

водилась в режиме оплавления поверхности и без оплавления. Обработка в режиме оплавления привела к образованию поверхности с винтовой ориентацией микронеровностей, высота которых достигала 30..40 мкм. Установлено, что последующая механическая обработка незначительно влияет на процесс изнашивания по сравнению с образцами, не подвергнутыми финишной обработке. Поэтому в дальнейшем после лазерного упрочнения поверхности не подвергали доводке.

В процессе разработки технологии лазерного термоупрочнения было выявлено, что в силу особенностей геометрии эпициклоидального зацепления невозможно обеспечить падение лазерного луча на обрабатываемые зубья по нормали к профилю. Эффективному поглощению энергии излучения в этом случае препятствуют отражающие свойства поверхности, изменяющиеся с ростом угла падения луча. Применение поглощающих покрытий позволило улучшить показатели поглощения даже в случае падения луча на поверхность под углом меньше нормального. Глубина закаленного слоя находится в прямой зависимости от угла падения луча, так как с уменьшением последнего уменьшается плотность излучения.

Проведенные исследования позволили обосновать выбор метода упрочнения деталей, схему упрочнения и компоненты поглощающего покрытия, а также определить режимы лазерного термоупрочнения деталей данного типа.

УДК 621.785

Г.Я.БЕЛЯЕВ, канд.техн.наук,
М.А.МИШКИНА (БПИ)

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СКАНИРУЮЩЕЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ЛАЗЕРНОГО ТЕРМОУПРОЧНЕНИЯ

В последнее время широкое распространение получают технологические операции с применением излучения лазера. Однако отсутствие развитых систем перемещения луча лазера по поверхности обработки сдерживает использование лазерной технологии и, в частности, технологии лазерной термообработки. Сложность построения подобных систем перемещения луча заключается в необходимости обеспечения [1]:

высокого коэффициента полезного использования энергии излучения; быстрогодействия – условия, необходимого для точного воспроизведения требуемого режима обработки;

мобильности – возможности быстрой перестройки кинематической схемы лазерной обработки и параметров движения как лазерного пучка, так и обрабатываемой детали;

постоянства площади пятна обработки, равномерности температуры и нормального падения луча на обрабатываемую поверхность.

Среди различных систем перемещения выделяют два типа: перемещение детали под неподвижным лучом лазера и перемещение луча (сканирование) по неподвижной детали и при неподвижном лазере. Однако с ростом габаритов и массы обрабатываемых деталей их перемещение с достаточно высокой скоро-

стью становится все более затруднительным, поэтому наиболее приемлема система сканирования луча.

При сканировании мощного лазерного пучка выравнивается температурное поле в деталях, подвергнутых термоупрочнению, устраняется неравномерность микротвердости поверхности, так как при обработке лазерным излучением с перекрытием упрочненных зон образуются структуры отпуска в зонах повторного нагрева [2]. Качественную термообработку в этом случае можно обеспечить регулировкой скорости и траектории сканирования, мощности и фокусировки луча. Наиболее гибким в плане управления является регулирование параметров и траектории сканирования, которое позволяет исключить необходимость управления и контроля ряда других характеристик в системе. Преимущества сканирования лазерного луча особенно проявляются при создании лазерных установок, встроенных в гибкую автоматизированную систему.

Существует три основных схемы сканирования [3]: оптико-механическая; электрооптическая; акустооптическая.

