Отримані результати дозволяють зробити наступні висновки.

1. Запропонований хімічний склад електроду типу Fe6 відповідає вимогам стандарту EN14700 і забезпечує при наплавленні деталей зі сталі 110Г13Л формування перехідного шару з однорідною дисперсною структурою без формування будь яких надлишкових фаз і шкідливих неметалевих включень. Така структура є сприятливою з точки зору запобігання формуванню тріщин та відшарувань наплавленого металу.

2. При використаному режимі наплавлення вплив основного металу на хімічний склад наплавленого металу прослідковується тільки після першого проходу. При подальших проходах властивості наплавленого шару визначаються матеріалом розробленого електроду типу Fe6.

3. Подальші дослідження слід спрямувати на визначення експлуатаційних характеристик наплавленого шару.

Список посилань

1. ДСТУ EN 14700:2019 Матеріали зварювальні. Зварювальні матеріали для наплавлення (EN 14700:2014, IDT)

2. Boyko I., Pashinskiy V., Pashinska O . *MININGMETALTECH 2024 – THE MINING AND METALS SECTOR: INTEGRATION OF BUSINESS, TECHNOLOGY AND EDUCATION. VOLUME 1*. 2024. С. 130–132.

3. ISO/TR 13393:2009Welding consumables — Hardfacing classification — Microstructures

УДК 621

Білоник Д.І., аспірант
Білоник І.М., канд.техн.наук.
Лаптєва Г.М., канд. техн. наук.
Бабарикін І.С., аспірант
Національний університет «Запорізька політехніка», bilonikelena@gmail.com
Сахно С.С., начальник бюро досліджень
АТ «Мотор Січ, м. Запоріжжя

СТРУКТУРА ТА МЕХАНІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ЗВАРНОГО З'ЄДНАННЯ ЛИТОГО ВТОРИННОГО α-ТИТАНУ

Процеси зварювання нелегованого деформованого листового титану ВТ1-00, ВТ1-0, ВТ1-1, ВТ2-1 та інших достатньо повно розглянуто в роботах [1, 2]. Доведено, що зварюваність цих матеріалів добра при забезпеченні надійного захисту зварюємого з'єднання від повітря, необхідної підготовки кромок, правильному виборі режимів, та присадних матеріалів. Нелегований деформований титан зварюється без обмежень майже усіма способами.

Зварювання литого нелегованого титану розглядається тільки як спосіб виправлення дефектів лиття. Процес безкамерної електрошлакової виплавки (БКЕШВ) забезпечує щільність і механічні властивості вторинного α-титану на рівні деформованого, при значно нижчій собівартості [3]. Тому, доцільно визначити можливість застосування такого матеріалу в зварних конструкціях або вузлах хімічного обладнання. Зразки для зварювання (50х30х4 мм) виготовили зі зливка діаметром 85 мм вторинного α-титану БКЕШВ.

В роботі дослідили хімічний склад, макроструктуру, механічні властивості зварного з'єднання С4, яке отримали методом TIG апаратом FRONIUS 230L ($I_{св}$ = 120-140А, $U_д$ = 12-13 В) із застосуванням присадних дротів ВТ1-00св та ОТ4св діаметром 1,6мм.

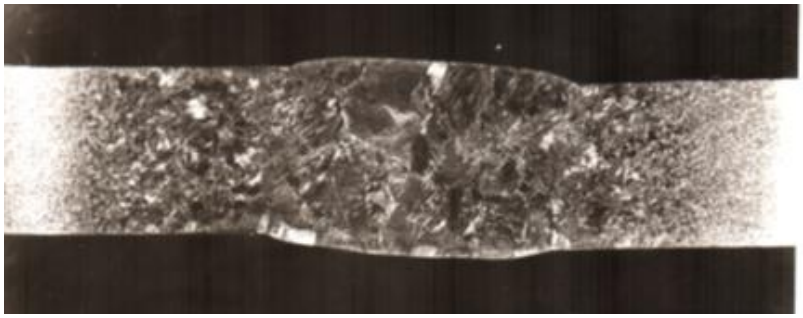
Хімічний склад, мас. %: C – 0,024; Fe – 0,06; Si – 0,05; O_2 – 0,25; N_2 – 0,058; H_2 – 0,0016 не відрізняється від хімічного складу стандартних нелегованих марок титану. Але, вміст кисню 0,24 – 0,30% і азоту 0,051 – 0,058% у вторинному α-титані більш відповідає вмісту газових домішок в титані ВТ1-2 ($O_2 \leq$ 0,30%, $N_2 \leq$ 0,15%), або в титанових сплавах

закордонного виробництва Grade 2, Grade 3, 7055Ti, KS85 які застосовують у зварних конструкціях.

Встановлено, що все зварне з'єднання має крупнозеренну структуру (рис. 1, а). Можна бачити, що основний метал в зоні термічного впливу зберігає крупнозеренну структуру, яка утворена при електрошлаковому виплавленні зливків вторинного α-титану. Дефектів металургійного і технологічного характеру не виявлено. При зварюванні деформованого стандартного титану ВТ1-0 (рис.1, б) встановлено суттєвий вплив термічного циклу на розмір зерен в околошновній зоні, які значно більше за розміром у порівнянні з основним металом. Утворення крупнозеренної структури обумовлено процесом рекристалізації. В той же час, в зварному з'єднанні вторинного α-титану з вихідною крупнозеренною структурою термічний цикл майже не викликав змін.

