

ООО «ТермоЛазер» — разработчик и производитель оборудования для лазерной модификации поверхности.

Компания «ТермоЛазер» предлагает услуги по термическому упрочнению, наплавке и легированию поверхностей деталей различных габаритов и размеров.



Комплекс ЛК-5В

предназначен для упрочнения, наплавки и легирования крупногабаритных изделий сложной формы



Мобильные роботизированные комплексы на базе диодных лазеров для заковки, наплавки и нанесения покрытий.

Построение оборудования вокруг крупногабаритной детали, интеграция установки в действующий технологический процесс



Мы расположены по адресу:
600035, г. Владимир,
ул. Куйбышева д. 24Г, пом. 104



Позвоните нам:
+7-800-100-88-26



Мы в интернете:
termolazer.ru, info@termolazer.ru



Универсальный высокоавтоматизированный лазерный технологический комплекс на базе многолучевого лазера

Д. О. Чухланцев, В. П. Умнов, В. В. Мальцев, Д. А. Шипихин
ООО «ТермоЛазер», г. Владимир, Россия

Представлен лазерный комплекс с шестилучевым электроразрядным лазером. Лазерная система разработана в компании «ТермоЛазер» и предназначена для технологических процессов лазерной обработки. Комплекс обладает системой управления мощностью каждого луча и их взаимного расположения в зоне обработки. Это позволяет использовать лазерную систему в широком диапазоне применений с высоким качеством выполнения лазерных операций (для резки, сварки, модификации поверхности деталей, наплавки).

Ключевые слова: индустриальная фотоника, гибридные робототехнические производственные системы, лазерная сварка, лазерная наплавка, лазерная резка, лазерная модификация поверхности

Статья получена: 28.08.2020

Принята к публикации: 05.10.2020

Universal Highly Automated Laser Technological Complex Based on Multi-Beam Laser

D. O. Chukhlantsev, V. P. Umnov, V. V. Maltsev, D. A. Shipikhin
LLC "TermoLaser", Vladimir, Russia

This article presents a laser complex with a six-beam electric-discharge laser. The TermoLaser company designs system for technological processing. The equipment has a controlling each beam's power system and their relative position in the processing zone. A wide range of applications (cutting, welding, surface modification of parts, surfacing) allows for laser operations with high quality.

Keywords: industrial photonics, robotic manufacturing systems, laser welding, laser cladding, laser cutting, laser surface modification

Received on: 28.08.2020

Accepted on: 05.10.2020

ВВЕДЕНИЕ

Для обеспечения высокого качества технологического процесса лазерной обработки объектов целесообразно реализовать такую схему воздействия излучателей, которая обеспечивала бы сразу несколько зон нагрева. Для этого могут быть применены следующие схемы расположения источников нагрева:

а) один лазерный луч и дополнительный не лазерный источник нагрева, б) один лазерный луч, разделяемый на несколько лучей с помощью оптических элементов, в) несколько лазеров или один многолучевой лазер, который включает в себя несколько одинаковых излучателей, размещенных в едином корпусе с единой системой охлаждения.

Эффективное использование дорогостоящего лазерного оборудования для выполнения технологических операций и сравнительно небольшой срок его окупаемости могут быть обеспечены только при высоком коэффициенте загрузки оборудования. Использование универсального лазерного комплекса с одним источником излучения, способным выполнять практически всю гамму лазерных операций (резку, сварку, модификацию поверхности деталей, наплавку), помогает осуществить эту задачу. Система управления мощностью излучения и взаимным расположением источников позволяет выполнять с высоким качеством обработку различных материалов в достаточно широком диапазоне геометрических параметров обрабатываемых изделий.

Несмотря на относительно низкий КПД электро-разрядных газовых лазеров, лазерный комплекс, построенный компанией «ТермоЛазер» на базе многолучевого CO₂-лазера, способен обеспечить требуемую универсальность и высокие потребительские свойства. И, что особенно важно в условиях гибких промышленных технологий, применим для мелкосерийного производства. Применение многолучевой обработки не только расширяет перечень операций, выполняемых одним лучом, но и значительно повышает качество их выполнения. Например, для увеличения глубины проплавления, повышения скорости выполнения операции предложена техника сварки по схеме, соединяющей два и более источника лазерного излучения.

