

граммы получены для колебания измерительного межосевого расстояния на одном зубе и погрешности направления зуба.

Л и т е р а т у р а

1. Шрайбман С.М., Погорелов В.С. Влияние закалки зубчатых колес с нагревом ТВЧ на их точность. – Станки и инструменты, 1966, № 2. 2. Баршай И.Л., Алешкевич И.Л. Влияние некоторых параметров зубчатых колес на исполнение точности при химико-термической обработке. – В сб.: Машиностроение и приборостроение, Мн., 1975, вып. 7.

УДК 621

В.А.Лубочкин, инженер (БПИ),
Г.М.Яковлев, докт. техн. наук (БПИ)

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ ГРАНИЦ СМЕЩЕНИЯ ПОВЕРХНОСТИ ДЕТАЛИ ОТНОСИТЕЛЬНО ФОКУСА ОПТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ЛАЗЕРА

При фокусировании лазерного луча на поверхности металла или другого непрозрачного материала возникает эффективное тепловое воздействие на нее. В отличие от известных в настоящее время источников света, с помощью которых невозможно создать без существенных потерь направленный пучок светового потока, лазерный луч может быть сконцентрирован с помощью специальной оптической системы в ее фокусе с большой удельной мощностью. Однако в силу волновых свойств излучения и аберраций оптической части сфокусированное пятно не является геометрической точкой, а имеет конечные размеры (как в плоскости, так и по глубине фокуса), т. е. реально $g_f \ll \infty$ (рис. 1).

Известно [1], что диаметр и площадь центрального светового пятна дифракционной картины (пятна Эйри), где собрана практически вся мощность светового потока, выражаются соответственно:

$$D_f = 1,22 \frac{f}{D} \lambda; \quad (1)$$

$$S_f = 1,169 \left(\frac{f}{D}\right)^2 \lambda^2, \quad (2)$$

где f – фокусное расстояние фокусирующей системы; λ – длина волны генерируемого светового потока; D – диаметр параллельного пучка (определяется диаметром апертуры лазера).

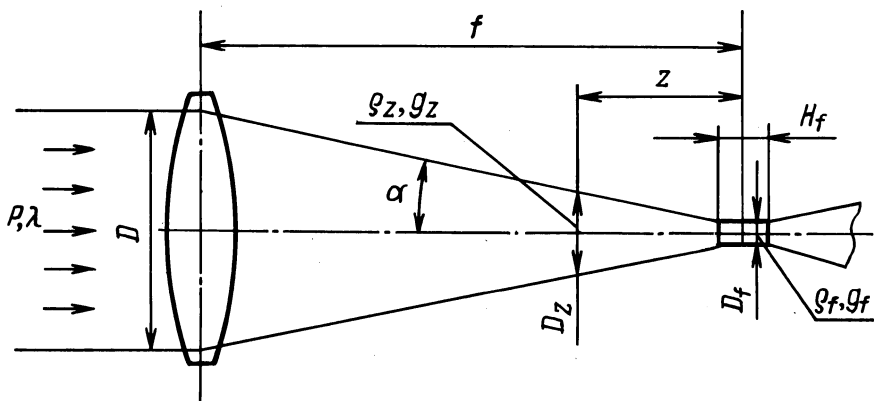


Рис. 1. Ход лучей в реальных лазерных фокусирующих системах.

Тогда плотность мощности в плоскости фокуса равна

$$g_f = \frac{P}{S_f} \tau_f = \frac{P}{1,169 \left(\frac{f}{D}\right)^2 \lambda^2} \tau_f, \quad (3)$$

где τ_f - коэффициент пропускания фокусирующей системы; P - мощность лазерного луча.

Экспериментально установлено, что в реальных лазерных системах диаметр сфокусированного пучка имеет размеры, значительно превышающие рассчитанные по формуле (1). Это связано с существенным влиянием модового состава излучения, который необходимо учитывать, вводя специальный множитель M [2], тогда

$$D_f = 1,22 \frac{f}{D} \lambda M^2. \quad (4)$$

Глубина фокуса зависит также от указанных факторов и определяется

$$H_f = \frac{8\lambda}{\pi} \left(\frac{f}{D}\right)^2 \cdot M^2. \quad (5)$$

Для практики интересны случаи определения удельной мощности в любом сечении светового конуса (g_z), а также определения оптимальных границ смещения поверхности детали от фокальной плоскости ($Z_{\text{опт}}$), в которых будет происходить термообработка "вблизи" или на критических режимах, дающих наиболее эффективные результаты. Кроме того, при использовании фокусирующей системы с достаточно большими границами $Z_{\text{опт}}$ открывается возможность обрабатывать детали с широкими до-

пусками без перенастройки (в пределах $\delta \leq Z_{\text{опт}}$), снизить требования к точности фокусирующей оптики, уменьшить влияние субъективных особенностей оператора и т. д.