Х 2,5

а)



Х 6,2

б)

Рис. 1 – Макроструктура зварних з'єднань литого вторинного α-титану (а) та деформованого стандартного титану ВТ1-0 (б)

При дослідженні макроструктури зварних з'єднань литого вторинного α-титану в деяких зразках виявили поодинокі пори діаметром 0,3 – 0,7 мм. Проведений контроль на герметичність, згідно вимог ГОСТ 18353-79 (капілярний метод), не виявив порушень герметичності.

Механічні властивості зварних з'єднань вторинного α-титану наведені в таблиці 1.

Таблиця 1 – Механічні властивості зварного з'єднання литого вторинного α–титану

Місце визначення	Механічні властивості			
	σ_B, МПа	$\sigma_{0,2}$, МПа	δ, %	НВ
Основний метал	590	560	7,5	224
Зварний шов (дріт ВТ1–00св)	460	400	2,5	190
Зварний шов (дріт ОТ4св)	670	625	7,5	210

Встановлено, що застосування відповідних марок присадного дроту дозволяє отримувати необхідні механічні властивості зварного шва литого вторинного α-титану БКЕШВ. Для забезпечення рівноміцності зварного з'єднання доцільно застосовувати дріт ОТ4св. Крім того, цей дріт містить до 0,3% цирконію, що частково нейтралізує вплив кисню.

Таким чином, вторинний литий α-титан отриманий методом БКЕШВ, який має достатньо високі механічні властивості та суттєву нижчу собівартість, доцільно застосовувати в зварних конструкціях або вузлах.

Список посилань

1. Довідник по зварюванню кольорових металів / Гуревич С.М. – К: Наук. думка, 1990 – 512 с.
2. Блащук В.Е. Зварювання плавленням титану та його сплавів (огляд) / В.Е.Блащук, Г.М.Шеленков // –Автоматичне зварювання, 2005. – № 2. – с. 38 – 46.
3. Електрошлакова виплавка у відкритому кристалізаторі зливків з відходів листових обризків титану ВТ1-0. / Д.І. Білоник, О.В. Овчинников, І.М. Білоник, О.Є. Капустян // Сучасна електрометалургія. – 2022. – № 1. – с.34-39.

УДК 621.793.7

Тунік А.Ю., канд. техн. наук
Адєєва Л.І., канд. техн. наук
Коржик В.М., академік, докт. техн. наук
Ілляшенко Є.В., PhD
Конорева О.В., канд. фіз.-мат. наук, с.н.с.
Григоренко С.Г., канд. техн. наук
Інститут електрозварювання ім. Є.О. Патона НАН України, allatunik@gmail.com

ВИКОРИСТАННЯ ПОРОШКОВИХ ДРОТІВ ЗІ СТАЛЕВОЮ ОБОЛОНКОЮ ТА ТУГОПЛАВКИМИ НАПОВНЮВАЧАМИ ДЛЯ ПЛАЗМОВО-ДУГОВОГО НАПИЛЕННЯ ПОКРИТТІВ

Перспективними матеріалами для плазмово-дугового напилення (ПДН) є порошкові дроти та прутки. Порівняно з порошкам, використання порошкових дротів дозволяє досягти вищої енергоефективності процесу (питомі витрати енергії при нанесенні покриттів із дротів нижче 8-15 разів). Актуальність роботи пов'язана з перспективністю використання плазмових технологій для нанесення покриттів із тугоплавких матеріалів та композицій на їх основі. Аномально високі температури плазмових струменів (до 15000-20000 К), а також їх високі швидкості (до 1000-3000 м/с і вище) дозволяють розглядати їх як ефективні джерела нагрівання, розплавлення та розпилення тугоплавких матеріалів.

Зразки покриттів для дослідження були отримані на установці PLAZER 30PL-W, розробленій в ІЕЗ ім. Є.О. Патона [1, 2]. Плавлення порошкового дроту в процесі ПДН зі струмопровідним дротом відбувається не тільки через нагрівання плазмовим струменем, а і за рахунок тепла, що виділяється на аноді під час проходження електричного струму.

У даній роботі досліджено закономірності формування структури покриттів, напилених на оптимальних режимах ПДН із порошкових дротів зі сталевою оболонкою та різними групами порошкових наповнювачів: B_4C; $B_4C+(Cr,Fe)_7C_3$; $B_4C+(Cr,Fe)_7C_3+Al$; B_4C+ZrO_2 (нано) та WC; WC+NbC (нано). Отримані покриття бездефектні з тонколамелярною структурою, низькою пористістю (1,5-2%) і рівномірним розподілом дисперсних зміцнюючих частинок в легованій феритній матриці.

Встановлено, що основою всіх покриттів є легована феритна матриця, зміцнена рівномірно розподіленими дисперсними частинками новоутворених фаз (бороцементиту, боридів заліза і хрому, подвійних карбідів заліза та вольфраму, ін.), а також частинками вихідних карбідів наповнювача. Мікротвердість отриманих покриттів становить 4,9…8,6 ГПа, що в 3…5,5 разів вище мікротвердості феритної оболонки, вміст якої становить не менш 84 мас.% дроту. Кількість оксидів в покриттях не перевищує 5,6 об.%.

Проведені дослідження відкривають перспективи отримання якісних керметних покриттів з дисперсно-зміцненою структурою, з високою твердістю. Покриття даного класу можуть застосовуватися як зносостійкі для захисту обладнання в хімічному