



МІЖНАРОДНИЙ ЦЕНТР ЕЛЕКТРОННО-ПРОМЕНЕВИХ ТЕХНОЛОГІЙ ІЕЗ ім. Є.О. ПАТОНА

Технологія електронно-променевого випаровування (атомізації) та подальшого фізичного осадження парової фази у вакуумі (ЕВ-РVD) для отримання товстих плівок та масивних конденсатів із заданими структурою та властивостями почала розроблятися в Інституті електрозварювання ім. Є.О. Патона під керівництвом Бориса Олексійовича Мовчана на початку 1960-х років. Створені протягом 1975–1991 рр. в ІЕЗ ім. Є.О. Патона електронно-променеві технології та обладнання (15 промислових багатокамерних установок) були впроваджені на багатьох підприємствах Міністерств авіаційної, суднобудівної та газової промисловостей для нанесення жаростійких, корозійностійких та термобар'єрних покриттів із зовнішнім керамічним шаром на лопатки газових турбін різноманітного призначення.

Державне госпрозрахункове підприємство «Міжнародний центр електронно-променевих технологій Інституту електрозварювання ім. Є.О. Патона НАН України» (МЦ ЕПТ) засноване у 1994 р., продовжує систематичні наукові дослідження для створення нових матеріалів та захисних покриттів, які отримуються шляхом використання електронно-променевих технологій. Розроблено наукові основи електронно-променевих технологій отримання аморфних, нанокристалічних, дисперснозміцнених, мікрошарових, пористих та градієнтних матеріалів та покриттів; конкретні технології та нові зразки електронно-променевого обладнання, які отримали міжнародне визнання, захищені численними патентами (США, Європа, КНР), в тому числі спільними патентами із замовниками.

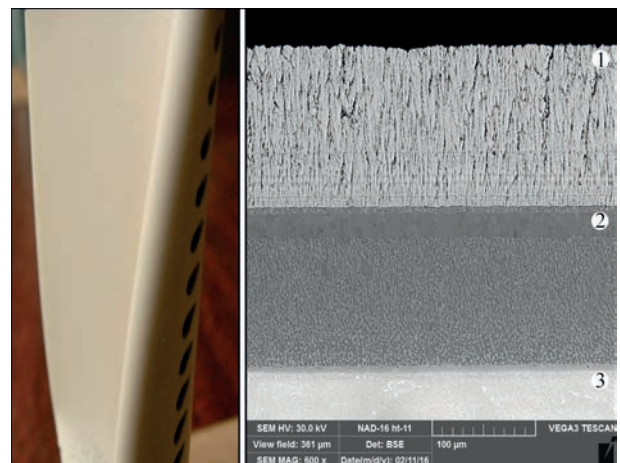
Розроблені у МЦ ЕПТ технології для нанесення градієнтних захисних покриттів забезпечують вищий ступінь повторюваності складу, структури та довговічності порівняно із покриттями, які отримуються за традиційною багаступінчатою технологією. Наприклад, градієнтні термобар'єрні покриття типу $\text{NiCoCrAlY(AlCr)/YSZ}$ для захисту лопаток газотурбінних двигунів (див. рисунок), з товщиною керамічного шару близько 160 мкм мають низький рівень теплопровідності (близько 1,2 Вт/(м·К), а їхня термоциклічна довговічність у 2...3 рази вища, ніж у традиційних термобар'єрних покриттів.

Створено технологію нанесення багатошарового демпфуючого/ерозійностійкого наноструктурного покриття для захисту деталей із сплавів на основі титану та алюмінію.

Основними замовниками МЦ ЕПТ на виконання науково-дослідних контрактів є закордонні компанії та наукові центри США («General Electric», «Pratt&Whitney», «Honeywell», Пенсільванський університет), Канади, Японії та Індії.

Активне співробітництво встановлено із підприємствами та організаціями Китайської Народної Республіки, при цьому усім замовникам пропонується як обладнання, так і новітні технології. За останні роки в КНР разом із 6 електронно-променевими установками продано 4 ліцензії на право промислового використання патентів для осадження термобар'єрних покриттів, було проведено навчання та підвищення кваліфікації китайських інженерів та техніків.

Слід відмітити, що перша електронно-променева установка, спроектована та виготовлена в кінці 1990-х років в МЦ ЕПТ, була поставлена в Пекін (Beijing University of Aeronautics and Astronautics). Всього в МЦ ЕПТ було спроектовано, виготовлено та поставлено китайським замовникам 13 електронно-променевих установок, які експлуатуються як в науково-дослідних організаціях (Beijing University of Aeronautics and Astronautics,



Зовнішній вигляд та мікроструктура градієнтного термобар'єрного покриття $\text{NiCoCrAlY(AlCr)/ZrO}_2 - 8\% \text{Y}_2\text{O}_3$ на лопатці газотурбінного двигуна:

- 1 – зовнішній керамічний шар $\text{ZrO}_2 - 8\% \text{Y}_2\text{O}_3$;
- 2 – жаростійкий шар NiCoCrAlY з градієнтною зоною AlCr;
- 3– жароміцний сплав



Електронно-променеві установки, розроблені та виготовлені в МЦ ЕПТ, працюють в КНР, США, Канаді та Індії

Beijing Aeronautical Manufacturing Technology Research Institute, Beijing Institute of Aeronautical Materials), так і на промислових підприємствах в містах Сіань, Гуїчжоу, Шеньян, Харбін, Ченгду.

У 2019 р. ліцензію на використання технології високошвидкісного електронно-променевого випаровування корозійностійких сплавів для нанесення захисних покриттів придбало ДП «НВКГ «Зоря»–«Машпроект» (м. Миколаїв), продовжуються спільні дослідження щодо вдосконалення композиційних покриттів типу метал/кераміка, які використовуються на цьому підприємстві.

В МЦ ЕПТ проводяться розробки варіантів гібридних електронно-променевих технологій, які об'єднують фізичні та хімічні процеси осадження неорганічних речовин у вакуумі. Електронно-променева гібридна нанотехнологія та відповідне обладнання є реальною основою для подальшого науково-технічного та економічного прогресу для отримання захисних покриттів в різноманітних галузях сучасного машинобудування.

Останнім часом, одночасно із відміченими вище традиційними технологічними напрямка-

ми, в МЦ ЕПТ отримав розвиток новий напрямок: електронно-променева технологія нанесення наноструктурних покриттів («острівкових» та суцільних) на порошки та гранули різноманітних матеріалів.

Всього за 25 років існування МЦ ЕПТ для закордонних замовників (КНР, США, Канада, Індія) було виготовлено та поставлено 17 електронно-променевих установок різноманітного призначення та продано 6 ліцензій на право промислового використання патентів для нанесення захисних покриттів. Запропоновані замовникам установки нового покоління оснащені сучасними вакуумними комплектуючими західного виробництва, вдосконаленими електронно-променевими прожекторами зі збільшеною до 100 год. довговічністю катоду, стабілізованим високовольтним джерелом живлення, що відповідає європейському стандарту CEI 61000-3-4, сучасними промисловими комп'ютерами для системи управління.

<http://www.paton-icebt.kiev.ua/>