

3. Qi Z., Xiao H., Yu C., Xu P., Wu Z., Zhao Y. Preparation, microstructure and mechanical properties of CP-Ti/AA6061-Al laminated composites by differential temperature rolling with induction heating // Journal of Manufacturing Processes. – 2019. – Vol. 44. – P. 133–144. <https://doi.org/10.1016/j.jmapro.2019.05.053>

4. Smirnova Y., Huriia I., Loboda P. Liquid phase fabrication technology of layered Ti/Al composite // U.P.B. Scientific bulletin, Series B: Chemistry and Materials Science. – 2021. – Vol. 83, № 4. – P. 273–282.

5. Смірнова Я. О., Гурія І. М. Мікроструктура та механічні властивості шаруватого литого композиту ВТ-6/Al // Метал і лиття України. – 2022. – Т. 30, № 1. – С. 84–90. <https://doi.org/10.15407/steelcast2022.01.084>

6. Смірнова Я. О., Лобода П. І., Гурія І. М., Борц Б. В. Вплив вальцювання на структуру та властивості шаруватих композиційних матеріалів системи Ti–Al, сформованих інфільтрацією розплавом алюмінію // Фізико-хімічна механіка матеріалів. – 2025. – Т. 61, № 1. – С. 5–12. <https://doi.org/10.15407/pcmm2025.01.005>

**Соколовський М. В., Бернацький А. В., Юрченко Ю. В., Сіора О. В.,
Бондарєва В. І., Набок Т. М., Курило В. А.
(ІЕЗ імені Є.О. Патона НАН України, Київ)**

**ВИВЧЕННЯ ВПЛИВУ ПОТУЖНОСТІ ЛАЗЕРНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ
НА МІКРОСТРУКТУРУ ЕЛЕМЕНТІВ З КОРОЗІЙНОСТІЙКОЇ
ВИСОКОЛЕГОВАНОЇ СТАЛІ, НАПЛАВЛЕНОЇ НА ГОТОВУ ДЕТАЛЬ**

E-mail: m_sokolovskyi@paton.kiev.ua

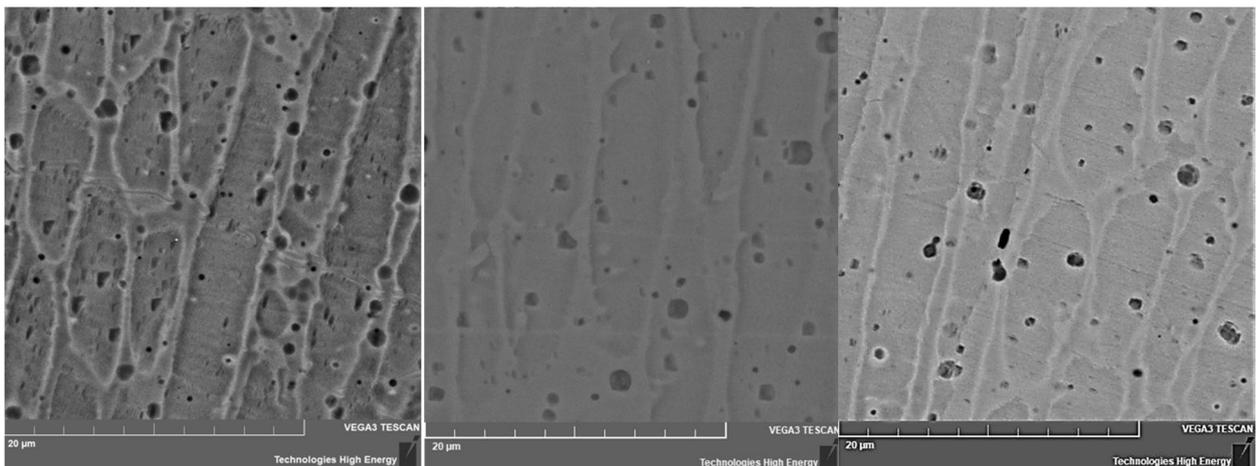
Актуальною проблемою багатьох галузей промисловості є виготовлення та ремонту виробів, у конструкції яких наявні функціональні елементи, які за своїми характеристиками значно відрізняються від самих деталей та призначені для виконання різного комплексу певних відповідальних завдань. Зазвичай, ці елементи створюються за допомогою аргоно-дугового наплавлення, мікроплазмового наплавлення та інших процесів. Але вироби, одержані з використанням таких технологій, мають значну частку браку через високий шанс появи дефектів. В даній роботі, з метою встановлення закономірностей впливу параметрів процесу лазерного наплавлення металу на структуроутворення,

геометрію та рівень експлуатаційних характеристик одержаних об'ємних елементів, а також відпрацювання комплексу технологічних заходів для контрольованого формоутворення об'ємних елементів деталей відповідальних конструкцій, вивчено вплив потужності лазерного випромінювання на мікроструктуру елементів з корозійностійкої високолегованої сталі, що утворюються шляхом лазерного наплавлення на готову деталь.