Электрооптические и акустооптические схемы основаны на использовании оптического потока небольшой мощности с длиной волны видимого диапазона спектра. Поэтому эти схемы не могут применяться для мощных лазерных пучков технологических лазеров, в частности для лазерной установки "Кардамон" с мощностью, достигающей 800 Вт. В основе оптико-механической схемы лежит использование качающихся или вращающихся оптических элементов (зеркал, призм, барабанов). К ее достоинствам следует отнести возможность реализации любого закона сканирования, простоту конструкции сканирующего устройства, широкий спектральный диапазон работы. Недостатки – наличие механически перемещающихся деталей, инерционность, сложность обеспечения необходимой точности и стабильности отклонения лазерного луча [3]. При всем этом данная схема является единственной схемой сканирования лазерного луча большой мощности. В качестве сканирующего элемента предлагается вращающаяся пирамида, дающая строчную развертку. Качающиеся зеркала не пригодны для сканирования с высокой скоростью, поскольку их работа становится нестабильной в крайних точках отклонения луча и для их привода требуются двигатели большой мощности [4]. В таких случаях обычно применяют вращающийся зеркальный барабан, поскольку его вращение непрерывно и стабильно по скорости. Выбор именно зеркальной вращающейся пирамиды обусловлен тем, что при одинаковом количестве граней угол сканирования при использовании пирамиды в два раза меньше, чем призмы. Количество граней влияет на частоту сканирования и определяет диаметр описанной окружности основания пирамиды, т. е. ее габаритные размеры.

Нами рассчитаны параметры вращающейся зеркальной пирамиды для лазерной термообработки сложнопрофильных деталей из нержавеющей стали. Частота сканирования лазерного луча f связана с частотой вращения пирамиды n и количеством граней m соотношением

$$f = nm. \quad (1)$$

Максимальный теоретический угол отклонения луча (угол поворота пирамиды)

$$a = 2\pi/m. \quad (2)$$

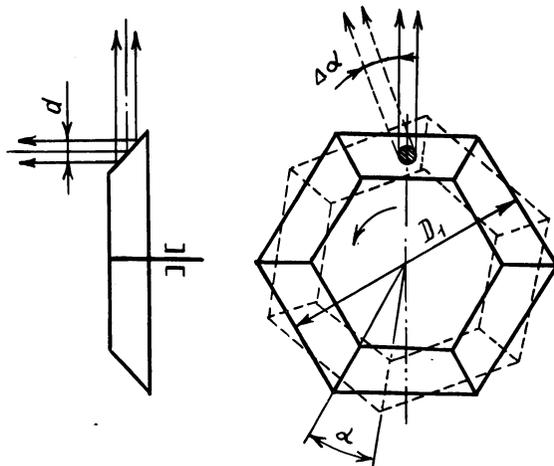


Рис. 1. Сканирование лазерного луча вращающимся пирамидальным барабаном

Максимальный реальный угол отклонения лазерного пучка при его диаметре d и внешнем диаметре пирамиды D_1 определяется по выражению

$$\Delta\alpha = 2 \left[\frac{\pi}{m} - \arctg \left(\frac{d}{D_1 - d} \right) \right]. \quad (3)$$

По формулам (1)...(3) получены максимальный теоретический угол сканирования — 15° , реальный угол отклонения луча при диаметре пучка $d = 10 \dots 20$ мм, равный $9 \dots 12^\circ$, количество граней пирамиды — 24, внешний диаметр барабана — до 400 мм. При этих параметрах максимальная частота сканирования составит 1,5 кГц.

Сканирование лазерного луча вращающимся пирамидальным барабаном показано на рис. 1. Предложена схема привода пирамиды на основе двигателя постоянного тока с тиристорным преобразователем, который дает возможность в широких пределах регулировать частоту сканирования лазерного пучка.

Применение сканирующей системы для упрочнения сложнопрофильных деталей позволяет расширить зону обработки, увеличить производительность процесса термообработки, повысить равномерность распределения микротвердости и коррозионную стойкость упрочненной поверхности благодаря отсутствию зон отпуска.

ЛИТЕРАТУРА

1. Таганова Э.Б., Базелинская В.В. Особенности управления перемещением мощного лазерного луча в пространстве при обработке материалов//Создание и использование лазерной техники и технологии в машиностроении и приборостроении. — Киев, 1985. — С. 15–16.
2. Григорьянц А.Г., Сафонов А.И., Тарасенко В.М. и др. Упрочнение поверхности сплавов лазерным излучением//Поверхность. — 1983. — № 9.
3. Бабенко В.С. Оптика телевизионных систем. — М., 1982. — 256 с.
4. Ллойд Дж. Система тепловидения. — М., 1978. — 414 с.