

ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ ИСКРОВАЯ ОБРАБОТКА ПОВЕРХНОСТИ УГЛЕРОДИСТОЙ СТАЛИ

ELECTRIC SPARK TREATMENT OF SURFACE OF CARBON STEEL

Игорь Вакуленко, Светлана Пройдак, Василий Дядько

Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта им. Академика В.Лазаряна, кафедра «Технология материалов»

Abstract

As a result of an electric spark treatment, on condition of identical metal of anode and cathode, formed first layer of coverage, on external signs corresponds the monophase state. In the volume metal of coverage, appearance of particles of carbide phase is accompanied the decrease of values of microhardness.

В результате электрической искровой обработки поверхности углеродистой стали, полученное покрытие имеет многослойное строение, в случае использования одинаковых металлических материалов для анода и катода, формирующееся поверхностное покрытие подобно однофазному состоянию. Для углеродистой стали, в объеме металла покрытия появление частиц карбидной фазы сопровождается снижением значений микротвердости.

Состояние проблемы.

По сравнению с известными обработками поверхности металлических материалов, когда формирование слоя происходит благодаря развитию процессов диффузионного массопереноса, технологии электрического искрового легирования имеют свои особенности. Процесс переноса металла от одного электрода на поверхность другого основан на механизме разрушения (эрозии) материала анода при искровом разряде [1].

В соответствии с технологией, основанной на использовании вибрирующего электрода и генератора зависимых импульсов, в общем случае движение анода к катоду сопровождается ростом напряжения электрического поля до значения, достаточного для пробоя промежутка между электродами [2]. Сформированный канал в виде пучка электронов начинает взаимодействовать с поверхностью анода, в результате чего происходит расплавление материала анода. После достижения необходимой жидкотекучести, капля расплава отделяется от анода и перемещается в направлении катода. При этом, скорость движения капли жидкого металла должна опережать перемещение анода. В момент достижения жидком металлом поверхности катода происходит достаточно быстрая кристаллизация, а последующий механический импульс от анода завершает этап формирования слоя покрытия.

Материал и методика исследований.

Материалом для исследования служила углеродистая сталь (фрагмент железнодорожного колеса, преждевременно изъятого из эксплуатации) с 0,61% C; 0,78% Mn; 0,3% Si; 0,09% Cr; 0,027% S; 0,029% P. Структурные исследования проводились с использованием световой микроскопии и методик количественной металлографии [3]. Структурное состояние исследуемой стали отвечало состоянию после горячей пластической деформации. Электрическую искровую обработку поверхности углеродистой стали осуществляли с использованием оборудования ЕФИ-25М. Анализ распределения твердости по толщине покрытия проводили с использованием микротвердомера типа ПМТ-3, при нагрузке на индентор 10г.

Результаты и их обсуждение.

Анализ микроструктуры сформированного покрытия (рис.1а) указывает на несколько неожиданный результат - отсутствие межфазных и

большееугловых границ раздела. На основании этого, металлическое покрытие, в первом приближении, может быть отнесено к однофазному состоянию. С другой стороны, если в качестве анода использована углеродная сталь с содержанием углерода 0,65%, то не совсем понятно почему после расплавления, переноса капли и ее кристаллизации отсутствуют свидетельства наличия в структуре покрытия частиц карбидной фазы? Сравнительный анализ с аналогичными процессами переноса жидкого металла, например, при электродуговой сварке, не объясняет природу формирования указанного структурного состояния.

Действительно, с учетом идентичности процесса переноса жидкого металла при формировании соединения по технологии электрической дуговой сварки с использованием плавящегося электрода, структурное состояние металла ванны после кристаллизации мало отличается от металла электрода [4].

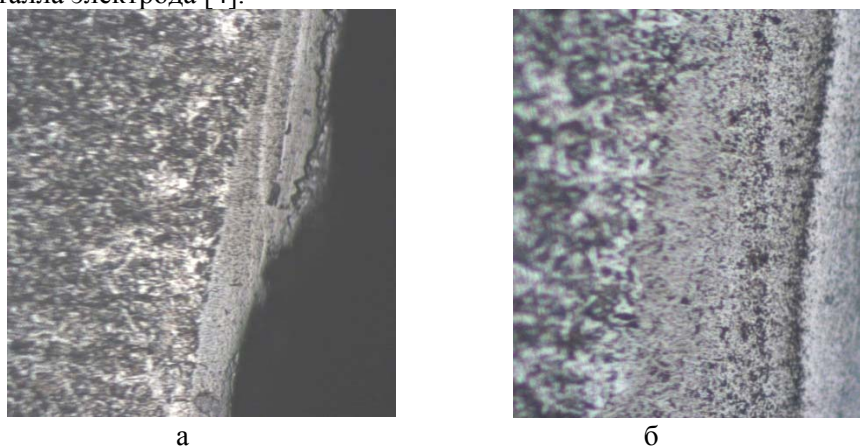


Рис.1.Микроструктура первого (а) и второго (б) слоев покрытия. Увеличение: а-50, б-200.

