

АЛИТИРОВАНИЕ ПОВЕРХНОСТЕЙ КОНСТРУКЦИОННЫХ СРЕДНЕУГЛЕРОДИСТЫХ СТАЛЕЙ В ВАКУУМЕ PVD-МЕТОДАМИ*

И.М. Гончаренко, П.В. Москвин, С.В. Работкин, С.В. Григорьев, Е.А. Петрикова

Институт сильноточной электроники СО РАН, г. Томск, Россия

Исследованы процессы сверхскоростного вакуумного формирования сплошных алюминидных слоев на конструкционных сталях 20 и 40Х. Определены оптимальные условия и режимы алитирования. Изучена структура, состав и твердость диффузионных слоев, образующихся при воздействии низкоэнергетического сильноточного электронного пучка на поверхность конструкционных сталей с покрытием Al толщиной 1 мкм, предварительно нанесенным вакуумно-дуговым методом. Экспериментально определены основные характеристики (распределения элементного состава, микротвердость, морфология и толщина) защитного диффузионного покрытия на стальных образцах. Показана возможность изменения элементного состава на глубину 30–60 мкм от поверхности в результате теплового импульсного электронно-пучкового воздействия длительностью 50 мкс. Установлено, что полученные слои в зависимости от типа стали обладают высокой твердостью в диапазоне 6000–9500 МПа.

Ключевые слова: алитирование, вакуумно-дуговое испарение алюминия, электронно-лучевая обработка поверхности конструкционной стали, рентгеноспектральный микроанализ, твердость.

Введение

Окисление металлов в процессе их нагрева традиционно является серьезной проблемой при изготовлении деталей, механизмов и отдельных агрегатов. Особенно остро эта проблема стоит для сплавов на основе железа в виду их наибольшей доли применения в современном машиностроении. Железо обладает большим сродством к кислороду и поэтому легко окисляется. При комнатной температуре во влажном воздухе железо быстро ржавеет (окисляется). Оно также быстро окисляется в атмосфере воздуха при температуре выше 120–150 °С. Основные известные окислы железа – FeO, Fe₂O₃ и Fe₃O₄. Применение для изготовления деталей жаропрочных сплавов, например, хромистых или хромоникелевых, достаточно дорого. Поэтому в борьбе с окислением прибегают к созданию поверхностного диффузионного теплостойкого слоя. Для этой цели используют алюминий, насыщая им поверхностный слой железных, стальных и чугуновых изделий [1]. В США этот способ называется калоризацией, в Европе и России – алитированием. Алюминий обладает большим сродством к кислороду, чем железо. Точка плавления чистого алюминия 658 °С. Он легко окисляется на воздухе даже при комнатной температуре. Образующаяся на поверхности алюминия пленка окислов Al₂O₃, температура плавления которой ~ 2200 °С, имеет высокую плотность, вследствие чего проникновение через нее атомов кислорода при нормальных и высоких температурах становится практически невозможным. Процесс алитирования в основном заключается в том, чтобы поверхность изделия защитить алюминием, так чтобы на ней получался защитный слой сплава алюминий – железо, прочно связанный с основным металлом изделия. Разработано много методов алитирования [2–4], однако промышленное применение нашли следующие: в порошкообразных смесях (калоризация); погружением в ванну с расплавленным алюминием; металлизация поверхности с последующим диффузионным отжигом.

Диффузионная металлизация Al может проводиться в диапазоне температур от 700 до 1100 °С. Глубина проникновения алюминия составляет от 0.02 до 0.9 мм. Согласно [3–5], при термическом воздействии алюминий с железом могут образовывать твердые растворы, интерметаллические соединения и эвтектику. Данные элементы обеспечивают формирование следующих твердых фаз: FeAl, FeAl₂, FeAl₃, Fe₂Al₅, Al₂O₃. Микротвердость диффузионных алитированных слоев, насыщенных интерметаллическими фазами, составляет примерно 500 HV, что значительно выше микротвердости исходных компонентов (железа и алюминия). Содержание алюминия в насыщенном

* Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ и Госкорпорации «Росатом» в рамках научного проекта № 20-21-00111. Результаты растровой электронной микроскопии и рентгеноструктурного анализа получены в ЦКП НОЦ ТГУ «Физика и химия высокоэнергетических систем».

Уважаемые читатели!

Доступ к полнотекстовой версии журнала
«Известия высших учебных заведений. Физика»
осуществляется на платформе
Научной электронной библиотеки eLIBRARY.RU
на платной основе:

<https://elibrary.ru/contents.asp?titleid=7725>