

УПРОЧНЕНИЕ КОНСТРУКЦИОННЫХ СТАЛЕЙ ЭЛЕКТРОГИДРОИМПУЛЬСНОЙ ОБРАБОТКОЙ

В основе электрогидроимпульсной обработки (ЭГИО) лежит высоковольтный электрический разряд в жидкости. Основные энергетические параметры ЭГИО - запасаемая в емкостных накопителях электрическая энергия импульса и рабочее напряжение разряда. На практике энергия импульса

не превышает 40 кДж, рабочее напряжение изменяется в пределах 5-50 кВ. Такие параметры позволяют получить в разрядном канале плазму, имеющую температуру до 4×10^4 К и давление до 1×10^9 Па, длительность импульса порядка

10^{-4} с [1]. Принципиально возможны две схемы ЭГИО:

1) *контактная*- когда обрабатываемая деталь является отрицательным электродом и канал разряда непосредственно воздействует на поверхностный слой детали и

2) *дистанционная*- когда обрабатываемая деталь находится на некотором расстоянии (обычно не менее 1,5-2,0 длин межэлектродного промежутка) от канала разряда. Наиболее существенное влияние на структуру и физико-механические свойства обрабатываемых материалов оказывает контактная ЭГИО, при которой материал обрабатываемой детали подвергается импульсной силовой обработке. Расчеты для наиболее характерных на практике режимов показывают, что при контактной ЭГИО в материал детали вводится импульсный тепловой поток плотностью до 10^{11} Вт/м², который вызывает локальный нагрев материала обрабатываемой детали до температуры плавления и выше со скоростью порядка $10^5 - 10^6$ К/с [2]. Такой нагрев классифицируется как сверхбыстрый [3]. По окончании действия электро-разрядной плазмы нагретая зона начинает также быстро охлаждаться.

Расчетная максимальная скорость охлаждения составляет

$10^4 - 10^5$ К/с. Следовательно, при контактной ЭГИО в зоне действия плазмы канала электроразряда поверхностные слои обрабатываемого материала подвергаются импульсному термическому циклу: сверхскоростной нагрев до температуры плавления и выше, проплавление на некоторую глубину и затем последующее резкое охлаждение зоны нагрева до комнатной температуры.

В поверхностном слое материала обрабатываемых деталей, формируются сложно-напряженные упрочненные структуры – так называемые «белые слои» [2].

Глубина зоны термического воздействия, т.е. толщина этих «белых слоев» зависит как от режимов ЭГИО, так и от материала детали. Исследования эффективности упрочнения ЭГИО были проведены на достаточно большом количестве сталей: *углеродистые* (Ст. 3.20.45), *инструментальные* (У8,

У10, Р18, Р6М5), *низколегированные* (40х, 40хн,

65Г), *средне-*

легированные (18х2Н4ВА, 30ХГСА), *высоко-*

легированные (14х17 Н2, 12х18Н10Т), *специальные* (високо-

марганцовистая сталь 110 Г 13 Л), а также на ряде

сплавов: *алюминиевый* АЛ-4, *титановый* ВТЗ-1.

Выбранные материалы широко применяются на практике. Различное содержание углерода, а также легирующих элементов в исследованных сталях позволило установить роль различных химических элементов в формировании свойств упрочненного слоя.

Исследования микроструктуры поверхностного слоя сталей (кроме стали С/т.3) ЭГИО наблюдается упрочнение поверхности на глубину до 400-500 мкм в зависимости от марки стали. С повышением содержания углерода глубина упрочненного слоя увеличивается. Микротвердость (Н_ц) углеродистых сталей повышается в 3-4 раза по сравнению с исходной структурой и непосредственно у поверхности достигает величины Н_ц=7-9ГПа. По глубине упрочненного слоя микротвердость уменьшается, хотя и быстро, но монотонно, что свидетельствует об отсутствии под этим слоем зоны повышенной травимости, наблюдаемой обычно, например, после фрикционно-упрочняющей обработки [2].

Присутствие марганца в химсоставе стали (стали 65Г, 110Г13Л), способствует увеличению глубины упрочнения.

Наличие в стали хрома (сталь 40ХН) приводит к некоторому снижению степени и глубины упрочнения, однако легирование хромистой стали никелем благоприятно влияет на увеличение глубины упрочненного слоя (никель ускоряет растворение карбидов в аустените и, например, для стали 18х2Н4ВА, несмотря на наличие вольфрама, который вследствие своей тугоплавкости затрудняет процесс карби до-образования, толщина упрочненного слоя возрастает до 300-340 мкм). Дальнейшее увеличение содержания хрома (сталь 14х17Н2) приводит к формированию упрочненного слоя толщиной 100-120 мкм, микротвердость которого только в 1,3-1,5 раза выше микротвердости исходной структуры.

Для всех сталей после ЭГИО характерно сильное измельчение и изменение первоначальной ориентации зерен в упрочненном слое, что должно привести к изменению дислокационной структуры. Действительно, в высокомарганцевистой стали 110Г 13Л, из которой изготавливают железнодорожные крестовины, плотность дислокаций после контактной ЭГИО повышается более, чем на 2 порядка, а также наблюдается снижение в 2-3 раза размера дислокационной ячейки, также снижению энергии дефектов упаковки аустенита. Для этой стали, содержание марганца в которой 13 % повышение интенсивности воздействия (увеличение энергии импульса, количества импульсов) приводит к существенному увеличению глубины упрочненного слоя до 5 мм.

Известно, что при импульсных методах поверхностного упрочнения отмечается ускорение диффузионных процессов,

Активный перенос химических элементов. Наши исследования диффузионных процессов показали, что

при контактной ЭГИО в специальных рабочих средах (трансформаторное масло, водный раствор хлорида хрома) в поверхностных слоях образцов стали из стали 20 повышается содержание углерода в 1,5 раза, хрома в 2,0 раза по сравнению с исходной структурой, т.е. при ЭГИО также отмечается существенная активация диффузионных процессов, что позволяет использовать ЭГИО для поверхностного легирования.

Исследования эксплуатационных характеристик сталей показали, что износ упрочненных после ЭГИО колец снижается в 1,5-3,0 раза соответственно изменению микротвердости и глубины упрочненного слоя. В этой связи наибольший практический интерес представляют результаты натуральных испытаний опытной партии железнодорожных крестовин из стали 110Г13Л стрелочных переводов, реальная износостойкость которых после электрогидроимпульсного упрочнения повысилась в 1.3 раза.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гулый Г. А. Научные основы рязрядноимпульсных технологий. – Киев : Наук. думка, 1990. – 208 с.
2. Бабей Ю. И. Поверхностные упрочнения металлов / Бабей Ю. И., Бутаков Б. И., Сысоев В. Г. – Киев : Наук. думка, 1995.- 256 с.
3. Гриднев В. Н. Физические основы электротермического упрочнения стали / Гриднев В. Н., Мешков Ю. Я., Ошкадеров С. П., Трефилов В. И. – Киев : Наук. думка, 1973.- 336с.

© Сысоев В. Г., 2011

© Ризун И. Р., 2011

© Ризун А. Р., 2011

Стаття надійшла до редколегії 11.05.2011 р.