

Электронно-лучевая технология: современное состояние и перспективы

Технология электронно-лучевого испарения (атомизации) и последующего физического осаждения паровой фазы в вакууме (ЕВ-PVD) для получения толстых пленок и массивных конденсатов с заданными структурой и свойствами начала разрабатываться в Институте электросварки им. Е. О. Патона под руководством проф. Б. А. Мовчана в начале 1960-х годов. Созданные в период 1975-1991 гг. в ИЭС им. Е. О. Патона электронно-лучевые технологии и оборудование (15 промышленных многокамерных установок) были внедрены на многих предприятиях министерств авиационной, судостроительной и газовой промышленности для нанесения жаростойких, коррозионностойких и термобарьерных покрытий с внешним керамическим слоем на лопатки газовых турбин различного назначения.

Государственное хозрасчетное предприятие «Международный центр электронно-лучевых технологий Института электросварки им. Е. О. Патона Национальной академии наук Украины» (МЦ ЭЛТ) существует с 1994 г. и продолжает систематические научные исследования и разработки новых материалов и защитных покрытий, получаемых с использованием электронно-лучевых технологий. Разработаны научные основы электронно-лучевых технологий получения аморфных, нанокристаллических, дисперсно-упрочненных, микрослойных, пористых и градиентных материалов и покрытий; конкретные технологии и новые образцы электронно-лучевого оборудования, получившие международное признание, защищены многочисленными патентами (США, Европы, России, КНР), в том числе совместными патентами с заказчиками.

Разработанные в МЦ ЭЛТ технологии для нанесения градиентных защитных покрытий обеспечивают более высокую степень повторяемости состава, структуры и долговечности по сравнению с покрытиями, получаемыми по традиционной технологии. Например, градиент-





Электронно-лучевые установки последнего поколения, разработанные и изготовленные в МЦ ЭЛТ, эксплуатируются в США, Канаде, КНР и Индии

ные термобарьерные покрытия типа NiAlDy/YSZ, NiCoCrAlY/AlCr/YSZ с толщиной керамического слоя около 150 мкм имеют низкий уровень теплопроводности (примерно 1,2 Вт/(м·К), а их термоциклическая долговечность в 2–3 раза выше, чем у традиционных термобарьерных покрытий.

Разработан вариант многослойного демпфирующего и эрозионностойкого градиентно-наноструктурного покрытия для защиты лопаток из титановых сплавов.

Основными заказчиками МЦ ЭЛТ на выполнение научно-исследовательских контрактов являются зарубежные компании и научные центры США («Дженерал Электрик», «Пратт и Уитни», «Хромаллой», Пенсильванский университет), Канады, Японии, Индии.

В настоящее время 16 сконструированных и изготовленных в МЦ ЭЛТ электронно-лучевых установок успешно эксплуатируется в США, Канаде, Китае и Индии, при этом всем заказчикам предлагается как оборудование, так и новые технологии. За последние годы вместе с электронно-лучевыми установками продано 4 лицензии на право промышленного использования патентов для осаждения градиентных термобарьерных покрытий, прошли обучение инженеры и техники заказчиков.

В МЦ ЭЛТ ведутся разработки вариантов гибридных электронно-лучевых технологий, объединяющих физические и химические процессы осаждения неорганических веществ в вакууме. Электронно-лучевая гибридная нанотехнология и соответствующее оборудование является реальной основой для дальнейшего научно-технического и экономического прогресса для получения защитных покрытий в различных областях современного машиностроения.

В последнее время одновременно с отмеченными выше традиционными технологическими направлениями в МЦ ЭЛТ получило развитие новое направление: электронно-лучевая технология простых и композиционных нанопорошков и наножидкостей (коллоидов), а также наноструктурных композиций растительных экстрактов с наночастицами металлов для медицины и сельского хозяйства.

Б.А. Мовчан, К.Ю. Яковчук
Государственное предприятие
«Международный центр электронно-лучевых технологий
Института электросварки им. Е.О.Патона НАН Украины»