

лігатури 1...15 мм і 1...20 мм. В цьому випадку велика площа поверхні контакту зерен модифікатора поєднується зі значною глибиною проникнення розплаву в модифікатор. За таких умов в реакторі формується рухоме рідко-тверде середовище з максимально розвиненою величиною поверхні міжфазної взаємодії, що забезпечує розчинення феросиліцій-магнієвої лігатури в прискореному режимі і підвищує ступінь переходу магнію з лігатури в метал виливків до 80...90%. Тимчасовий опір під час розривання знаходиться на рівні ~650 МПа, відносне подовження ~10 %.

Визначені основні засоби управління процесом модифікування чавуну в передкристалізаційному періоді:

– введення в розплав диспергованого графіту сприяє збільшенню кількості активних центрів кристалізації кулястого графіту і усуває варіант кристалізації з утворенням метастабільної цементитної фази;

– ефективно модифікування в протоковому реакторі ливникової системи;

– використання базового чавуну з масовою часткою сірки 0,010...0,015% та температурою 1400...1420 °С, що заливають зі швидкістю 1,0...1,5 кг/с.

Розроблені технологічні параметри забезпечують підвищення ефективності модифікування у напрямі оптимізації структуроутворення і підвищення властивостей литих виробів з високоміцного чавуну.

Овчинников О.В., Білоник Д.І., Давидов С.І., Капустян О.Є., Білоник І.М.

(НУ «Запорізька політехніка», м. Запоріжжя)

ЕЛЕКТРОШЛАКОВА ТЕХНОЛОГІЯ ОТРИМАННЯ ВИЛИВКІВ ТИТАНУ BT1-0 З ВИКОРИСТАННЯМ ВІДХОДІВ ЛИСТОВОЇ ОБРІЗИ

E-mail: aek@zntu.edu.ua

Розробка технологій, що забезпечують переробку металевих та металовмісних відходів у кондиційні заготовки, напівфабрикати, регенерацію, представляє важливе та актуальне завдання.

На машинобудівних підприємствах України, які виготовляють обладнання для роботи в умовах корозійної дії, як основний конструкційний матеріал застосовують титан ВТ1-0 (ГОСТ 19807-91). При використанні листового титану в результаті розкрою листів на заготовки утворюються відходи, кількість яких іноді може становити 20...30% від запущеного в роботу матеріалу.

Хімічний склад листового обрізу відходів відповідає вимогам ГОСТ 19807-91. Це робить можливим застосовувати для їх переробки такі технології, як вакуумно-дуговий, електронно-променевий та вакуумно-індукційний переплави. Проте, вакуумні методи плавлення дуже затратні, а обладнання, що застосовується, відрізняється складністю і високою вартістю.

Електрошлаковий процес протягом багатьох років зарекомендував себе як універсальний, порівняно недорогий та який забезпечує високу якість кінцевого продукту в результаті переплаву найрізноманітніших відходів, що відрізняються як формою, розмірами так і хімічним складом [1-4].

У даній публікації представлені результати НДР щодо дослідження можливості та розроблення технології переплаву відходів листового обрізу титану ВТ1-0 електрошлаковим способом. Дано економічну оцінку розробленої технології.

Особливістю фізико-хімічних властивостей титану є високий електроопір та активна взаємодія з киснем та азотом повітря при температурах вище 450 °С. Щоб нейтралізувати ці фактори, що негативно впливають при електрошлаковому переплаві на якість титанового зливка, у розробленій технології застосували ковзний струмопідвід, який встановлювали на верхньому фланці кристалізатора.

Результати вимірювання температурного поля у титанових електродах, що витрачаються, довжиною 2000 мм і перетином 40 × 40 мм при електрошлаковому переплаві з традиційним та ковзним струмопідведенням показали, що застосування ковзного струмопідводу значно скорочує струмоведучий виліт електрода, що витрачається, нагрітого вище 450 °С (з 2000 мм до 300 мм) і тим самим виключає насичення титану киснем та азотом повітря. Ділянку електрода, що витрачається на відстані від ковзного струмопідведення до поверхні шлакової ванни, а також поверхню шлакової ванни додатково захищали аргоном.

Витратні електроди виготовляли з листового обрізу титану рубкою на гільйотині смуг відповідних розмірів і подальшим аргонодуговим зварюванням.

Вибір оптимального режиму електрошлакової плавки з використанням ковзного струмопідводу проводили згідно рекомендацій [5]. Було проведено чотири електрошлакових плавлення. Під час плавлення фіксували форму металевої ванни вольфрамовою крупкою. Швидкість наплавлення зливок діаметром 85 мм складала, $\times 10^{-2}$ кг/с: 0,9; 1,1; 1,4 та 1,7. Потім на поздовжніх шліфованих макротемплетах виявляли форму металевої ванни та заміряли її глибину.

Встановлено оптимальну форму металевої ванни (рис. 1), при якій швидкість наплавлення складала $0,9 \times 10^{-2}$ кг/с, а струм 2400...2500 А; напруга 31 В; флюс АНФ-1П.

