

дая ручка состоит из 3-4 прутьев. Затем продолжают плетение стенок доверху. Борт корзины и ручки оплетают тонким прутком.

Во время плетения прутья пристукивают киянкой, чтобы они теснее легли друг к другу.

Таковыми же приемами пользуются при плетении других вещей.

Изделия из лозы практичны в применении, удобны, эстетичны, поэтому не утратили популярности и в наше время. При бережном отношении они могут прослужить более 20 лет. Кроме того, мебель и другие изделия из лозы имеют приятный запах, придают интерьеру легкость и изящество. Техника плетения позволяет избегать острых углов, создавать обтекаемые, плавно изгибающиеся формы. А стойкость к влаге и высоким температурам позволяет применять ее также в саунах и бассейнах. Специалисты утверждают, что по прочности мебель из лозы не уступает дубовой.

ЛИТЕРАТУРА

1. Лисин, А.С. Плетение из лозы / А.С. Лисин. – М.: МСП, 2007.
2. Локрина, Т.В. Композиции с лозой и берестой / Т.В. Локрина. – М.: Ниола 21 век, 2005.
3. Трапезников, Ф.Ф. Плетение ивового прута и бересты / Ф.Ф. Трапезников. – М.: Нива России, 1992.

УДК 621.762.4

Нарушко Е.О.

ЗАЩИТНЫЕ ПОКРЫТИЯ ОТ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОЙ ГАЗОВОЙ КОРРОЗИИ ЛОПАТОК ОСЕВОГО КОМПРЕССОРА В АВИАСТРОЕНИИ

БНТУ, г. Минск,

Научный руководитель: Орлова Е.П.

Лопатки осевого компрессора изготавливают из никелевых жаропрочных сплавов. Однако эти сплавы не обеспечи-

вают достаточной стойкости к воздействию агрессивной среды газового потока двигателя. В газовой среде содержатся агрессивные компоненты, вызывающие образование на поверхности лопаток солевого осадка и резкое увеличение скорости разрушения поверхностного слоя металла. Газовые турбины нередко работают на топливе, содержащем повышенную концентрацию серы, что приводит к постепенному накоплению на поверхности лопаток осадка соли и протеканию сульфидной коррозии. В составе топлив нередко присутствуют ванадий, легкоплавкие оксиды которого вызывают разрушение поверхностного слоя лопаток газовых турбин. Высокотемпературное окисление жаропрочных никелевых сплавов в сочетании с сульфидной и ванадиевой коррозией, а также эрозией существенно ограничивают ресурс лопаток. Применение защитных покрытий позволяет увеличить ресурс лопаток в 3..5 раз. Эффект достигается правильным выбором технологии и химического состава покрытий применительно к конкретным условиям эксплуатации газовых турбин.

На лопатках газовых турбин широко применяют две группы покрытий – диффузионные и конденсационные.

Диффузионные покрытия получают контактными или бесконтактными способами в порошковых смесях с помощью шликеров или в газовой среде, содержащей насыщающие элементы (алитирование, хромирование, кобальтирование, хромоалитирование и др.). Положительный эффект дает использование двухстадийных технологий, когда на первой стадии осаждают никель, кобальт, хром, а затем проводят алитирование или хромоалитирование. Такие технологии обеспечивают реализацию комплексного легирования поверхностного слоя лопаток насыщающими элементами. Важнейшим преимуществом диффузионных покрытий является возможность защиты от газовой коррозии труднодоступных поверхностей охлаждаемых лопаток газовых турбин (полости, щели, каналы отверстия перфорации)

Конденсационные покрытия получают способами плазменного, вакуумно-плазменного, магнетронного или электронно-лучевого напыления из слитков или брикетов, представляющих собой металлические сплавы для покрытий, например, сплавы систем Ni-Cr-Al-Y (СДП-2), Al-Si-Y (ВСДП-11), Ni-Cr-Al-Ta-W-Hf-Y (СДП-ТВГ) и др.

Применяемые покрытия обычно формируются на основе алюминидов никеля или кобальта. Базовой системой высокотемпературных покрытий является система Me-Cr-Al, где в качестве Me используют Ni, Co. Легирующие элементы в покрытиях можно разделить на три основные группы:

- элементы, формирующие защитную оксидную плёнку (Al, Cr, Si);
- элементы, тормозящие диффузионные процессы в самом покрытии и в диффузионной паре «сплав-покрытие» (Ta, Re, W);
- микролегирующие элементы, улучшающие адгезию оксидной плёнки при газовой коррозии (Y, Ce, La, Hf, Si).

К вредным примесям в покрытиях относятся кислород, азот, кальций, сера, которые могут поступать в покрытия из различного рода отложений, накапливающихся на поверхности лопаток в процессе эксплуатации.

Новым направлением, активно развивающимся в последнее десятилетие, является создание многокомпонентных композиций высокотемпературных покрытий на базе совместного применения диффузионного и конденсационного способов.

Конденсационно-диффузионные покрытия относятся к новому классу комбинированных защитных покрытий. Совместное использование двух технологий позволяет успешно решать проблемы увеличения работоспособности жаростойких покрытий при температурах на металле вплоть до 1200°C путём введения в покрытия тугоплавких металлов (Ta, Re, W), эффективно тормозящих диффузионное «рассасывание» покрытия на границе со сплавом и выполняющих роль диффузионного барьера. Применение

диффузионного способа решает при этом проблему защиты внутренних полостей на лопатках турбин.