В настоящее время компанией «ТермоЛазер» (г. Владимир) разработан и широко производится универсальный лазерный комплекс. Его основу составляет шестилучевой источник однододового лазерного излучения с расходимостью лучей менее одного мили радиана суммарной мощностью 7,2 кВт. Лазер включает в себя излучатель с параллельными газоразрядными трубками, расположенными вокруг центральной оси и узла вывода излучения из излучателя. Узел вывода формирует выходные лазерные пучки с параллельным, расположенным по кругу и не регулируемым относительным положением друг к другу. Особенностью излучателя является возможность программного управления мощностью каждого из шести лучей в диапазоне 0-1,2 кВт как перед началом работы, так и в процессе выполнения лазерной операции. После узла вывода излучения из излучателя в конструкции лазера размещен управляемый телескоп. Он содержит комплекты вогнутых и выпуклых первичных и вторичных отражающих зеркал, по одному на каждый выходной луч излучателя. При-

воды, управляемые контроллером, обеспечивают микро перемещения зеркал. Схема телескопа приведена на рис. 1

Комплекты зеркал телескопа расположены равномерно и взаимно радиально на окружностях

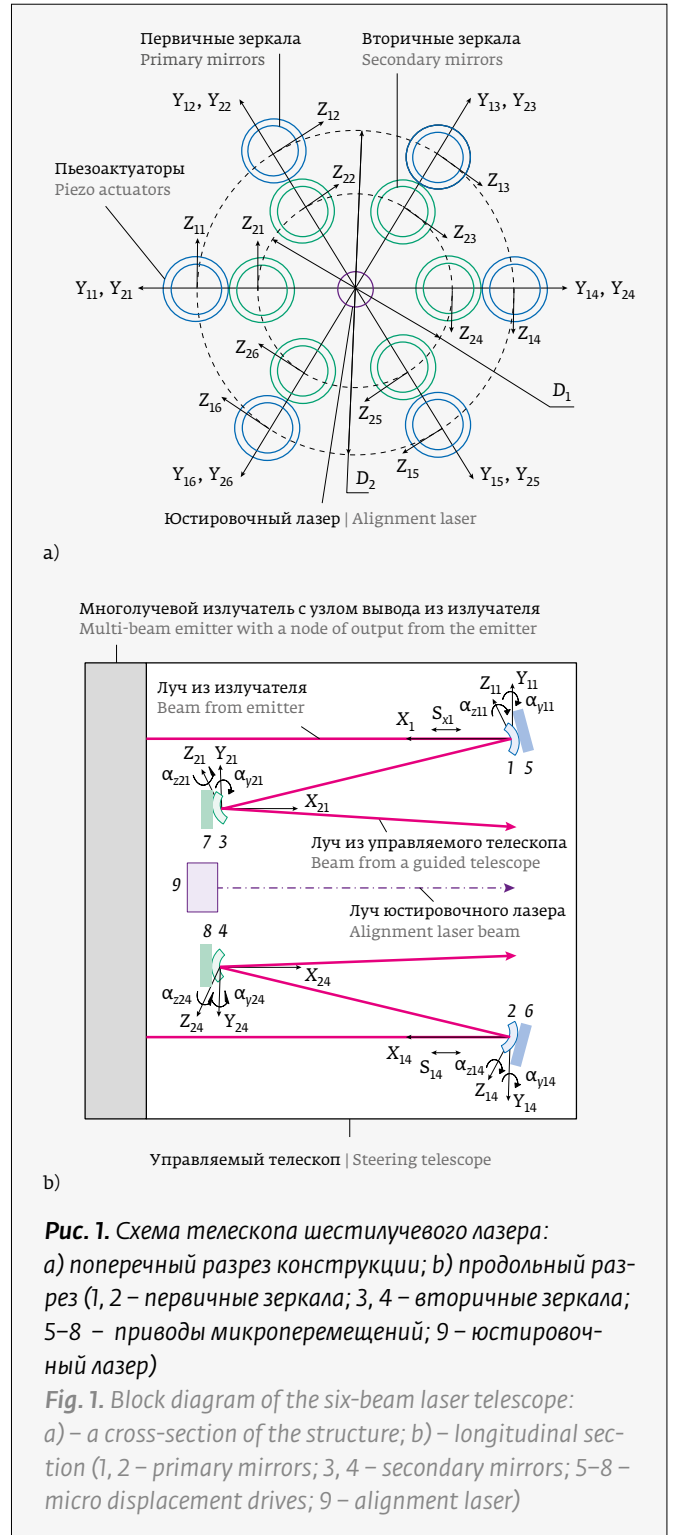


Рис. 1. Схема телескопа шестилучевого лазера: а) поперечный разрез конструкции; б) продольный разрез (1, 2 – первичные зеркала; 3, 4 – вторичные зеркала; 5–8 – приводы микроперемещений; 9 – юстировочный лазер)

