

метал, але й струм, який замикається через поверхню шлак-кристалізатор. В електрошлаковій тигельній плавці електричний струм має можливість замикатися тільки через поверхню шлак-метал;

– як відомо, в процесі переплаву торець електроду, що плавиться, утворює форму конуса, що може призвести до зміни електричного опору шлакової ванни. Дані зміни в формулі (1) не відображені зовсім.

Таким чином, виникає гостра необхідність у створенні абсолютно нової математичної моделі залежності електричного опору шлакової ванни печей ЕШТП в залежності від параметрів шлакової ванни та електроду, яка виправляла б усі зазначені недоліки.

Замість формули (1), в якій використовуються чотири різних поправочних коефіцієнти, для розрахунку електричного опору шлакової ванни пропонується використовувати формулу, яка включає в себе коефіцієнт конфігурації тигля, який залежить від діаметру електроду, висоти його оплавленої частини та поточного розташування в тиглі.

Коефіцієнт конфігурації тигля являє собою функцію, яка залежить від декількох аргументів.

Висновки. Для отримання математичної моделі залежності коефіцієнта конфігурації тигля ЕШТП від вказаних вище параметрів шлакової системи, необхідно провести серію експериментів з різними значеннями аргументів. Вимірюючи електричний опір шлакової ванни при цих значеннях і, знаючи питомий електричний опір рідкого шлаку, за формулою (2) можна розрахувати для цих значень коефіцієнт конфігурації тигля. Маючи набір таких даних, за допомогою регресійного аналізу можна побудувати математичну модель залежності (3) і використовувати її в майбутньому для проведення розрахунків параметрів печей ЕШТП або в комп'ютерному моделюванні.

Література:

1. Егоров А. В. Расчет мощности и параметров электроплавильных печей: Учебное пособие для вузов [Текст] / А. В. Егоров. – М.: МИСИС, 2000. – 272 с.

Лобачова Г.Г., Іващенко Є.В.

(КПІ ім. Ігоря Сікорського, м. Київ)

СТВОРЕННЯ ФУНКЦІОНАЛЬНИХ ЕЛЕКТРОІСКРОВИХ ПОКРИТТІВ НА СПЛАВАХ ЗАЛІЗА

lgg22@ukr.net

Підвищення надійності та подовження строку експлуатації деталей машин та інструменту є важливим завданням, поставленим перед матеріалознавцями. Таку проблему можна розв'язати шляхом зміцнення робочої частини виробів за рахунок нанесення функціональних покриттів. Ефективним та перспективним методом у цьому сенсі є електроіскрове легування (ЕІЛ), яке дозволяє створювати локальні леговані шари з високою адгезією до основи на будь-яких струмопровідних матеріалах та швидко відновлювати розміри амортизованих деталей. ЕІЛ здійснюється на малогабаритному транспортабельному обладнанні, не потребує значних витрат дорогих матеріалів, оскільки покриття можна наносити на дешеву основу.

Зазвичай ЕІЛ здійснюється компактованими електродами з твердих сплавів, які мають незначну ерозію за низьких енергетичних параметрів обробки, що знижує ефективність формування покриття. Зважаючи на це, альтернативою може бути пошарове нанесення чистих перехідних металів (ерозія яких значно вищою за твердосплави). Такі багатоконпонентні покриття мають широку область розчинності, неоднорідність хімічного складу та властивостей, що надає їм конкурентоспроможності в плані функціональності з покриттями, одержаними під час ЕІЛ компактованими анодами.

Інформація про пошарове створення покриттів в літературі зустрічається нечасто та стосується нанесення подвійних систем, інтерметалідів або евтектичних композицій.

Метою даної роботи є дослідження структури, фазового складу та властивостей (мікротвердість, зносостійкість) покриттів, створених на технічному залізі під час ЕІЛ у послідовностях Zr-C-Zr, Ti-C-Ti, Cr-C-Cr.

