

ГОРИЗОНТАЛЬНОЕ ЭЛЕКТРОШЛАКОВОЕ НАНЕСЕНИЕ ТОНКОСЛОЙНЫХ ИЗНОСОСТОЙКИХ ПОКРЫТИЙ

А.В. Дудав, О.П. Штемпель, В.А. Фруцкий

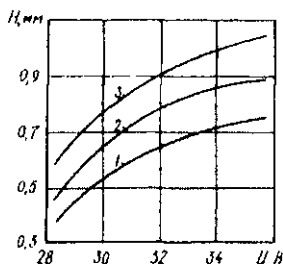
УО «Полоцкий государственный университет», Новополоцк

Применение способа горизонтального электрошлакового упрочнения по слою порошкового присадочного материала с использованием стальной матричной ленты позволяет получать тонкослойное (1 – 5 мм) износостойкие гомогенные покрытия с различными физико-механическими свойствами как по ширине, так и по длине упрочненного слоя.

Способ обеспечивает уменьшение глубины проплавления основного металла до 0,2 – 0,5 мм (рис. 1), улучшение структуры наносимого покрытия, дает возможность получения слоев разнообразных систем легирования [1].

Рис. 1. Зависимость глубины проплавления основного металла H от напряжения наплавки U :

- 1 – плотность тока 0,15 А/мм²;
- 2 – плотность тока 0,20 А/мм²;
- 3 – плотность тока 0,25 А/мм²



Исследования проводились на плоских образцах из малоуглеродистой стали Ст3. В качестве модельных порошковых материалов, образующих износостойкую твердую фазу, использовали ферросплавы, а для образования матричного металла-связки – холоднокатаную стальную ленту.

Металлографические исследования показали, что микроструктуры покрытий, как и при индукционной наплавке сормайтотом [2], состоят из пяти зон: заэвтектической, эвтектической, доэвтектической, граничной и диффузионной.

Основной структурной зоной покрытия является заэвтектическая, которая составляет 70 – 80 % общей толщины слоя и состоит из первичных карбидов хрома в основном правильной шестигранной формы, размерами 20 – 350 мкм, микротвердостью 16000 – 18600 Н/мм² в ледебуритной эвтектике (твердость HV 5600 – 6600 Н/мм²) и небольшого количества аустенита.

Эвтектическая зона представляет ледебуритную эвтектику со средним межпластинчатым расстоянием 1 – 2 мкм и занимает 5 – 10 % общей высоты покрытия.

Доэвтектическая зона характеризуется наличием дендритов твердого раствора (легированного аустенита) с осями 1-го и 2-го порядка, мартенсита игольчатой формы и карбидной эвтектики. Высота ее составляет 10 – 15 %.

Граничная зона – тонкая полоска твердого раствора (легированного аустенита). Толщина полоски – 10 – 15 мкм.

Диффузионная зона имеет структуру тонкопластинчатого перлита и образуется вследствие диффузии углерода из покрытия в деталь.

Анализ структурных составляющих каждой зоны позволяет объяснить распределение твердости покрытия по его толщине (рис. 2, кривые 1 и 2). У поверхности твердость максимальная ($HV\ 7900 - 8300\ Н/мм^2$), определяется мелкой карбидной фазой, далее твердость снижается и у границы покрытия – основной металл равна $HV\ 6200 - 6700\ Н/мм^2$.

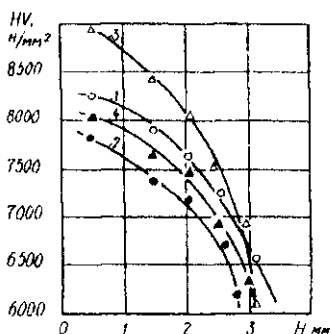


Рис. 2. Изменение твердости покрытия по высоте при содержании легирующих элементов, об. %:
1 – 33 % Cr; 2 – 17 % Cr;
3 – 33 % Cr + 3 % В;
4 – 33 % Cr + 4 % В

Испытания образцов на абразивный износ проводились в основном в заэвтектической зоне, так как она занимает основную часть упрочненного слоя.

Установлено, что при увеличении содержания хрома от 17 до 33 %, износостойкость покрытий возрастает. При дальнейшем увеличении содержания хрома в покрытии наблюдается укрупнение самих карбидов, что соответствует снижению износостойкости.

При равном содержании хрома и углерода бор [3, 4] повышает твердость и износостойкость. Это способствует образованию наиболее износостойких карбидов и появлению добавочной фазы – карбоборидной, что в целом и обеспечивает высокую износостойкость [5]. Рекомендуемые количества бора для системы легирования (Fe – Cr – C – В) колеблется от 0,5 до 6 % [6].

Учитывая сказанное, в покрытие, содержащее 33 % хрома, был введен бор (0,5 – 7 %). При этом твердость приповерхностного слоя возросла до HV 8200 – 9100 Н/мм² (рис. 2, кривые 3 и 4), а износостойкость повысилась в среднем на 30 – 35 %.

