

Б. И. ИГНАТОВ, В. Н. ПОПОВ

Учреждение образования  
«МОГИЛЕВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ПРОДОВОЛЬСТВИЯ»

Могилев, Беларусь

Для получения сложнопрофильных поверхностей различных изделий используется способ электроэрозионной обработки, при которой заготовка помещается в диэлектрическую жидкость и обработка осуществляется тепловым воздействием импульсов электрического тока между электродом-инструментом и обрабатываемой заготовкой. При этом в межэлектродном зазоре происходят искровые разряды заданного параметра, во время которых выделяется большое количество теплоты. Теплота, которая выделяется в процессе искрового разряда, может быть использована для легирования поверхностного слоя изделия.

В данной работе изучена возможность применения электроэрозионного метода (ЭЭМ) для создания на поверхности металла упрочненного слоя на основе неравновесных фазовых превращений и легирования в зоне разряда.

В основе ЭЭМ создания упрочненного слоя заложены физические процессы в зоне воздействия электроискрового разряда. В процессе разряда поток электронов, достигая поверхности металла, вызывает локальный разогрев, при этом мгновенная температура в зоне разряда достигает  $\sim 25 \cdot 10^3$  К. Энергия разрядного импульса определяет температурное и фазовое состояние микрообъема в зоне разряда, плотность электронного и ионного токов. В свою очередь, энергия импульса разряда зависит от параметров электроэрозионной обработки: среднего тока разряда, длительности и частоты импульсов, скважности, вида технологической жидкости и теплофизических параметров обрабатываемого металла. Упрочняющее действие электроэрозионной обработки реализуется за счет охлаждения с большой скоростью нагретых разрядом участков металла для получения неравновесных структур. Скорость охлаждения ограничивается теплопроводностью металла и теплопередачей в технологическую жидкость.

Экспериментальные исследования выполнялись на образцах из стали марок У8, 12Х13, 4ХМФС и др. Оптимальный режим электроэрозионной обработки определен экспериментально: ток  $J_{cp} = 5$  А,  $U_{cp} = 30$  В,  $\tau_u = 200$  мкс,  $f = 400$  кГц. Было установлено, что толщина упрочненного слоя зависит от химического состава стальных образцов. При указанных режимах на образцах из стали У8 была получена максимальная толщина упрочненного слоя, которая составила 12–15 мкм, на стали 12Х13 – 6 мкм, на стали 4ХМФС – до 8 мкм. По металлографическим данным упрочненный слой имеет повышенную микротвердость и теплостойкость. Так, например, микротвердость упрочненного слоя на стали У8 получена 830 НВ.

Рентгенографический анализ показал, что упрочненный слой содержит повышенное количество углерода (не менее 1,5 %) и имеет структуру мартенсита. Для сравнения, микротвердость стали У8 равна 570 НВ и содержание углерода в ее составе, в среднем, 0,82 %. Среднее содержание

углерода в стали 12Х13 составляет 0,12 %, в поверхностном слое после упрочнения углерода не больше 0,9 % и микротвердость этого слоя составила 670 НV. Эксперименты показали зависимость микротвердости упрочненного слоя от содержания углерода в составе стали.

На основании результатов исследований разработан способ электроэрозионного легирования поверхности стали с использованием мелкодисперсного порошка соединений легирующих металлов, вносимых в технологическую диэлектрическую жидкость. В качестве легирующих порошков используются соединения металлов 4–6 групп таблицы Менделеева. Во взвешенном состоянии и равномерном распределении порошка в технологической жидкости через нее барботируется газ. Газ подается через отверстия в трубке, которая укладывается на дне по контуру технологической ванны. Размер частиц порошка 3–6 мкм. Концентрация порошка в технологической жидкости определяется требованиями к результатам легирования поверхности.

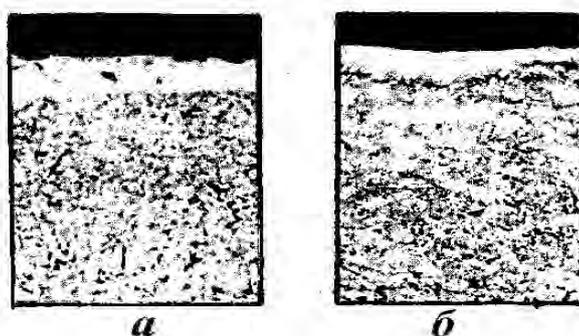


Рис. 1. Упрочненные слои на поверхности стальных образцов: а – сталь У8; б – сталь 1, 2Х13

В процессе электроэрозионного легирования электрод-инструмент совершает вертикальные колебательные движения и, вследствие этого, технологическая жидкость естественным путем заполняет межэлектродный зазор. При прохождении импульса электрического разряда под действием высокой температуры легирующие частицы диссоциируют с образованием ионов, которые при этом отличаются повышенной активностью. Под действием электростатического поля ионы переносятся на обрабатываемую поверхность с образованием легирующего слоя повышенной твердости. Шероховатость легированной поверхности после обработки на заключительном этапе выглаживающими импульсами составляет 4–6 мкм. Толщина легированного слоя составила 16–18 мкм, микротвердость 650–820 НV (рис. 1).

Рентгенофазный анализ показал, что, при внесении в технологическую жидкости порошка оксида хрома, в поверхностном слое, полученном легированием сталей У8, 12Х13 и 45, содержатся карбиды хрома.