Мікроструктурний аналіз поверхневих ділянок заліза після обробки свідчить про утворення суцільних покриттів. Меж між послідовно нанесеними шарами не спостерігається, що свідчить про інтенсивне перемішування матеріалів легувальних електродів на кожній стадії обробки.

Рентгенівським аналізом у легованих шарах зафіксовано фази: α -Fe, γ -Fe, Cr₇C₃, Cr₂O₃ (після ЕІЛ за схемою Cr-C-Cr); Fe₂Ti, TiC, TiO₂, α -Fe, α -Ti (після ЕІЛ за схемою Ti-C-Ti); γ -Fe, ZrC, ZrO₂, FeZr₂ (після ЕІЛ за схемою Zr-C-Zr). Рефлекси залишкового аустеніту свідчать про інтенсивне насичення заліза вуглецем та проходження процесів гартування при надшвидкому охолодженні.

Встановлено, що після ЕІЛ за схемами Ti-C-Ti та Zr-C-Zr покриття мають більшу мікротвердість (9,5...10 ГПа), ніж після ЕІЛ Cr-C-Cr (7,3 ГПа), що пов'язано з більшою розчинністю вуглецю у Ti та Zr у порівнянні з Cr. Для усіх зразків максимальне значення мікротвердості спостерігається у середній частині покриття, що можна пояснити наявністю найбільшої кількості карбідів Zr, Ti, Cr в цій ділянці, що утворюється на стадії ЕІЛ графітовим анодом.

Виявлено, що зносостійкість поверхні заліза після всіх процесів ЕІЛ зростає у порівнянні з вихідним необробленим зразком: у 8,05 разів (з нанесеним Ti-C-Ti-покриттям); у 9,32 разів (з нанесеним Zr-C-Zr-покриттям); у 14,75 разів (з нанесеним Cr-C-Cr-покриттям). Зносостійкість оцінювалася гравіметричним методом в умовах сухого тертя-ковзання за схемою "площина по площині" впродовж 10 годин випробувань (контртіло – сталь Р6М5).

Отже, проміжна стадія легування графітом під час послідовного ЕІЛ перехідними металами сприяє формуванню на поверхні заліза покриттів збагачених карбідними фазами, що приводить до зростання мікротвердості покриття до 7...10 ГПа та підвищення зносостійкості у 8...14,75 разів.

Лук'яненко О.Г., Федірко, В.М., Труш В.С.

**(Фізико-механічний інститут ім. Г.В. Карпенка НАН України, м. Львів)
ВПЛИВ ТЕРМІЧНОЇ ОБРОБКИ В ГАЗОВОМУ СЕРЕДОВИЩІ НА
ТВЕРДІСТЬ ПОВЕРХНІ ТВЕЛЬНИХ ТРУБОК ЗІ СПЛАВУ Zr-1%Nb**

Вступ. Завдяки поєднанню унікальних фізико-механічних властивостей з низьким перерізом поглинання теплових нейтронів, цирконій та його сплави широко застосовують в ядерній техніці. Разом із тим існують чинники, які істотно впливають на їхні функціональні властивості, зокрема – кисень та азот.

Тому, **мета роботи** – встановити вплив хіміко-термічної обробки у контрольованому кисень- та азотовмісному газовому середовищі на твердість поверхні та розмір зміцненого приповерхневого шару ТВЕЛЬНИХ трубок.

Методика та матеріали досліджень. Для досліджень використано зразки-кільця, які вирізані із ТВЕЛЬНОЇ трубки з цирконієвого сплаву Zr-1%Nb українського виробництва. Термічну обробку сплавів цирконію виконували на лабораторному обладнанні в контрольованому кисень- та азотовмісному газовому середовищі за різних режимів (табл. 1). У результаті обробки одержували зміцнений приповерхневий шар металу з різною твердістю поверхні HV та різним розміром зміцненої зони l . Мікротвердість визначали за навантаження 50 г.