Дослідження розподілу легуючих елементів експериментальних зразків, були проведені за допомогою скануючої електронної мікроскопії та мікро-рентгено-спектрального аналізу. Досліджували зразки в різних зонах наплавленого металу, зоні термічного впливу та основного металу. Також оцінювали можливу наявність тріщин, розшарувань і пустот, а також пор. Дослідження проводили за допомогою скануючого електронного мікроскопа Tescan Vega 3. Аналіз розподілу хімічних елементів проводили за допомогою енерго-дисперсійного спектрометра Bruker. Отримані фотографії були зроблені в режимах BSE і SE зі збільшеною роздільною здатністю оптичного елемента (оригінал 512×512 , вихід 1024×1024).

За результатами проведених експериментальних досліджень було визначено, що:

1. Після лазерного наплавлення елементи мають характерну для багат шарового наплавлення литу дисперсну структуру (рис.1).



а

б

в

Рис. 1. Мікроструктура зразків всередині наплавлених шарів: а) погонна енергія 45 Дж/мм^2 ; б) погонна енергія 60 Дж/мм^2 ; в) погонна енергія 75 Дж/мм^2 . Збільшення $\times 5000$, режим BSE – зворотньо-розсіяних електронів

В структурі відсутні ділянки зі зміненою під тепловим впливом структурою. Дендритна структура спостерігається на більшій частині глибини покритих зразків, з більш широкими дендритними структурами на поверхневих шарах. Поблизу лінії наплавлення, на краю зони теплового впливу, спостерігається більш хаотична структура на всіх шарах лазерної потужності. Спектральний аналіз по глибині наплавленого матеріалу (табл. 1) свідчить про рівномірний розподіл легуючих часток та відсутність вкраплень неметалевих домішок з незначною зміною в концентрації таких легуючих матеріалів, як хром та нікель, у всіх зразках.

Таблиця 1 – Розподіл елементів всередині наплавленого матеріалу зразків

Елемент	Норм. відсоток, 45 Дж/мм ² , %	Атомний відсоток, 45 Дж/мм ² , %	Норм. відсоток, 60 Дж/мм ² , %	Атомний відсоток, 60 Дж/мм ² , %	Норм. відсоток, 75 Дж/мм ² , %	Атомний відсоток, 75 Дж/мм ² , %
Si	0,33	0,65	0,41	0,81	0,29	0,58
Cr	16,51	17,69	17,61	18,88	16,27	17,45
Mn	0,92	0,94	1,27	1,29	1,02	1,03
Fe	68,83	68,70	66,30	66,17	68,71	68,61
Ni	11,48	10,90	21,16	11,54	11,82	11,23
Mo	1,93	1,12	2,26	1,31	1,89	1,10
	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

2. Біля лінії сплавлення спостерігається тонка ділянка зі зміненою структурою. Її ширина змінюється вздовж лінії сплавлення. За межами лінії наплавлення структура основного металу в основному залишається незмінною. На поверхневих шарах напрямок кластерів дендритів є хаотичним, у поєднанні з видимим скупченням легуючих елементів. Біля лінії сплавлення спостерігається тонка ділянка зі зміненою структурою. Її ширина змінюється вздовж лінії сплавлення. На поверхневих шарах напрямок кластерів дендритів є хаотичним, у поєднанні з видимим скупченням легуючих елементів.

В результаті досліджень для наплавлення функціональних елементів запропоновано додержуватись діапазону значень: питомої потужності 30...45 кВт/см² та погонної енергії 45,0...60 Дж/мм. При наплавленні перших шарів порошкового матеріалу важливим є витримування рівня погонної енергії у 45...50 Дж/мм, з подальшим збільшенням даної величини до 60 Дж/мм при висоті наплавленого елемента в 2,75...3,00 мм. Подальше збільшення величини погонної енергії обробки до 75 Дж/мм при наплавленні елементів більшої висоти є небажаним через збільшення зони переплаву наплавлених шарів, а також появу недоплавлених частинок металевого порошку розміром до 20 мкм. При цьому необхідно врахувати і те, що збільшення значень обох величин до максимальних реалістичних максимумів величин, що розглянуті у дослідженнях (до 64,0 кВт/см² та 200,0 кДж/м), призводить до утворення дефектів як у наплавленому елементі, так і у металі основної деталі. В той же час, використання даних характеристик робочих режимів дозволяє витримувати стабільну структуру з максимальною кількістю наплавленого матеріалу, найвищими значеннями мікротвердості та високими показниками теплостійкості.

Солоненко Л. І.¹, Реп'ях С. І.², Погребський О. І.¹
(¹НУ «Одеська політехніка», м. Одеса; ²УДУНТ, м. Дніпро)
ГАЗОТВІРНІСТЬ ПІЩАНО-РІДКОСКЛЯНИХ СУМІШЕЙ
E-mail: l.i.solonenko@op.edu.ua

Газотвірність є газодинамічною властивістю структурованих формувальних і стрижневих сумішей, яку використовують при оцінюванні можливості появи на виливках газових раковин і газової шорсткості, скипів, спаїв, недоливів.

Зазвичай газотвірність визначають за загальноприйнятою методикою. Найбільшим недоліком цього методу визначення газотвірності є значна похибка при її визначенні для вологовмісних (піщано-глинястих, рідкоскляних, фосфатних, цементних тощо) сумішей. Переважно, це зумовлено виділенням у повітря водяної пари з наважок суміші під час їх нагрівання та конденсацією вологи на холодних поверхнях застосованих для випробувань пристроїв і приладів.