



a)



b)

Fig. 2. Outer appearance of butt weld (a) and fillet weld (b) joints in welding positions: a) - overhead; b) – horizontal-overhead.

CONCLUSION

The UPE-500 laboratory complex performs welding in all spatial positions in automatic mode with simultaneous stabilization of the process and carries out automatic fixation, processing and recording of the received data, which allows to quantitatively evaluate the welding and technological characteristics of covered electrodes without the subjective intervention of the operator.

REFERENCES

- [1] O. M. Kostin, O. O. Yaros, Y. O. Yaros and O. V. Savenko, "Complex UPE-500 for determining welding and technological characteristics of coated electrodes," *The Paton Welding Journal*, no. 8, pp. 33-37, 2021.
- [2] Y. Vereshchaho and V. Kostiuchenko, "Analysis of the stability of the electrical power supply system of the welding electric and plasma arc," *Electrical Engineering and Power Engineering*, no. 3, pp. 34–41, 2019.
- [3] Saleem Hashmi, Gilmar Ferreira Batalha, C. J. Van Tyne and B. S. Yilbas, Comprehensive materials processing. Vol. 6: *Manual Metal Arc Welding and Gas Metal Arc Welding*. Oxford; Walltham, MA: Elsevier, p. 49-76, 2014.
- [4] V. A. Lebedev and Yu. A. Yaros, "Comparative analysis of automatic control systems in automatic submerged arc welding," *Mechatronics, automation, control*, no. 16(6), pp.409-414, 2015.

УДК 621.762

ВПЛИВ ЕЛЕКТРОІМПУЛЬСНОГО СПІКАННЯ НА СТРУКТУРУ І ВЛАСТИВОСТІ Ti-Al ПОРОШКОВОГО МАТЕРІАЛУ

Лебедєва Н.Ю., кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри матеріалознавства і технології металів Національного університету кораблебудування імені адмірала Макарова, Україна, nataliia.lebedieva@nuos.edu.ua

Казимиренко Ю. О., доктор технічних наук, доцент, професор кафедри матеріалознавства і технології металів Національного університету кораблебудування імені адмірала Макарова, Україна, yuliia.kazymyrenko@nuos.edu.ua

Анотація. В роботі проаналізовано технології твердофазного та електроімпульсного спікання на структуру і властивості порошкового матеріалу Ti-Al. Для досліджень застосовано методи комп'ютерної металографії, рентгеноструктурного аналізу, методику визначення теплопровідності.

Ключові слова: порошкові матеріали, спікання, металографічні дослідження, рентгеноструктурний аналіз, теплопровідність

Порошкова металургія є одним із сучасних технологічних методів отримання виробів з заданими фізико-механічними властивостями. Порошкова металургія є одним із сучасних

технологічних методів отримання виробів з заданими фізико-механічними властивостями. Жароміцні матеріали широко застосовуються для виготовлення деталей в машинобудуванні, авіабудуванні, автобудуванні, ракетобудуванні, атомних пристроях. Експлуатація при підвищених температурах може призводити до деформування деталі і знеміцнення матеріалу. Тому актуальною задачею сучасного матеріалознавства є не тільки створення нових жароміцних матеріалів, але і пошук нових технологій виготовлення таких матеріалів.

Метою роботи є дослідження впливу технології виготовлення спікання титан-алюмінієвих порошків на структуру і властивості компактного матеріалу.

При спіканні багатокомпонентних систем в твердій фазі важко отримати вироби з високою щільністю за порівняно короткі витримки. У багатьох випадках спікання проводять в умовах, коли більше легкоплавкий компонент, що входить до складу шихти, утворює при температурі спікання рідку фазу. Це призводить у більшості випадків до активації усадки і забезпечує одержання виробів з малою пористістю і високими властивостями [1].

Методи спікання порошкових матеріалів з використанням електричного струму мають спільні риси зі звичайним та активованим спіканням, гарячим пресуванням, а на рівні елементарних процесів – з мікроелектрозварюванням. Тим не менш, даний вид консолідації порошкових і дисперсних матеріалів має чимало особливостей, що виділяють його в самостійний науково-технічний напрям порошкової металургії. Вплив імпульсів електричного струму на металеві порошки та інші дисперсні матеріали породжує в них ряд специфічних явищ. На контактних ділянках між сусідніми частинками під впливом струму відбувається інтенсивний масоперенос у твердій фазі. Крім цього, частина матеріалу може плавитися і випаруватися, що супроводжується більш інтенсивним масопереносом. В залежності від параметрів процесу (тиск на порошкову середу, амплітуда і тривалість імпульсів електричного струму) процес спікання може протікати по-різному. У зв'язку з цим в широких межах змінюються структура і властивості спечених матеріалів. Перевагами високошвидкісного формування порошків перед традиційними методами є можливість створення надзвичайно високих тисків, можливість отримання великої щільності формування, зрощування шарів різнорідних матеріалів, економічність та багаторазове використання.

