

УДК 669.293.5.293.784

Широков В.В., докт. техн. наук, професор
Шахбазов Я.О., докт. техн. наук, професор
Широков О.В., канд. техн. наук

Українська академія друкарства, м. Львів, vvshyrovkov@gmail.com

ЗМІЦНЕННЯ БІНАРНИХ СПЛАВІВ НА ОСНОВІ ВАНАДІЮ ТА ТИТАНУ ЗОВНІШНІМ І ВНУТРІШНІМ ОКИСНЕННЯМ

Зовсім недавно ванадій та ніобій називали металами майбутнього, але вже сьогодні їх застосування та відповідних сплавів визначає прогрес багатьох галузей техніки, зокрема ядерної енергетики, авіації, ракетної і космічної техніки, електроніки, сутність нових технологічних процесів та багато іншого. Робочі параметри виробів постійно підвищуються і це ставить ряд складних матеріалознавчих задач. Зокрема, підвищення рівня жароміцності, зносо- і жаротривкості за умови збереження достатньої пластичності (технологічності). Це потребує розробки принципів вибору легуючих елементів, формування гетерогенної структури і фазового складу сплавів на основі ванадію і ніобію, а також розробки інших ефективних методів зміцнення. До уваги слід брати, що ці метали не мають поліморфних перетворень і це обмежує можливості їх зміцнення шляхом термообробки. З іншої сторони відомо, що міцність металевої матриці можна суттєво підвищити формуванням в ній термодинамічно стабільних дисперсних фаз типу карбідів, нітридів, оксидів відповідних морфології, концентрації і розмірів. Оксиди мають максимальну стабільність серед фаз втілення. Основний спосіб введення таких фаз у метал – металургійний, але до готових виробів, напівфабрикатів чи після прокату, його застосування не можливе. В цьому випадку перспективним є застосування хіміко - термічної обробки (ХТО) з реалізацією внутрішнього окиснення. Беручи до уваги, як робочу гіпотезу про можливість внутрішнього окиснення сплавів системи Мо-Ма, де Мо – метал (основа), а Ма – легувальна домішка яка термодинамічно активніша, ніж перший до кисню, за застосування відповідного джерела та режимів можна досягти утворення оксидів, оксикарбідів тощо, для яких характерні висока твердість та стабільність.

Мета даної роботи – розробити та оптимізувати метод зміцнюючої ХТО, з реалізацією процесу внутрішнього окиснення, сплавів системи ванадій –титан, ніобій –титан.

В роботі наведено результати аналізу процесу окиснення сплавів типу ВН ($Nb + 38...45\%$ мас Ti з домішками Mo, Zr, Al) та бінарних сплавів ванадій- ($5...15\%$ мас) титан і вивчення будови оксидів після відповідних ізотермічних витримок на повітрі та вакуумі, їх впливу на зносотривкість і характеристики жароміцності (високотемпературна міцність, тривала міцність, тощо).

Обґрунтовано вибір джерела кисню, оптимізовано температурно - часові параметри ХТО, отримано позитивні результати щодо впливу ХТО на міцність і зносотривкість досліджених матеріалів. Встановлено що за ХТО інженерія поверхневих шарів і їх склад, забезпечують підвищення зносотривкості, а окиснення титану *in situ* в матриці сплавів з утворенням дисперсних оксидів дозволяє суттєво підвищити міцність ванадію і ніобію, легованих титаном в широкому температурному діапазоні випробувань.

Аналіз рентгенограм з поверхні зразків після окиснення сплаву на основі ніобію показав, що утворюється складна за будовою і складом відносно щільна та тверда окалина, твердість якої вища від серцевини і поверхневих шарів металу. Вона складається з оксидів близьких за стехіометрією до типів $Ti_{0,4}Ai_{0,3}Nb_{0,3}O_2$ (рутил) і $TiNb_2O_7$. Аналогічні оксидні структури, але на основі ванадію, характерні і для на базі ванадію. Отже, підвищення зносотривкості (поверхневої міцності) досліджених матеріалів зумовлене саме цими оксидами.

