

ДИССЕРТАЦІЇ НА СОІСКАНИЕ УЧЕНОЇ СТЕПЕНІ



Демченко С. А. Влияние структурно-фазового состояния на свойства Al/Ni и Fe/Ni фольг различного функционального назначения. — На правах рукописи.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.02.01 «Материаловедение» (13 — Механическая инженерия). — Институт электросварки им. Е. О. Патона НАН Украины, Киев, 2018. Дата защиты 20.09.2018.

В работе на примере реакционных многослойных фольг (МФ) Al/Ni и фольг инварных сплавов Fe/Ni, полученных методом электронно-лучевого осаждения (ЭЛО), исследовано влияние размера характерных элементов микроstructures на свойства функциональных материалов (ФМ) с нестабильной и стабильной исходной структурой. Показано, что для обоих типов исследованных фольг ФМ, изготовленных методом ЭЛО, характерно наличие диапазона размеров микроструктурных элементов, в рамках которого достигается рост уровня их структурно-чувствительных свойств, позволяющий увеличить эффективность их практического применения.

Установлено, что оптимальным сочетанием высоких значений интенсивности теплообразования (не ниже 1,2 кВт/см²) и стабильности значений реакционных параметров (на уровне не ниже 85 % от исходного состояния) в процессе изготовления и старения характеризуются МФ Al/Ni с периодом чередования слоев от 200 до 500 нм.

Показано, что оптимальным сочетанием высокого уровня прочности (микротвердость до 4,5 ГПа) и инварными свойствами, сравнимыми с промышленными инварными сплавами системы Fe–Ni (КТР не выше $1,5...2 \cdot 10^{-6} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$ в температурном интервале 0...100 °С) характеризуются фольги сплавов Fe–(35...36 мас. %)Ni со структурой γ -фазы и размером элементов микроstructures в диапазоне значений 50...150 нм.

Как для фольг системы Al–Ni так и для фольг системы Fe–Ni уменьшение размера характерных элементов их микроstructures ниже определенного уровня ведет к структурно-фазовым превращениям в процессе изготовления, сопровождающиеся формированием дополнительных фаз: метастабильной моноклинной фазы Al₉Ni₂ в фольгах системы Al–Ni и аномально пресыщенного никелем твердого раствора α -(FeNi) в фольгах системы Fe–Ni. Формирования дополнительных метастабильных фаз в процессе изготовления методом ЭЛО фольг с наноразмерной микроstructure является основным фактором снижения реакционной способности многослойных фольг Al–Ni и потери инварного эффекта фольг системы Fe–Ni.

Полученные результаты были использованы как научные основы разработки технологии изготовления композитных фольг Sn/(Al/Ni)/Sn для реакционной пайки, сочетающих высокую интенсивность теплообразования и стабильность параметров реакции СВС при длительном хранении фольг, и тонких биметаллических фольг (Fe–Ni–Co)/Cu с высоким уровнем прочности и термочувствительности для использования в качестве элементов конструкции миниатюрных терморегуляторов.



Лісова Л. О. Фізико-хімічні процеси при ЕШП та розробка шлаків для підвищення ефективності переплаву високоміцних сталей. — На правах рукопису.

Диссертация на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук (доктора філософії) за спеціальністю 05.16.02 «Металургія чорних і кольорових металів та спеціальних сплавів». — Інститут електросварювання ім. Є. О. Патона НАН України, Київ, 2018. Дата захисту 14.11.2018 р.

Диссертацийна робота присвячена дослідженню особливостей фізико-хімічної взаємодії в системі

газ–шлак–метал при електрошлаковому переплаві. На цій основі розроблено нові шлаки, що здатні покращити енергетичні параметри процесу та якість зливоків з високоміцних марок сталей.

В роботі проаналізовано фізико-хімічні взаємодії та складено модель процесу ЕШП, відповідно до якої маса металу і всієї реагуючої системи газ–шлак–метал збільшуються по мірі розплавлення витратного електроду, а маса шлаку і газу залишається умовно постійними, що дозволяє розраховувати динаміку процесу ЕШП в захисній атмосфері.

Показано, що шлак окиснює активні елементи зі складу металу, що є особливо відчутним на початковому етапі переплаву: при наплавленні 20 мас. % металу (сталь 316L) в шлаку (оксидно-фторидні склади) з'являються 0,02...0,05 мас. % MnO та до

0,01 мас. % FeO, вміст яких підвищується до кінця переплаву. Тільки при використанні фторидного шлаку ($\geq 97\%$ CaF₂) вміст цих оксидів в шлаку знижується (після переплаву 40 % металу).