Fig. 1. Block diagram of the six-beam laser telescope: а) – a cross-section of the structure; б) – longitudinal section (1, 2 – primary mirrors; 3, 4 – secondary mirrors; 5–8 – micro displacement drives; 9 – alignment laser)



диаметром D_1 и D_2 соответственно (рис. 1а). В центре телескопа расположен юстировочный лазер. С помощью приводов первичные зеркала перемещаются вдоль осей X_{1i} , ортогональных осям Y_{1i} и Z_{1i} и поворачиваются вокруг осей Y_{1i} и Z_{1i} систем координат, связанных с каждым зеркалом, а вторичные зеркала программно поворачиваются вокруг осей Y_{2i} и Z_{2i} систем координат, связанных с каждым зеркалом (рис. 1а).

На рис. 1б показано прохождение двух из шести лазерных лучей, выходящих из многолучевого излучателя с узлом вывода излучения, через две пары первичных и вторичных зеркал управляемого телескопа. Параллельные лучи, выходящие из излучателя, отражаются последовательно от первичных и вторичных зеркал и направляются из управляемого телескопа в лучепровод лазерной технологической установки. При этом первичные зеркала (1) и (2) программно с помощью приводов микроперемещений (5) и (6) перемещаются вдоль осей X_{11} и X_{14} (эти оси располагаются вдоль оси лучей, исходящих из излучателя) и поворачиваются вокруг осей Y_{11} и Z_{11} систем координат (начала отсчета систем координат связаны с каждым зеркалом). Такая схема позволяет разместить для каждого комплекта точку фокуса в центре вторичных зеркал. Вторичные зеркала (3) и (4) программно с помощью приводов микроперемещений (7) и (8) поворачиваются вокруг осей Y_{2i} , Z_{2i} и Y_{2i} , Z_{2i} , направляя лучи на обрабатываемую поверхность в соответствии с условиями выполнения технологического процесса.

Применение разработанной схемы многолучевого электроразрядного лазера с управляемым варьированием относительного расположения лазерных лучей позволяет направить лазерные пучки на поверхность обработки ортогонально к ней. Размещение управляемого телескопа в конструкции лазера после узла вывода излучения из излучателя значительно облегчает процесс юстировки зеркал излучателя, исполнительного устройства лазерного станка и блока перемещения зеркал в автоматическом или дистанционном режиме перед началом работы [1].

РЕШЕНИЕ КИНЕМАТИЧЕСКОЙ ЗАДАЧИ ДЛЯ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ ОПТИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ ТЕЛЕСКОПА И ПРИВодОВ ИСПОЛНИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ СТАНКА

Для настройки требуемого положения лазерных лучей и их мощности перед началом работы или в процессе их перемещения были выполнены рас-

четы для всего оптического тракта лазера и лазерного станка, исходя из требований к технологической операции. Учитывая многомерность системы, для решения этой задачи целесообразно использовать векторно-матричные преобразования и ввести три типа обобщенных координат.

Первый тип – это обобщенные координаты перемещения рабочих органов станка и приводов телескопа:

$$Q = |q_1, q_n|^T; q_i \equiv \Theta_i V \lambda_i, \quad (1)$$

где Q – вектор n обобщенных координат; Θ_i и λ_i – угловые и линейные перемещения; T – оператор транспонирования.

Второй тип обобщенных координат – координаты перемещения элементов оптического тракта (отклоняющих зеркал телескопа и станка, а так же фокусирующей линзы) оптического тракта. Для этих обобщенных координат примем следующие обозначения:

$$\Pi = |\pi_1, \pi_m|^T; \pi_i \equiv \alpha_i \vee h_i, \quad (2)$$

где Π – вектор « m » обобщенных координат; α_i и h_i – угловое и линейное смещения элементов оптики.