Диаметр светового пятна (D_z) в любом сечении светового конуса (см. рис. 1) равен:

$$D_z = D_f + 2Z \cdot \text{tg } \alpha. \quad (6)$$

Зная эту величину, легко можно определить удельную мощность интересующего сечения (g_z).

Для получения оптимального теплового воздействия с заданной величиной $g_{\text{кр}}$ необходимо выдержать смещение, удовлетворяющее условию

$$g_{\text{пов}} = g_{\text{кр}} \pm \Delta g, \quad (7)$$

где Δg - изменение удельной мощности, не оказывающее существенного влияния на характер термообработки.

С другой стороны,

$$g_{\text{пов}} = (1 - R) g_z, \quad (8)$$

где R - коэффициент отражения рассматриваемой поверхности; $g_{\text{кр}}$ - критическая удельная мощность, при которой достигается максимальное термическое воздействие, не приводящее к изменению класса шероховатости поверхности.

Изменение удельной мощности при смещении поверхности детали нормально к распространению сфокусированного луча лазера пропорционально квадрату смещения. Отсюда, учитывая (7), можно определить величину оптимального смещения ($Z_{\text{опт}}$) и допускаемые границы смещения:

$$Z_{\text{опт}}(\delta) = \sqrt{\frac{P}{(g_{\text{кр}} \pm \Delta g) \Omega}}, \quad (9)$$

где Ω - телесный угол ($\Omega = \frac{2\pi\alpha}{180}$).

$$\text{При } g_{\text{пов}} \cong g_f, \quad Z_{\text{опт}} = H_f \pm Z_{\text{опт}}(\delta).$$

Анализируя зависимость (9), можно отметить, что $g_{\text{кр}}$ и Δg для конкретного материала есть величины, постоянные для установленного времени воздействия. P (мощность) определяется конструктивными особенностями данного лазера, и не всегда представляется рациональным достигать равенства $g_{\text{пов}} = g_f$ за счет изменения P . В связи с указанным, следует обратить внимание на возможность получения $g_{\text{пов}} = g_f$ путем измене-

ния угла светового конуса (Ω), т. е. применяя фокусирующую систему, выполненную по принципу "плавающего" фокуса.

Л и т е р а т у р а

1. Пекара А. Новый облик оптики. - М., 1973. 2. Ejection M. Materials processing with lasers. - IEEE Spectrum, 1972, v. 9.

УДК 621.793

Е.А.Бондарев, инженер (БПИ),
Н.И.Луцко, инженер (БПИ),
Е.А.Вершина, инженер (БПИ),
О.Г.Девойно, инженер (БПИ)

К ВОПРОСУ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЦЕССА ГАЗОПЛАМЕННОГО НАПЫЛЕНИЯ

Газопламенное напыление применяется в тех случаях, когда оно является экономически выгодным, потому что дешевле других методов или потому что его применение удлиняет срок службы машин и сокращает простои.

Повышение эффективности процесса газопламенного напыления значительно снижает себестоимость нанесения покрытий и расширяет область его применения [1].

При сравнительных испытаниях за критерий эффективности процесса напыления принимают: производительность процесса; коэффициент использования порошка; возможность напыления порошков более крупной фракции, так как они дешевле; сокращение перебоев в работе оборудования, связанных с его профилактикой, что расширяет возможность автоматизации процесса.

В табл. 1 представлены результаты сравнительных испытаний сопла фирмы "Метко" (патент США № 2961335) и сопла, разработанного в Белорусском политехническом институте (а. с. № 562316 [2]) (рис. 1). Сопло фирмы "Метко" выбрано для сравнительных испытаний, так как газопламенное оборудование этой фирмы наиболее совершенно.

Напыление производилось самофлюсующимся порошком на основе Ni марки ПГ-Ср4 ОМ ГОСТ 21448-75.

Грануляция порошка при испытании сопла "Метко" составляла 63...120 мкм (использование порошков более крупной гра-