

Использование электродугового испарения при нанесении защитно-декоративных покрытий позволило расширить их цветовую гамму и улучшить адгезию (нитриды титана, циркония и др.). Благодаря высокому качеству электродуговые вакуумные покрытия широко используются в качестве износостойких для упрочнения поверхностей режущего инструмента и поверхностей деталей машиностроения.

В сравнении с другими способами нанесения вакуумный электродуговой имеет следующие основные преимущества: обеспечивает высокую адгезию и плотность покрытия за счет высоких степени ионизации потока (до 100%) и энергии конденсирующихся ионов (от 20 до 200 эВ); имеет высокую экономическую эффективность (удельные затраты энергии и сырья в 15–20 раз ниже, чем при электроннолучевом испарении); позволяет получать покрытия из любых электропроводных материалов, в том числе тугоплавких металлов и сплавов; не требует дополнительного прогрева поверхности детали перед нанесением для получения качественного покрытия; обеспечивает возможность управлять плазменным потоком; гарантирует высокую чистоту процесса за счет проведения в одном технологическом цикле очистки поверхности и нанесения покрытия.

УДК 551.22.19

Грицук М. В.

## **ОБЛАСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МАТЕРИАЛОВ СО СПЕЦИАЛЬНЫМИ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИМИ СВОЙСТВАМИ**

*БНТУ, Минск*

*Научный руководитель Иващенко С. А.*

Специальные физико-механические свойства материалов деталей (коррозионная стойкость, вакуумная плотность,

немагнитность) обусловлены особыми условиями эксплуатации. Под особыми условиями эксплуатации понимается: работа в вакууме, воздействие электромагнитного излучения и агрессивных сред, высокие температуры и удельные нагрузки, трение без смазочного материала и др. Естественно, что для обеспечения особых условий эксплуатации деталей и механизмов их рабочие поверхности должны обладать специальными, часто трудносовместимыми физико-механическими и эксплуатационными свойствами: коррозионной стойкостью, вакуумной плотностью, немагнитностью, теплостойкостью, износостойкостью, твердостью, контактной жесткостью и др. Наиболее пригодными для изготовления деталей, работающих в особых условиях эксплуатации, являются аустенитные хромоникелевые стали, сплавы меди и алюминия. Аустенитные хромоникелевые стали обладают высокой коррозионной стойкостью, немагнитностью, вакуумной плотностью, удовлетворительной обрабатываемостью и хорошей свариваемостью.

Основным элементом, обуславливающим высокую коррозионную стойкость данных сталей, является хром, который обеспечивает способность стали к пассивации. Легирование никелем в количестве 9–12% переводит сталь в аустенитный класс, что позволяет использовать эти стали в качестве жаро- и коррозионностойких, жаропрочных и криогенных материалов. Температурно-временная область склонности аустенитных хромоникелевых сталей к межкристаллитной коррозии в первую очередь определяется концентрацией углерода, содержащегося в твердом растворе. Повышение содержания углерода расширяет область склонности стали к межкристаллитной коррозии. Для устранения этого нежелательного явления хромоникелевые стали стабилизируют титаном или ниобием. По характеру влияния легирующих и примесных элементов на магнитные свойства стали их можно разделить

на две группы: первая – хром, кремний (ферритообразующие элементы), вторая – никель, углерод, азот (аустенитообразующие элементы). Влияние титана и ниобия на магнитные свойства хромоникелевых сталей может быть двояким. Находясь в твердой растворе, оба элемента повышают стабильность аустенита в отношении мартенситного превращения. Если титан и ниобий связаны в карбонитриды, то в результате может повыситься температура мартенситного превращения вследствие обеднения аустенита сильными стабилизаторами, которыми являются углерод и азот.

Аустенитные хромоникелевые стали широко используются в химической промышленности для изготовления аппаратуры в производстве азотной кислоты, лаков, красок, и в пищевой промышленности для оборудования по изготовлению различных продуктов и полуфабрикатов, а также посуды из-за высокой устойчивости в химически активных средах и кислотостойкости. Вследствие устойчивости к морской воде аустенитные стали используют для изготовления деталей судов и обшивки гидросамолетов. В частности, такие стали широко применяются в военном судостроении при производстве минных тральщиков, так как они не должны наводить магнитных полей, на которые реагируют взрыватели морских мин. Кроме того, аустенитные стали используются для изготовления немагнитных частей аппаратуры управления судов.

В машиностроении аустенитные хромоникелевые стали применяются в качестве материала для изготовления выхлопных патрубков, коллекторов, глушителей в мощных моторах, а также труб печей и установок, нагреваемых до температуры 650–720 °С. Это связано с достаточно высокой жаростойкостью и окалиностойкостью таких сталей (до 1000 °С).

В медицине аустенитные хромоникелевые стали используются при изготовлении деталей диагностической и лечебной

аппаратуры, некоторых видов инструмента, а также в ортопедической стоматологии для изготовления зубных коронок и протезов.

Аустенитные хромоникелевые стали применяются для изготовления ответственных деталей вакуумной аппаратуры (вакуумные камеры, трубопроводы, корпусные детали и т.д.), предназначенной для получения давлений до  $1,33 \times 10^{-5}$  Па и ниже. Однако использование аустенитных хромоникелевых сталей ограничивается из-за низкой износостойкости, особенно в условиях сухого и граничного трения. Это объясняется тем, что пассивирующая пленка окислов, представляющая собой окислы железа, хрома и никеля, обладает значительно более высокой твердостью по сравнению с твердостью металла основы. Согласно принципу положительного градиента механических свойств, трение металлов сопровождается низкими скоростями износа в том случае, если механические свойства поверхностного слоя возрастают в направлении с поверхности в глубь металла. Если наблюдается обратное явление, образующиеся поверхностные связи оказываются прочнее глубинных и происходит схватывание поверхностей трения. Кроме того, низкая твердость аустенитных сталей не позволяет получить высокое качество рабочих поверхностей деталей из таких материалов.

УДК 621.822

Есипович Д. А., Опиок А. А.

## **ВЫБОР ПОДШИПНИКОВ**

*БНТУ, Минск*

*Научный руководитель Комаровская В. М.*

Выбор правильного подшипника с учетом конкретных условий его применения определяет эффективность использования заложенных в подшипнике потребительских свойств