

## ПЛАЗМОЭЛЕКТРОЛИЗ ЦИРКОНИЕВЫХ СПЛАВОВ В ТЕХНОЛОГИИ ПОКРЫТИЙ ДЛЯ ПЕРСПЕКТИВНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ И ЭНЕРГОУСТАНОВОК

Ляховецкий М. А.

Московский авиационный институт (государственный технический университет),  
г. Москва, Россия

Одной из главных проблем в развитии авиационной и ракетно-космической техники является проблема непрерывного совершенствования двигателей и энергоустановок (Д и ЭУ). Поскольку более глубокое проникновение в их рабочие процессы требует постоянной модернизации существующих конструкций и разработки нового энергодвигательного обеспечения перспективных летательных аппаратов, а это тесно связано с непрерывным ужесточением условий эксплуатации деталей и узлов установок Д и ЭУ и стремлением к повышению их ресурса и надёжности.

Особенно это касается наиболее нагруженных деталей и узлов, изготавливаемых из циркониевых сплавов. Их использование открывает широкие возможности по созданию на новом техническом уровне космических ядерных двигателей и энергоустановок, высокотемпературных топливных элементов, различных датчиков контроля и других изделий. При этом, условия эксплуатации твэлов, тепловыделяющих сборок, труб и трубных решёток, различных электрохимических устройств с применением твёрдых электролитов на основе диоксида циркония и многое другое определяет необходимость развития различных технологических методов формирования на них покрытий с высокими эксплуатационными свойствами,

В работе на основе анализа различных методов защиты циркониевых сплавов от разрушения под действием коррозионной среды и наводороживания, как главных факторов снижения ресурса и надёжности Д и ЭУ, показаны преимущества (по сравнению с методами вакуумных ионно-плазменных технологий) метода микродугового оксидирования (МДО). Детально рассмотрен механизм и физико-химические принципы плазменного электролиза циркониевого сплава, на примере сплава Э-110.

С привлечением математических методов планирования экспериментов исследовано влияние концентрации составляющих многокомпонентного электролита (силиката – жидкое стекло  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ ; вольфрамата –  $\text{Na}_2\text{WO}_4$  и бората –  $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$ ) на анодное и катодное падение потенциала в процессе оксидирования. Был реализован симплекс-вершинный план экспериментов с внутренними точками и общим центроидом. Результаты реализации матрицы планирования были обработаны с помощью программного обеспечения «Statistica» и получено эмпирическое уравнение, описывающее зависимость анодного и катодного напряжения от концентрации электролита.

Сравнительные испытания коррозионной стойкости МДО покрытий проводились на образцах, полученных на разных режимах оксидирования, в автоклаве (при температуре  $400^\circ\text{C}$ , давление 200 атм в течение 240 часов). Установлено, что коррозионная стойкость МДО покрытий сильно зависит от режимов оксидирования и состава электролита, а также, что она более чем в два раза выше коррозионной стойкости контрольного образца без покрытия. Это свидетельствует о перспективности предложенного и разработанного метода МДО для защиты циркониевых сплавов.