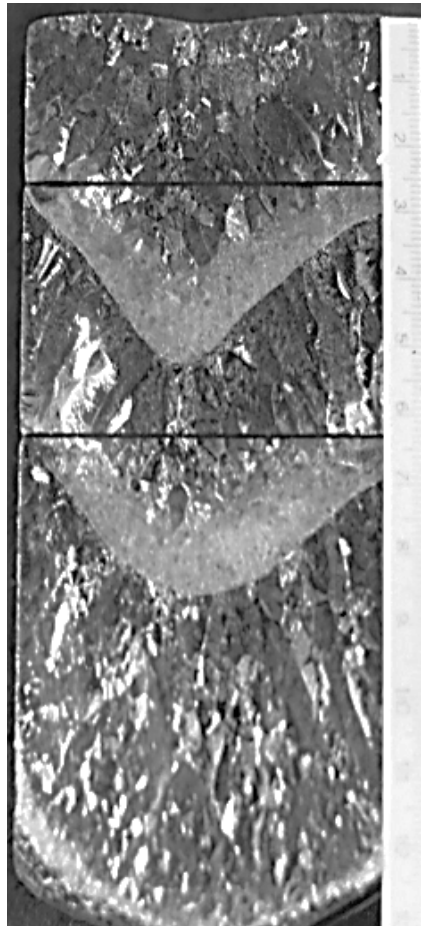


Рис. 1. Форма металевої ванни в зливках діаметром 85 мм при оптимальній швидкості наплавлення, $0,9 \times 10^{-2}$ кг/с

З використанням вище наведених технічних рішень на встановлених опти-

мальних режимах на установці А-550 виплавили дослідні зливки діаметром 85 мм та перетином 100×100 мм для подальшого дослідження металургійної якості та технологічних властивостей електрошлакового титану. Встановлено:

- поверхня злиwkів гладка, перетини, гофри та інші дефекти відсутні. Це свідчить про правильний вибір параметрів режиму та їх стабільність під час плавки;
- хімічний склад ($C = 0,024 \dots 0,011\%$; $Fe = 0,06 \dots 0,03\%$; $Si = 0,05 \dots 0,04\%$) відповідає вимогам ГОСТ 19807-91 для титану ВТ1-0. Проте, вміст кисню $0,247 \dots 0,251\%$ та азоту $0,047 \dots 0,058\%$ перевищує вимогу ГОСТ 19807-91 на $0,05\%$ та на $0,018\%$ відповідно;
- макроструктура щільна, однорідна, має характерну крупнокристалічну будову, у площині шліфа дефектів не виявлено. Ультразвуковий контроль всього обсягу кожного із злиwkів не виявив дефектів внутрішньої будови таких, як пори, тріщини, великі неметалеві вкраплення (УЗК проводили на ТОВ «Запорізький титаномагнієвий комбінат», дефектоскоп УД-4Т, датчик 5К6);
- мікроструктура характерна для литого титану, тобто перетворені β -зерна розміром від 140 мкм до 175 мкм, що склалися з α -пластин;
- механічні властивості литого електрошлакового титану: твердість $HV = 215 \dots 235$; $\sigma_{0,2} = 560 \dots 580$ МПа, $\sigma_B = 610 \dots 640$ МПа; $\psi = 9,7 \dots 11,2\%$; $\delta = 5,6 \dots 8,1\%$;
- швидкість корозії електрошлакового титану становила $4,40 \dots 4,50$ г/м² год, що на $5 \dots 8\%$ вище стандартного листового титану ВТ1-0. Однак, корозійна стійкість таких високолегованих сталей, як Х35Н50ВМ, 10Х20Н70Г2М2В, Х15Н65М16В була в $2,0 \dots 2,5$ рази нижче порівняно з електрошлаковим титаном (випробування проводили в 10% розчині НСІ при температурі 20 °С);
- оброблюваність різанням (точіння, фрезерування, свердління) суттєво не відрізняється від оброблюваності різанням стандартного прокату ВТ1-0;
- зварюваність литого електрошлакового титану (аргонодугове зварювання) не викликала труднощів, зварні з'єднання однорідні, рівномісні з основним металом, герметичні.

Таким чином розроблена технологія ЕШВ дозволяє отримувати зливки титану ВТ1-0 з характеристиками, що не поступаються деяким маркам нелегованого титану вітчизняних та зарубіжних виробників (ВТ1Л, Grade4, ІМІ 160).