Тантал и вольфрам являются важнейшими упрочняющими элементами в покрытии. Кремний, гафний, иттрий обеспечивают высокую долговечность покрытия при изотермическом и циклическом окислении. Введение тантала в покрытие однозначно приводит к повышению жаростойкости по сравнению с покрытиями СДП-2 (Ni – основа; Cr – 15–17 %; Al – 7,5–10,5 %; Y – 0,5–1,5 %), алитированием или ВСДП-11 (Al – основа; Si – 5,2 %; Y – 1,65 %) в частности на сплавах ЖС6У и ЖС32 при температурах 1100 °С и 1150 °С. Толщина слоя СДП-ТВГ составляет 0,030–0,040 мм.

При изготовлении отверстий перфораций в охлаждаемых лопатках нередко наблюдается поверхностное растрескивание (фрагментация), которое снижает надежность и является причиной отбраковки деталей, тормозит возможность увеличения ресурса лопаток по характеристикам жаропрочности сплавов, применяемых для изготовления лопаток.

Механизм разрушения металлов при солевой коррозии обычно связывают с флюсованием оксидов. Чем меньше скорость флюсования оксидов, тем выше долговечность лопаток турбины. Наиболее перспективной в качестве основы для разработки и совершенствования защитных систем на лопатках газовых турбин, работающих на загрязнённых сортах топлива, является пятикомпонентная система Ni-Co-Cr-Al-Y [10, 11]. Оптимальное сочетание высокой жаростойкости, хорошей фазовой и структурной стабильности достигается при использовании в качестве покрытий сплавов на никелевой основе, содержащих кобальта 12–20 %, хрома 17–20 %, алюминия 9,5–10,5 %.

Испытания на солевую коррозию при температуре 900 °С по разработанной авторами методике показали, что алитированные образцы имеют срок службы не более 100 ч, хромоалитированные – не более 150 ч, кобальтхромоалити-

рованные – до 250 ч. Наиболее высокую стойкость к солевой коррозии показали образцы с комбинированным покрытием, полученным напылением слоя сплава СДП-ТВГ толщиной 0,04 мм и последующим хромоалитированием – до 400 ч.

ЛИТЕРАТУРА

1. Абраимов, Н.В. Высокотемпературные материалы и покрытия для газовых турбин / Н.В. Абраимов. – М.: Машиностроение, 1993. – 336 с.
2. Строганов, Г.Б. Жаропрочные покрытия для газовых турбин / Г.Б. Строганов [и др.]. – М.: Навигатор-Экстра, 2000. – 165 с.
3. Абраимов, Н.В. Материаловедение. Технология конструкционных материалов. Учебник для вузов / Н.В. Абраимова. – М.: Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2005. – 560 с.
4. Абраимов, Н.В. Химико-термическая обработка жаропрочных сталей и сплавов / Н.В. Абраимов. – М.: Интернет Инжинеринг, 2001. – 622 с.
5. Арзамасов, Б.Н. Химико-термическая обработка материалов в активизированных средах / Б.Н. Арзамасов. – М.: Машиностроение, 1979.
6. Абраимов, Н.В. Методика испытаний сопротивляемости сплавов и покрытий солевой коррозии / Н.В. Абраимов [и др.]. // Коррозия: материалы, защита. – № 6. – 2007. – С. 5–6.
7. Симонов, В.Н. Хромоалитирование циркуляционным способом охлаждаемых лопаток газовых турбин / В.Н. Симонов. – М.: Металловедение и термическая обработка металлов. – № 7 (625), 2007. – С. 36–39.
8. Абраимов, Н.В. Структурные изменения в алюминидном покрытии на сплаве ЖС32 при баротермической обработке / Н.В. Абраимов [и др.] // Коррозия: материалы, защита. – № 9. – 2008. – С. 23–28.
9. Абраимов, Н.В. К вопросу об эффективности многокомпонентных покрытий для жаропрочных сплавов / Н.В. Абраимов [и др.] // Коррозия: материалы, защита. – № 10. – 2005. – С. 10–13.
10. Никитин, В.И. Коррозия и защита лопаток газовых турбин / В.И. Никитин. – Л.: Машиностроение, 1987. – 272 с.

11. Косицин, С.В. Влияние кобальта на структурно-фазовую стабильность и свойства сплавов Ni-Co-Cr-Al вблизи эвтектических составов / С.В. Косицин // ФММ. – 1999. – № 3. – С. 85–98.

УДК 621.52

Павленова В.А.

**ЭФФЕКТИВНАЯ ИОННАЯ ОБРАБОТКА
ОПТИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ В ВАКУУМЕ
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВЫСОКОЧАСТОТНОГО
СЕТОЧНОГО ЭЛЕКТРОДА**

БНТУ, г. Минск

Научный руководитель: Федорцев В.А.

В последние десятилетие в приборо- и машиностроении все большее применение находят разные методы ионной обработки материалов, среди которых наиболее эффективным является метод ионной обработки с помощью высокочастотного (ВЧ) сеточного электрода, разработанный еще в начале 1970 г. в Государственном оптическом институте (г. Ленинград) [1].

Метод сочетает простоту и надежность ВЧ распыления с возможностью обработки оптических деталей сложной конфигурации и размеров. Схема установки для ионной обработки диэлектриков с помощью ВЧ сеточного электрода показана на рисунке 1.

В отличие от других известных методов ВЧ распыления в данной схеме ВЧ напряжение подается не на деталь, а на сеточный электрод из проводящего материала, который подключен к ВЧ генератору через емкость. Обрабатываемая деталь устанавливается непосредственно за электродом. При определенном давлении рабочего газа между ВЧ электродом и заземленным анодом 3 возникает газовый разряд. При отрицательном напряжении на электроде ионы вытягиваются из плазмы разряда и бомбардируют электрод и диэлектрическую деталь, пролетая сквозь сетку. При положительном напряжении электрод и деталь бомбардируются электронами, которые снимают наведен-