

надежные уплотнения для них, можно добиться нормальной работы турбин в таких условиях.

Очистку турбин от сажи которая будет «нарастать» на лопастях турбин можно производить сжигая специальные химикаты, раз в определенный срок, либо же испаряя в печи влагу. Конденсируясь, она будет «омывать» механизм. Во время работы лопасти будут подвержены сильному абразивному износу, предотвратить который можно нанесением на них вакуумных покрытий.

УДК 621.762.4

Шкробот В. А., Аршавский В. С.

ЭЛЕКТРОДУГОВЫЕ ИСТОЧНИКИ ПЛАЗМЫ

БНТУ, Минск

Научный руководитель Латушкина С. Д.

За последние два десятилетия в вакуумных ионно-плазменных (ВИП) технологиях широкое распространение получил метод электродугового нанесения покрытий, позволяющий достигать высокого уровня эксплуатационных свойств покрытия за счет использования первичной энергии плазменного потока.

Генерация материала из катодных пятен производится в виде плазменного потока – ионов и электронов, микрокапельной фракции и незначительного количества пара. В зависимости от материала катода степень ионизации пароплазменного потока может превышать 80%. Средняя энергия ионов материала катода, генерируемых катодными микропятнами для различных материалов, составляет 15–100 эВ.

Чрезвычайно высокая плотность мощности в катодных пятнах развивает в них высокую температуру (около 5000–6000 К). Поэтому вакуумный дуговой разряд способен

генерировать высокоионизированные потоки плазмы различных электропроводных материалов, в том числе самых тугоплавких, включая вольфрам, молибден, графит. Важным достоинством вакуумного дугового разряда является практически полное воспроизведение химического состава испаряемого материала катода в наносимом покрытии, что позволяет наносить из одного катода покрытия сложного многокомпонентного состава. Благодаря высокой ионизации плазменных потоков материала катода можно управлять направлением их движения, плотностью и энергией ионов при помощи электрических и магнитных полей. Это открывает широкие возможности по регулированию условий осаждения покрытий.

Дуговой разряд позволяет производить очистку, активацию и нагрев обрабатываемой поверхности подложки бомбардировкой ионами осаждаемого материала перед нанесением покрытий в условиях высокого вакуума. Предварительная ионная бомбардировка обеспечивает очистку поверхности за счет распыления загрязнений и дефектных приповерхностных слоев. В результате этого происходит «залечивание» приповерхностных дефектов подложки, что обеспечивает взаимную диффузию при последующих процессах нанесения покрытий. Это наряду с нагревом подложки при ионной бомбардировке дает возможность получать покрытия с высокой адгезией.

Особенностью и основным недостатком вакуумного дугового разряда является наличие в плазменном потоке микрокапельной фракции материала катода. Характерный диапазон размеров капель для различных материалов составляет 0,1–20 мкм. Число капель и их характерный размер зависят от теплофизических свойств материала катода – теплопроводности, температуры плавления. Известно: чем выше температура плавления материала и его теплопроводность, тем меньше

характерный размер микрокапель и их число в генерируемом плазменном потоке.

Выход микрокапельной фракции зависит от теплового режима работы катода и скорости движения катодных пятен по его рабочей поверхности. Более высокой температуре рабочей поверхности катода соответствуют более обширный тепловой след катодного пятна и более интенсивный выход микрокапельной фракции.

Повышение тока дуги также приводит к увеличению капельной фракции. Рост скорости движения катодных пятен способствует уменьшению капельной фракции вследствие сокращения времени воздействия катодного пятна на локальную область поверхности катода и, следовательно, уменьшению площади катодного следа. Наличие микрокапельной фракции в плазменном потоке нарушает однородность наносимых покрытий и ухудшает их служебные характеристики.

Равномерность и плотность плазменного потока, наличие или отсутствие капельной фракции, начальная энергия ионов – основные параметры, характеризующие эффективность работы испарителя.

Наличие множества микрокапель в плазменном потоке объясняется двумя причинами – недостаточным охлаждением торцевой рабочей поверхности катода и относительно невысокой скоростью движения катодных пятен по торцевой поверхности катода.

Значительная толщина катода (45 мм) не позволяет эффективно охлаждать его торцевую поверхность, из-за чего эта поверхность нагревается до температур более 360 °С. Такое повышение температуры приводит к увеличению объемов расплавленной ванны материала катода, что обуславливает высокий выход капельной фракции материала катода.