При спіканні багатокомпонентних систем в твердій фазі важко отримати вироби з високою щільністю за порівняно короткі витримки. Спікання частіше проводять в умовах, коли більше легкоплавкий компонент, що входить до складу шихти, утворює при температурі спікання рідку фазу. Це приводить у більшості випадків до активації усадки і забезпечує одержання виробів з малою пористістю і високими властивостями.

Експериментальні зразки виготовлено технологією електроімпульсного спікання за режимом: тиск пресування $P = 60$ МПа, температура $t = 1100$ °С, сила струму $I = 900$ А, $\tau = 3$ с.

Дослідження особливостей структури отриманого зразка виконувалось за допомогою методів комп'ютерної металографії та макро- і мікро аналізу.

Мікроструктура зразку 64 % Ti і 36 % Al представлено на рис. 1. Рентгеноструктурний аналіз проводився на дифрактометрі ДРОН-3, з трубкою БСВ-24 у випромінюванні міді CuK α (довжина хвилі $\lambda_{\text{ср.}} = 0.154178$ нм) з використанням Ni β -фільтра. Обертання зразків здійснювалося в інтервалі подвійних кутів від 30 до 100 ° при напрузі на трубку 45 кВ, струм напруження 30 мА. Швидкість розгортки складала 1 град / хв, швидкість руху діаграмної стрічки 60 мм / год, шкала чутливості приладу встановлювалася на 250 імп / с. Результат було отримано у вигляді рентгенограми що представлена на рисунку 2.

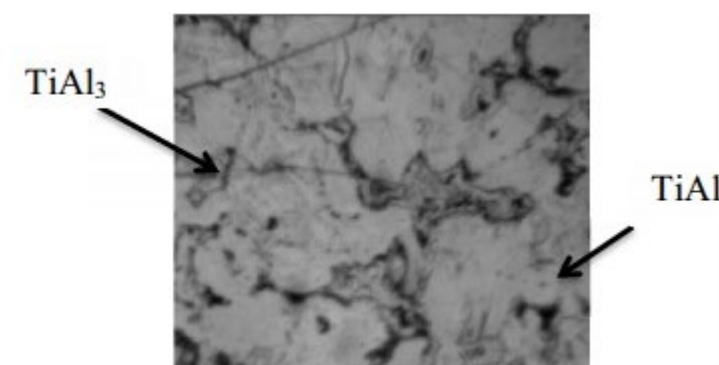


Рис. 1 Мікроструктура титан-алюмінієвого порошкового матеріалу після електроімпульсного спікання $\times 150$

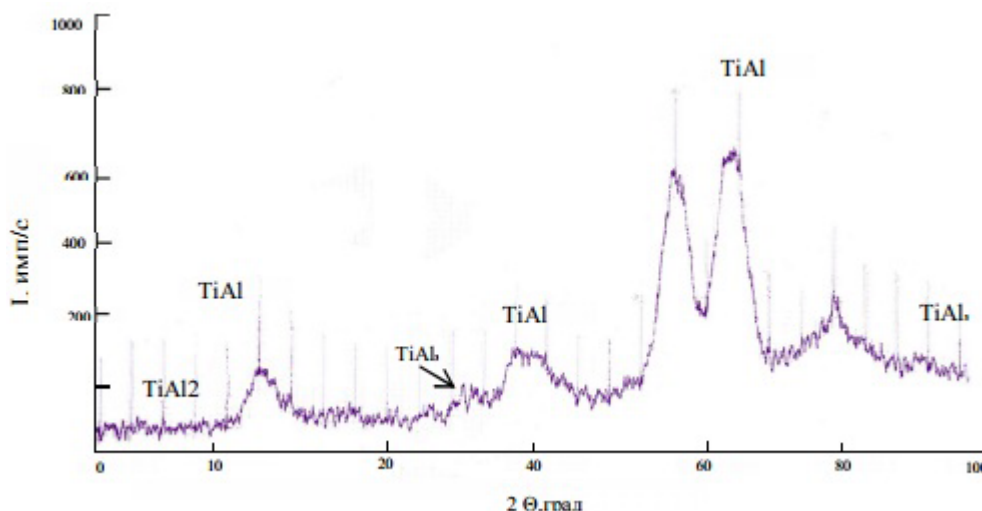


Рис. 2. Рентгенограма титан-алюмінієвого порошкового матеріалу після електроімпульсного спікання

