

Министерство образования и науки Украины
Харьковский национальный университет радиоэлектроники
Академия наук прикладной радиоэлектроники

СБОРНИК НАУЧНЫХ ТРУДОВ

1-й Международной конференции « ЭЛЕКТРОННАЯ КОМПОНЕНТНАЯ БАЗА. СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ »

в рамках 3-го Международного радиоэлектронного форума «Прикладная радиоэлектроника. Состояние и перспективы развития» МРФ-2008

Том III

30 сентября - 3 октября 2008г.

Харьков - Судак
2008

ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ЛАЗЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПОВЕРХНОСТНОЙ ОБРАБОТКИ МАТЕРИАЛОВ

Афанасьева О.В., Мачехин Ю.П., Лалазарова Н.А.

Харьковский национальный университет радиоэлектроники
61200, Харьков, пр. Ленина, 14, каф. физических основ электронной техники,
тел. (057) 702-14-84

E-mail: foet@kharkov.com.ua; факс: 702-13-10

Laser treatment of materials is the guided process of thermal treatment of different matters and materials, in which laser, being an electromagnetic energy source in near and middle YK ranges, and also in an optical range, actually operates as thermal energy source resulting in heating of surface of the processed material. Development of lasers technologies of superficial treatment of materials takes place to two directions.

Лазерная обработка материалов – это управляемый процесс тепловой обработки различных веществ и материалов, в котором лазер, являясь источником электромагнитной энергии в ближнем и среднем ИК диапазонах, а также в оптическом диапазоне, фактически действует как источник тепловой энергии, приводящий к нагреву поверхности обрабатываемого материала. Развитие лазерных технологий поверхностной обработки материалов происходит по двум направлениям.

Первое связано с развитием лазерных источников, параметры излучения которых (мощность, энергия, длительность импульса и т.д.), обеспечивают реализацию определенных технологии обработки поверхности (гравировка, резка, сварка, термическая обработка и т.д.).

Второе включает в себя разработку основных технических условий и конечного результата тепловой поверхностной обработки материалов, основываясь на их физико-химических свойствах. В соответствии с разработанной технологией подбираются лазерные источники или разрабатываются новые, у которых характеристики лазерного излучения обеспечивают реализацию технологий.

В настоящем докладе обсуждаются технологические задачи лазерной поверхностной обработки, решение которых позволит успешно и эффективно применять лазерную обработку в современном машиностроении и приборостроении. Сформулированы основные требования к используемому лазерному излучению, определены материалы и методика проведения исследований.

Направленное изменение состояния поверхности материала с помощью лазерного излучения с целью придания ему заданных физико-механических свойств является сложным многофакторным процессом. При облучении в поверхностном слое материала протекают физико-химические процессы, характер которых определяется температурой, длительностью и скоростью нагрева, скоростью охлаждения. Управляя этими параметрами, можно сформировать поверхностный слой, обладающий требуемыми качественными характеристиками: структурой, величиной зерна, фазовым составом, пористостью, твердостью, глубиной слоя, характером распределения микро- и макронапряжений, шероховатостью поверхности, которые в свою очередь будут определять эксплуатационные характеристики материала детали (износостойкость, теплостойкость, усталостная прочность и ряд других механических характеристик).

С точки зрения использования лазерного излучения с целью упрочнения материалов представляют интерес три основных процесса: лазерный нагрев поверхностного слоя материала до температуры, не превышающей температуру плавления, выдержка при этой температуре и последующее охлаждение; нагрев материала до температур, превышающих температуру плавления, кристаллизация расплава и охлаждение закристаллизовавшегося материала; нагрев материала до температур, превышающих температуру его испарения, пластическая деформация за счет ударной волны, нагрев поверхностного слоя плазмой, образующейся при взаимодействии лазерного излучения с материалом [1].

Эти три режима лазерного нагрева и сопровождающие их физические процессы в материале лежат в основе методов поверхностного упрочнения.

В нашей работе мы остановились на первых двух режимах, позволяющих проводить лазерную упрочняющую термическую обработку, химико-термическую обработку, или поверхностное легирование, а также наплавку и восстановление поверхности.

Термическое упрочнение лазерным излучением основано на локальном нагреве участка поверхности под воздействием излучения и охлаждения этого участка со сверхкритической скоростью после прекращения воздействия за счет теплоотвода во внутренние слои металла. При этом не требуется применять какие-либо охлаждающие среды, что упрощает технологию термоупрочнения. Лазерное термическое упрочнение характеризуется малым временем воздействия и обеспечивает отсутствие деформации деталей. Тепловое воздействие при лазерном термоупрочнении регулируется в широких пределах за счет изменения параметров лазерного излучения и режимов обработки. Это обеспечивает регулирование скоростей нагрева и охлаждения металла, времени пребывания металла при высоких температурах, что позволяет получать требуемую структуру поверхностного участка и соответствующие свойства. Технологические возможности лазерного термоупрочнения позволяют использовать этот процесс в качестве заключительной операции без последующей механической обработки.

