишилася в тих же межах, проте глибина його зросла до 0,6 мм (рис. 1.33).

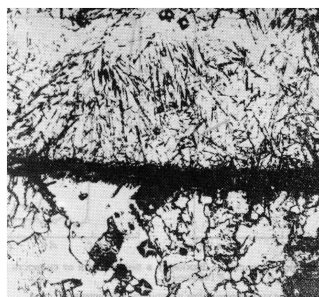


Рис. 1. Мікроструктура зміцненого шару при лазерній цементації (доєвтектоїдний склад 3,0), збільш. 250

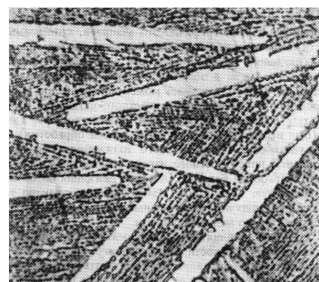


Рис. 2. Мікроструктура зони оплавлення при лазерній цементації (заєвтектичний склад 3,0), збільш. 1000