Аналіз діаграми стану системи Ti-Al, свідчить про наявність неупорядкованих β - і α -фаз і впорядкованих фаз α_2 (Ti_3Al) і γ (TiAl). Формування сполук TiAl_2 , Ti_2Al_5 , $\text{Ti}_5\text{Al}_{11}$ і $\text{Ti}_9\text{Al}_{23}$ відбувається з фази TiAl при реакції рідини з твердою фазою, а також в умовах твердофазної взаємодії, але найбільш вірогідним є утворення інтерметаліду TiAl_3 . Основною перевагою хімічної сполуки TiAl_3 порівняно з іншими інтерметалідами системи Ti-Al є його низька щільність, високі показники пружності і корозійної стійкості. Основний недолік, як і інших алюмінідів титану – низька пластичність. Це пояснюється обмеженою рухливістю дислокацій при низьких температурах, низькою величиною поверхневої енергії, а також малою кількістю систем двійникування і ковзання. Монолітний інтерметалід TiAl_3 є надзвичайно крихким матеріалом та руйнується при коефіцієнті інтенсивності напружень 2 МПа, а напруження руйнування матеріалу при вигині і стиску становить 162 і 354 МПа відповідно [2, 3].

Рентгеноструктурний аналіз підтвердив наявність в структурі матеріалу фаз Ti_3Al , та TiAl_3 , а також інтерметаліду TiAl_2 .

Експериментально визначено коефіцієнт теплопровідності, який при $T = 25^\circ\text{C}$ складає $\lambda = 240 \text{ Вт/(м}\cdot^\circ\text{C)}$.

Висновки: визначено фазовий склад порошкового матеріалу титан-алюміній після електроімпульсного спікання. Встановлено, що на відміну від традиційної технології твердофазного спікання, в структурі спостерігається наявність інтерметалідних фаз Ti_3Al , TiAl_2 , які сприяють підвищенню жаростійкості матеріалу.

ЛІТЕРАТУРА

1. Косторнов, А. Г. Материаловедение дисперсных и порошковых металлов и сплавов: Монография: в 2 т. / А. Г. Косторнов // - Киев: Наукова думка, 2002. – 1 т. – ISBN 966-00-0136-3.
2. Grain growth and recrystallization of nanocrystalline Al₃Ti prepared by mechanical alloying [Text] / F. Zhang, L. Lu, M.O. Lai, F. H. S. Froes // Journal of materials science. – 2003. – V. 38, № 3. – p. 613–619.
3. Milman, Yu. V. Mechanical behavior of Al₃Ti intermetallics and L12 phases on its basis / Yu. V. Milman, D. B. Miracle, S. I. Chugunova [etc.] // Intermetallics. – 2001. – V. 9. – p. 839–845.

Nataliia Lebedieva, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor,

Yuliia Kazymyrenko, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor,

Admiral Makarov National University of Shipbuilding, Mykolajev, Ukraine

Abstract. The paper analyzes the technologies of solid-phase and electropulse sintering on the structure and properties of Ti-Al powder material. For research, the methods of computer metallography, X-ray structural analysis, and the method of determining thermal conductivity were used.

УДК 621.793.74 621.791.927.55

ПЛАЗМОВЕ НАПИЛЕННЯ З АЛГОРИТМАМИ ФУНКЦІОНУВАННЯ ЯКІ ЗМІНЮЮТЬСЯ

Лебедєв В.О., Лой С.А.

Херсонський навчально-науковий інститут НУК імені адмірала Макарова

Анотація. Розглянуто причини коливань потужності (струму) при плазмовому напилюванні, які мають некерований характер та негативно впливають на якість покриттів. Показано основні шляхи зниження впливу коливань на результати напилювання. Запропоновано варіанти застосування керованих імпульсних впливів для керування якістю покриттів.

Ключові слова: плазмове напилювання, коливальний режим, імпульсний вплив.

Плазмове напилення вузлів та деталей різних машин та механізмів – один із найбільш поширених способів їх відновлення та зміцнення. Запилення виконується часто з наданням поверхні, що напилюється, нових експлуатаційних властивостей. Основні характеристики напиленого шару, наприклад, підвищена міцність, термостійкість при напиленні поверхонь, що теплозахищаються, здатність працювати в умовах тертя, зокрема при ковзанні деталей і ряд інших визначаються, в основному, застосовуваними матеріалами, режимами роботи установки, допоміжного обладнання, підготовкою напилюваної поверхні.

Останнім часом з'являються повідомлення[1], де відзначаються результати застосування особливих режимів напилення, що використовуються, як правило, для підвищення експлуатаційних властивостей поверхонь, що напиляються, а також вузлів і деталей з такими поверхнями. До таких режимів можна віднести імпульсні алгоритми роботи різних систем плазмових установок.

До складу установки для плазмового напилення як активні вузли входять: джерело живлення дуги, дозатор порошку та елементи, система подачі плазмоутворюючого газу, система переміщення плазмотрона або деталі, що напилюється.