Воздействие лазерного излучения на поверхность сплавов позволяет получить глубину упрочнения до 1,5 мм при ширине единичных полос 2-15 мм. Обработке обычно подвергаются детали, работающие в условиях интенсивного износа: направляющие станков, детали двигателей, кольца подшипников, валы, барабаны, запорная арматура, режущий инструмент, штамповая оснастка. Обычно достигается увеличение стойкости изделий в 1,5-5 раз [2].

С помощью легирования и наплавки на поверхности сплавов получают слои с уникальными свойствами: высокой износостойкостью, теплостойкостью и т.д. Наибольшее распространение получает лазерная наплавка с целью восстановления изношенных деталей машин: распредвалов, коленвалов, клапанов, шестерен, штампов. Процесс отличается минимальными деформациями детали и повышенной износостойкостью поверхности.

Среди множества факторов, оказывающих существенное влияние на характер протекания физико-химических процессов в поверхностном слое, а значит на температуру, скорость нагрева и охлаждения выбраны основные. К таким факторам следует отнести в первую очередь параметры лазерного пучка как инструмента, вид кинематической схемы обработки, характеристики обрабатываемого материала и детали.

Наиболее важными параметрами лазерного пучка при поверхностной обработке являются: длина волны излучения, его мощность, форма и площадь пятна фокусирования, характер распределения интенсивности излучения в пятне фокусирования, время воздействия излучения на поверхность обрабатываемого материала.

Вид кинематической схемы обработки главным образом определяет шероховатость упрочненной поверхности.

Характеристиками обрабатываемого материала являются: состав, структура и свойства материала (теплопроводность, теплоемкость, плотность); поглощающая способность поверхности, определяемая химическим составом материала, его температурой, шероховатостью поверхности, углом падения луча на поверхность, наличием поглощающего покрытия. При наличии такого покрытия на процесс поглощения и передачи энергии излучения большое влияние оказывает химический состав покрытия, его толщина, дисперсность, теплоёмкость и теплопроводность, электропроводность.

Несмотря на то, что все перечисленные факторы необходимо учитывать при изучении и разработке процессов лазерной поверхностной обработки, в качестве

управляющих этими процессами нами выбраны следующие: мощность или энергия излучения, фокусируемого на поверхности обрабатываемого материала, форма и площадь пятна фокусирования, характер распределения интенсивности излучения в пятне фокусирования, время воздействия излучения на поверхность обрабатываемого материала, поглощающая способность поверхности.

Мощность и энергия излучения являются основными параметрами лазерного пучка. Для поверхностной обработки материалов до настоящего времени применялись твердотельные лазеры или газоразрядные CO_2 -лазеры мощностью более 1 кВт, надежные в эксплуатации, с автоматизированной системой управления технологического комплекса. Высокая стоимость таких комплексов и их низкая производительность ограничивают применение лазерного термического или химико-термического упрочнения. Данная проблема может быть решена путем использования лазеров нового поколения.

На сегодняшний день наиболее перспективными технологическими инструментами являются волоконные лазеры. К числу преимуществ волоконных лазеров следует отнести высокую эффективность (до 50%), что ведет к более низким эксплуатационным расходам; небольшие размеры позволяют легко встраивать их в существующие системы производства.

В качестве материалов исследований выбраны углеродистые стали с различным содержанием углерода: сталь 20, сталь 40, сталь У8, легированные конструкционные и инструментальные стали: сталь 18ХГТ, ХВГ, ШХ15, а также высокопрочный чугун. В качестве параметров контроля упрочненного слоя выбраны его микроструктура, микротвердость и глубина слоя лазерного воздействия.

План проведения исследований включает три этапа. На первом этапе планируется проведение сравнительной оценки применения волоконных и газоразрядных CO_2 -лазеров для поверхностного упрочнения перечисленных материалов. Второй этап заключается в выборе оптимальных режимов термической и химико-термической обработки с использованием волоконных лазеров. На третьем этапе исследований предусмотрена разработка технологий поверхностного упрочнения для определенных деталей машин и механизмов.

В представленном докладе показано:

1. В настоящее время наиболее перспективным инструментом для поверхностного упрочнения являются волоконные лазеры.

2. Выбраны основные факторы, влияющие на эффективность лазерной обработки материала: параметры лазерного пучка, вид кинематической схемы обработки, характеристики обрабатываемого материала и детали.

3. Сформулированы основные требования к используемому лазерному излучению, определены материалы и методика проведения исследований. Разработан план проведения исследований.

Литература:

1. Упрочнение и легирование деталей машин лучом лазера/ В.С. Коваленко, Л.Ф. Головкин, В.С. Черненко. – К.: Техника, 1990. – 192с.

2. Основы лазерного термоупрочнения сплавов/ А.Г. Григорьянц, А.Н. Сафонов; Под ред. А.Г. Григорьянца. – М.: Высшая школа, 1988. – 159с.

3. Авсиевич Е. А. Лазеры в промышленной технологии. – М.: Знание, 1978. – 63с.

4. Промышленное применение лазеров/ Под ред. Г. Кебнера. М.: Машиностроение, 1988. 280 с.