Структура, хімічний склад, морфологія і об'ємний вміст оксидних виділень в масиві матеріалів після їх окиснення та наступного відпалу потребують додаткового вивчення.

УДК 621.01: 621.77.04

Цибуленко В.О., магістр

Воронцов Б.С., докт. техн. наук, професор

Національний технічний університет України «КПІ ім. І.Сікорського», tomosc2tv@gmail.com

ТЕХНОЛОГІЯ СЕЛЕКТИВНОГО ЛАЗЕРНОГО ПЛАВЛЕННЯ (SLM)

Адитивне виробництво (АВ) пропонує можливість виробляти деталі високої геометричної складності, без застосування різальних інструментів. АВ процеси для полімерних частин досить добре створені, але плавильні процеси для АВ металів як і раніше мають серйозні практичні проблеми. Багато з них проявляються в результаті високої температури плавлення металів та їх відносно низької в'язкості [1]. У Selective Laser Melting (SLM) металів, можливо, найбільш відомим представником адитивних методів є «power bed».

Процес виготовлення виробу відбувається таким чином: тверда частина просто формується шляхом вибіркового плавлення заздалегідь визначених контурів в послідовних шарах порошку за допомогою сфокусованого лазерного променя. Після сканування одного шару порошкової області, розплавленої лазером, утворюють поперечний перетин кінцевої частини. Згодом базова платформа збірки опускається вниз, а ще один шар порошку накладається зверху за допомогою механізму покриття. Ця процедура послідовно повторюється до тих пір, поки остаточно 3D геометрія не буде завершена, а невикористаний порошок не буде видалений з базової платформи (рис.1) [2]. Крім того, орієнтація геометрії деталі по відношенню до напрямку (вертикального) побудови робить вирішальний вплив на властивості готового виробу [3].

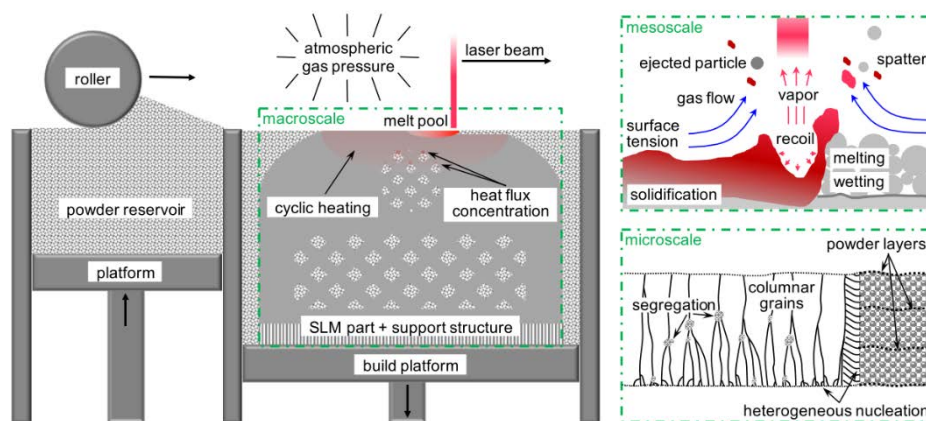


Рис. 1 – Експериментальна установка SLM, а також схематична візуалізація макромасштабного, мезомасштабного і мікромасштабного процесів [4]

Список посилань

1. I. Gibson, DW Rosen, and B. Stucker. Additive manufacturing technologies, volume 238. Springer, 2010 року.
2. H. Lipson and M. Kurman. Fabricated: the new world of 3D printing. John Wiley & Sons, 2013.
3. P. Hanzl, M. Zetek, T. Bal <a, and T. Kroupa. The influence of processing parameters in The mechanical properties of SLM parts. Energy Procedia, 2015.
4. Thermophysical Phenomena in Metal Additive Manufacturing by Selective Laser Melting: Fundamentals, Modeling, Simulation and Experimentation Christoph Ryan W. Penny, Yu Zoua, Jonathan S. Gibbs, A. John Harta.