Микроструктура покрытий с бором отличается строением эвтектики и формой карбидов. В эвтектике происходит замещение в твердом растворе бором части атомов α -железа и распределение в нем мелкодисперсных боридов [6]. Микротвердость при этом возрастает (HV 18900 – 19750 Н/мм²). Карбиды в основном приобретают игольчатую форму длиной 50 – 600 мкм и толщиной 10 – 60 мкм.

Анализ износостойкости образцов показал, что ее максимальное значение обеспечивается при наличии в покрытии 2,5 – 3 % бора. Введение в покрытие такого количества бора обеспечивает повышение износостойкости в 1,1 – 1,2 раза.

Таким образом, проведенные исследования позволяют сделать вывод о том, что износостойкость покрытий, полученных горизонтальной электрошлаковой наплавкой с введением материалов на основе тугоплавких карбидов в нижнюю часть шлаковой ванны зависит от состояния, природы и свойств двух основных составляющих нанесенного слоя: карбидов (состав, кристаллическое строение, размеры, твердость и др.) и матричного сплава, в котором эти карбиды расположены (состав, кристаллическое строение, твердость).

Введение в слой 30 – 33 % хрома обеспечивает повышение износостойкости в 4,1 – 4,2 раза по сравнению с закаленной сталью 45, а добавка 2,5 – 3 % бора позволяет увеличить ее до 4,6 – 4,7 раза.

Применение данной технологии при упрочнении бурильных замков ЗУК-155 в Надворнянском УБР объединения «Укрнефть» позволило увеличить срок их службы в 1,6 – 1,7 раза.

Упрочненные пожи самоходного скрепера МоА3-54611-Д35711, прошедшие опытно-промышленные испытания на Могилевском автомобильном заводе, показали, что износостойкость наплавленных в 1,5 – 1,6 раза выше серийных, не упрочненных.

Литература

1. Дорожкин, Н.Н. Электрошлаковая наплавка изношенных деталей неплавящимся электродом по слою легирующей шихты / Н.Н. Дорожкин, А.В. Дудан // Автоматическая сварка. – 1987. – № 3. – С. 64.
2. Индукционная наплавка твердых сплавов / В.Н. Ткачев [и др.] – М.: Машиностроение, 1970. – 184 с.
3. Сварка. Экспресс-информация. – М.: ВИНТИ, 1985. – № 6. – С. 1 – 9.

4. Износостойкость и структура твердых наплавов / М.М. Хрущев [и др.]. – М.: Машиностроение, 1971. – 96 с.

5. Дорожкин, Н.П. Стойкость против абразивного изнашивания легированных хромом и бором слоев, полученных электрошлаковой наплавкой / Н.П. Дорожкин, А.В. Дудан // Трение и износ. – 1986. – Т. 7, № 2. – С. 256 – 260.

6. Лившиц, Л.С. Основы легирования наплавленного металла / Л.С. Лившиц, Н.А. Гришберг, Э.Г. Куркумелли. – М.: Машиностроение, 1969. – 187 с.

УДК 620.184

МЕХАНИСТИЧЕСКИЙ ПОДХОД ОПИСАНИЯ МЕХАНИЗМА ОБРАЗОВАНИЯ УСТАЛОСТНЫХ БОРОЗДОК

В.Э. Завистовский

УО «Полоцкий государственный университет», Новополоцк

Введение. Детали машин и механизмов в большинстве случаев подвергаются воздействию переменных во времени напряжений, в результате действия которых могут образовываться трещины.

Под действием циклических напряжений в металлах и сплавах зарождаются и постепенно развиваются трещины, вызывающие в конечном итоге полное разрушение детали или образца. Это разрушение опасно потому, что может протекать под действием напряжений, намного меньших пределов прочности и текучести. Подсчитано, что более 80 % всех случаев эксплуатационного разрушения происходит в результате циклического нагружения.

Механизм развития усталостной трещины. Усталостная трещина зарождается в поверхностных слоях и затем развивается в глубь образца или детали, образуя острый надрез. Распространение усталостной трещины обычно длительно. Оно продолжается до тех пор, пока сечение не окажется столь малым, что действующие в нем напряжения превысят разрушающие. Тогда произойдет быстрое разрушение, как правило, хрупкое из-за наличия острого надреза.

Усталостные изломы имеют ряд характерных признаков, позволяющих отличать их от других видов изломов [1, 2]. Одним из них является наличие усталостных бороздок, располагающихся в зоне развившейся трещины усталости и волнообразно расходящихся от очага разрушения. Форма усталостных бороздок зависит от формы детали и характера нагружения. Циклическое расширение и сжатие берегов трещины приводит к образованию типичного рисунка, причем каждый новый цикл нагружения добавляет новую бороздку. На рис. 1 и 2 показаны макроусталостные ли-