При микроструктурных исследованиях металла по толщине первого слоя, момент появления частиц второй фазы можно рассматривать как границу, которая определяет начало формирования второго слоя покрытия (рис.1б). К особенностям его внутреннего строения следует отнести неравномерность расположения частиц второй фазы по толщине. При чем, количество частиц вблизи с границей разделяющей первый и второй слою покрытия, значительно больше по сравнению с их количеством в других микрообъемах (рис.1б). На рис.2 представлена зависимость изменения микротвердости по толщине сформированного покрытия, которую следует рассматривать в сравнении с соответствующим структурным состоянием металла (рис.1). Как следует из анализа микроструктуры, толщина первой прослойки покрытия составила значение на уровне 0,17мм (рис.1а). Микротвердость на указанном участке изменяется от приблизительно 1500, на расстоянии

$$H_{\mu}, \frac{Кг}{мм^2}$$

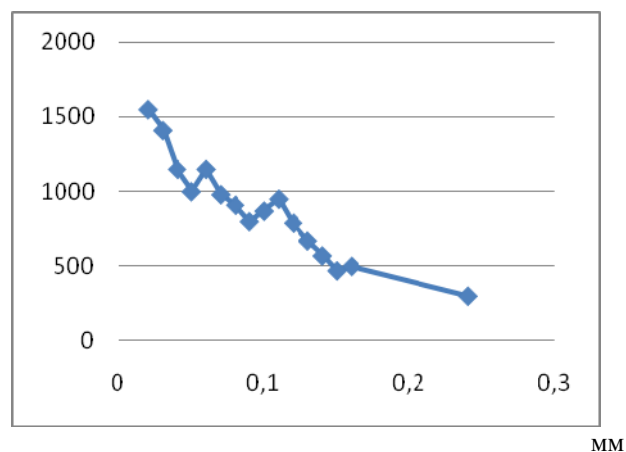


Рис.2. Характер изменения микротвердости металла по толщине покрытия.

от поверхности покрытия 0,02мм, до $600-700 \frac{кг}{мм^2}$ на границе со вторым слоем (рис.1б). Далее, микротвердость постепенно снижаясь достигает, (на расстоянии 0,25мм, значений $250-300 \frac{кг}{мм^2}$. Сравнительный анализ с известными результатами указывает как на совпадение абсолютных значений микротвердости, так и на существование различий. Твердость исследуемого металла в исходном состоянии полностью соответствует значением $240-250 \frac{кг}{мм^2}$, что достаточно хорошо согласуется с экспериментальными данными [5]. Вызывают сомнения абсолютные значения H_{μ} для участков вблизи с поверхностью первого слоя (рис.1а). При измерении микротвердости на расстоянии от поверхности приблизительно 0,02мм были получены значения, которые существенно превысили ожидаемые результаты [5]. Дело в том, что при уменьшении нагрузки на индентор, получаемые результаты микротвердости будут неуклонно возрастать [6]. При этом, чем более высокие значения твердости, тем выше будет эффект превышения. С целью устранения повышенных результатов при замерах H_{μ} , был использован поправочный коэффициент [6]. На основании этого, величина превышения полученных результатов, по сравнению с реальными, составила значение 1,7. Действительно, после учета поправочного коэффициента, значения H_{μ} уже соответствовали большинству легированных углеродных сталей в состоянии после закалки ($800-900 \frac{кг}{мм^2}$ [5,7]). По достигаемому уровню, эффект от электро искровой обработки можно рассматривать как альтернативу определенным термическим и химико-термическим технологиям обработки поверхности металлических материалов.

Выводы.

1. При электрической искровой обработке поверхности углеродистой стали, получаемое покрытие имеет многослойное строение.

2. В случае использования одинаковых металлических материалов для анода и катода, формирующееся поверхностное покрытие подобно однофазному состоянию.

3. Для углеродистой стали, в объеме металла покрытия появление частиц карбидной фазы сопровождается снижением значений микротвердости.

Литература.

- 1.Верхотуров, А.Д. Технология электро-искрового легирования металлических поверхностей / А.Д.Верхотуров, И.М.Муха. – К.: Техніка, 1982. – 181с.
- 2.Langhammer, K. Frasen hochwarmfesten Werkstoffe mit elektrofunkenvrfestgen Schnellarbeitsstahlwerkzeugen / K.Langhammer // Ind – Ans. – Bd/93. - Н.51. – 1971. – s.1195-1196.
- 3.Вакуленко, І. О. Структурний аналіз в матеріалознавстві / І. О. Вакуленко. – Д. : Маковецький, 2010. – 124 с.
- 4.Сварка в машиностроении. Справочник т.1. / К.В.Васильев, В.И.Вмлль, В.Н.Волченко и др. // М.: Машиностроение – 1978. – 504с.
- 5.Вакуленко, І. А. Морфология структуры и деформационное упрочнение стали / І. А. Вакуленко, В. И. Большаков. – Д. : Маковецький, 2008. – 196 с.
- 6.Григорович, В.К. Твердость и микротвердость металлов / В.К.Григорович // М.: Наука – 1976. – 230с.
- 7.Дзугутов,М.Я. Пластическая деформация высоколегированных сталей и сплавов / М.Я.Дзугутов // М.: Металлургия. – 1977. – 480с.