На підставі результатів фізико-хімічного моделювання, експериментальних досліджень властивостей шлакових систем та промислового випробування запропоновано нові склади шлаків:

шлак АНФ-39 (мас. %: 29...35 CaF₂/30...36 Al₂O₃/27...32 CaO/2...4 MgO/1...3 SiO₂) рекомендовано на заміну шлаку АНФ-6 для ЕШП легованих інструментальних сталей в стаціонарних кристалізаторах. Порівняно зі шлаком АНФ-6 новий склад АНФ-39 забезпечує зниження витрат електроенергії в процесі ЕШП (на 15 %) і не чинить суттєвої

окислювальної дії на метал (вміст оксидних неметалевих включень на 0,5 бали нижче);

шлак АНФ-37 (мас. %: 35...40 CaF₂/18...25 Al₂O₃/30...35 CaO/10...16 SiO₂) завдяки достатній кількості двокальцієвого силікату (34...37 мас. % 2CaO·SiO₂) забезпечує самовільне видалення гарнісажу із зовнішніх та внутрішніх поверхонь порожнистих зливків. Цей шлак запропоновано для впровадження на підприємствах, що виготовляють способом ЕШП великогазові труби та оболонки, зокрема для теплової енергетики.

Складено технічні умови на нові склади шлаків: ТУ У 20.5-05416923-112:2015 (АНФ-39) та ТУ У 20.5-05416923-109:2014 (АНФ-37).



Мельниченко Т. В. Структура та властивості конденсованих металевих наноматеріалів, отриманих електронно-променевим випаровуванням у вакуумі. — На правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.02.01 «Матеріалознавство». — Інститут електрозварювання ім. Є. О. Патона НАН України, Київ, 2018. Дата захисту 11.12.2018 р.

Дисертація присвячена вирішенню науково-прикладної задачі отримання однокомпонентних, композитних, багатошарових фольг та покриттів фізичним осадженням парової фази в вакуумі. Задачу вирішено шляхом встановлення кореляційних залежностей між умовами електронно-променевого осадження парової фази, структурними характеристиками та властивостями наноматеріалів, що дозволило створити наукові засади технології отримання металевих наноматеріалів функціонального призначення електронно-променевим випаровуванням у вакуумі.

Встановлено, що формуванню нанорозмірних структурних складових в конденсованому матеріалі сприяє низька рухливість атомів на поверхні осадження, що забезпечується переохолодженням парової фази, загіненням парового потоку та присутністю на поверхні осадження нерозчинної домішки.

Отримано нанопористі конденсати на основі Ni, Cu, Ti з пористістю відкритого типу до 30 мас. % і питомою поверхнею до 1000 м²/г у вигляді фольги та покриття для використання в якості проміжного прошарку при дифузійному зварюванні тиском матеріалів, покриття медичного стенту та транс-

дермальної форми медичних препаратів. Створена методика отримання інкапсульованих в матрицю галогеніду лужного металу нанопорошків з розміром частинок <10 нм, стійких до агломерації та окислення.

Отримано конденсовані наноматеріали на основі міді з нанодвійниковою субструктурою, які характеризуються твердістю 2 ГПа, термічною стабільністю структури та фізико-механічними властивостями, що забезпечило їх використання в якості складової демпфіруючого покриття на лопатках ГТД.

Шляхом сумісного осадження парових фаз компонентів, що не змішуються, отримано нанокompозити Cr–Y, Ti–Y, Fe–Cu з високим рівнем мікротвердості та дисипативних властивостей при температурі формування наноструктурованого стану на 200...250 °C вище порівняно з відповідними чистими металами. Показана можливість використання присадного матеріалу у вигляді фольги на основі нанокompозиту Ni–NbC для модифікування структури шва при зварюванні через рідку фазу.

Досліджено закономірності формування методом електронно-променевого осадження структури та властивостей нанощаруватих фольг на основі систем, що складаються з інтерметалідоутворюючих компонентів (Ti–Al, Ni–Al) та систем евтектичного типу (Al–Cu, Al–Si). Нерівноважний стан нанощаруватих фольг, який формується в умовах переохолодження парової фази на поверхні конденсації, сприяє низькотемпературним фазовим і структурним перетворенням в фользі та надпластичній плинності при термомеханічному навантаженні, що забезпечує її використання в якості проміжного прошарку при дифузійному зварюванні тиском матеріалів, що важко деформуються, та різнорідних.