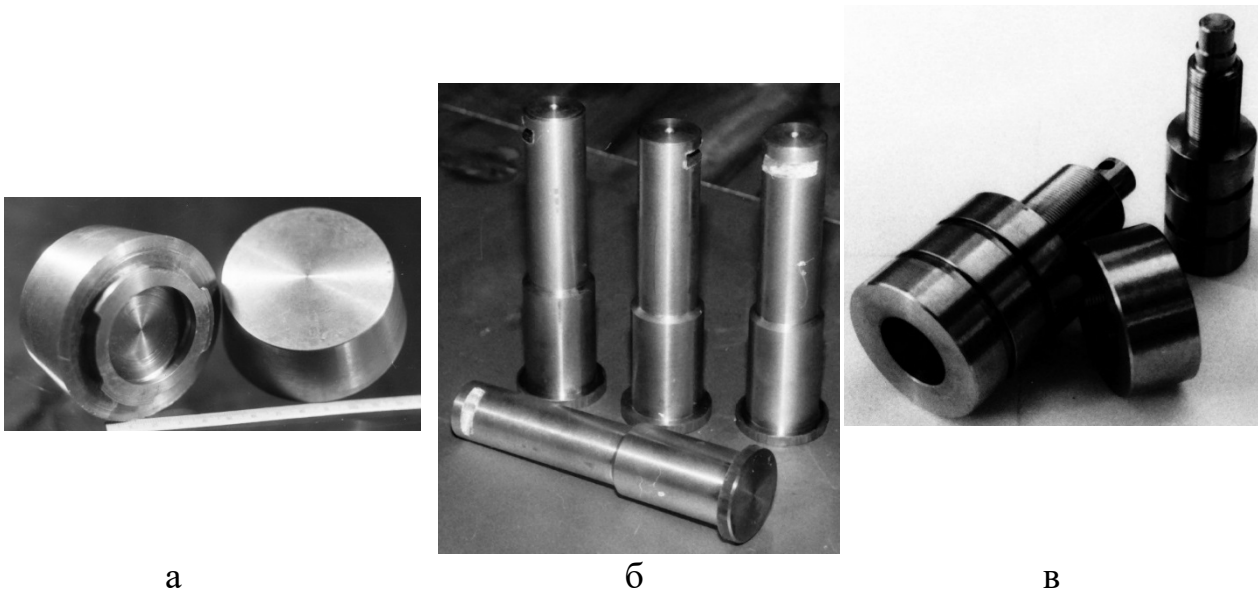


Рис. 2. Зразки дослідних деталей, виготовлених з електрошлакових виливків: а – катоди до установок «Булат»; б, в – деталі скрубера 1600

Тому було доречно виготовити зразки дослідних деталей та провести їх апробацію. Зокрема, було виготовлено партію катодів (рис. 2, а) для установок «Булат» типу ННВ-6.6І1. Проведено їх випробування при нанесенні покриття з нітриду титану на столові прилади та кінцеві фрези (ГОСТ 17025-71) на Запорізькому інструментальному заводі та в інституті УкрНДІСпецсталь. Якість нанесених декоративних та зносостійких покриттів повністю відповідала вимогам ТУ 2-035-806-80 Запорізького інструментального заводу.

На підприємстві ВАТ «Південцвітметгазоочищення» з титанових електрошлакових виливків були виготовлені дослідні деталі (рис. 2, б, в) та встановлені на скрубера 1600. В даний час скрубера експлуатується на підприємстві ТОВ ЗТМК, зауважень до якості дослідних деталей не виявлено.

Економічний ефект від електрошлакової регенерації відходів листового обрізу титану ВТ1-0 за цінами 2021 року становитиме 400...450 грн на 1 кг отрима-

ного зливка. Дану технологію найбільш доцільно використовувати для умов дрібносерійного виробництва, в якому є постійна потреба в невеликій кількості титанових заготовок.

Література:

1. Рябцев И.А., Кусков Ю.М., Кузьменко О.Г., Лентюгов И.П. Переработка металлоотходов с использованием электрошлаковых технологий // Вестник машиностроения. – 2003. – № 11. – С. 76 – 80.
2. Еремин Е.Н. Применение электрошлакового переплава для регенерации отходов жаропрочных сплавов // Современная электрометаллургия. – 2005. – №2. – С. 23 – 27.
3. Ткачук М.Д., Ташлыков Н.Н., Бойко Г.А., Саранчук В.В. ЭШП изношенного инструмента // Электрошлаковая технология: сб. статей посвящ. 30-летию электрошлаковому переплаву. – Киев: Наукова думка, 1988. – С. 50 – 54.
4. Кусков Ю.М., Безкоровайный В.И., Ус В.И. Безэлектродная технология электрошлакового переплава медных отходов // Проблемы специальной электрометаллургии. – 1992. – № 3. – С. 29 – 32.
5. Ключев М.М., Каблуновский, Д.Ф. Metallurgy электрошлакового переплава. – Москва: Metallurgy, 1969.

Осіпов М.Ю., Капустян О.Є., Бриков М.М.,

Куликовський Р.А., Акритова Т.О.

(НУ «Запорізька політехніка», м. Запоріжжя)

ДОСЛІДЖЕННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ ПОРОШКОВОЇ СТАЛІ ПХ12Ф1

E-mail: mosipov61@ukr.net

Відомо [1], що використання в умовах абразивного зношування сплавів, що містять у своїй структурі метастабільний аустеніт, що зазнає в процесі впливу абразивних частинок деформаційні $\gamma \rightarrow \alpha$ – перетворення, дуже перспективно. Мар-