Для обобщенных координат третьего типа – координат пространственного расположения лазерного луча – введем следующие обозначения:

$$H = |\varepsilon_1, \varepsilon_n|^T; \varepsilon_i \equiv \varphi_i \vee l_i, \quad (3)$$

где H – вектор « n » обобщенных координат; φ_i и l_i – угловое преломление и линейное смещение точки преломления лазерного луча.

Введенные обобщенные координаты в дальнейшем будем именовать Q -, Π - и H -координатами. Между ними имеют место сложные двухканальные зависимости, определяемые структурой лазерного станка и ее параметрами. Для решения поставленной задачи используем однородные координаты, их представление и преобразование в соответствии с правилом Денавита – Хартенберга.

Однозначную связь между положением j -го зеркала и i -го отраженного луча без учета упругих деформаций конструктивных элементов можно установить из соотношения

$$D_{\Pi H j} \equiv T_{vi} T_{vj}^{-1}, \quad (4)$$

где $D_{\Pi H j}$ – матрица связи между Π - и H -обобщенными координатами для одного преломления луча.



Поскольку $\varepsilon_i = 2\lambda_j$, то $D_{\Pi\Pi j} = T_{vj}$, что несложно установить, выполнив преобразование (4). Для телескопа и оптического тракта станка в целом связь между П- и Н-координатами определяется диагональной матрицей

$$D_{\Pi\Pi} = \text{diag} \{ D_{\Pi\Pi j} \}_{m,m} \quad (5)$$

Связь между Q- и П- обобщенными координатами зависит от кинематической структуры лазерного станка (поступательные степени подвижности не требуют применения зеркал), расположения входа излучения, кинематической избыточности по Q-координатам, вводимой по особым соображениям, и других факторов. Исходя из этого, связь между Q- и П-координатами не может быть формализована в общем виде. В простейшем случае при $k=m$ (число преломлений равно числу зеркал) эту связь с учетом упруго диссипативных свойств конструктивных элементов и пренебрежения малыми величинами можно представить в виде

$$D_{Q\Pi} = \text{diag} \{ W_{gi}^{\pi} \}_{5 \times 5}, \quad (6)$$

где $W_{gi}^{\pi} = (1 + T_{i1}p)(T_{i2}p)^{-2}$; T_{i1}, T_{i2} - постоянные времени; p - оператор дифференцирования.

На отклоняющих зеркалах происходит изменение направления потока энергии излучения, сопровождающееся ее диссипацией. Поэтому преломление луча целесообразно характеризовать геометрическими параметрами и показателями потерь энергии, используя для этого совокупность своеобразных четырехполюсников. В декартовых однородных координатах i -му преломлению лазерного луча будет соответствовать четырехполюсник

$$HPV_i = D_{HPi} \cdot HPO_i, \quad (7)$$

где HPO_i и HPV_i - блочные векторы параметров на входе и выходе четырехполюсника, D_{HPi} - блочная диагональная матрица связи. Четырехполюсник i -го преломления лазерного луча приведен на рис. 2.

Раскроем выражение (7):

$$\begin{pmatrix} H_{Vi} \mathbf{1}^T \\ P_{Vi} \mathbf{1}^T \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} T_{Vi}^{-1} & 0 \\ 0 & T_{Vi} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} H_{Oi} \mathbf{1}^T \\ P_{Oi} \mathbf{1}^T \end{pmatrix}. \quad (8)$$

Здесь $H_{Vi}, H_{Oi}, P_{Vi}, P_{Oi}$ - трехмерные векторы входных и выходных параметров мощности и положе-

ния лазерного луча; T_{Vi} и $T_{\Pi i}$ - однородные матрицы преобразования векторов. Матрица $T_{\Pi i}$ имеет вид

$$T_{\Pi i} = \begin{pmatrix} \text{diag} \eta_i & 0 \\ 0 & \mathbf{1} \end{pmatrix}. \quad (9)$$

В выражении (9) η_i - диагональная матрица размерами 3×3 потерь энергии излучения. На основании (8) для всех преломлений лазерного луча можно записать

$$HPV = DHP \cdot HPO, \quad (10)$$

где $HPV = \begin{pmatrix} HPV_1 \\ HPV_n \end{pmatrix}^T$; $HPO = \begin{pmatrix} HPO_1 \\ HPO_n \end{pmatrix}^T$;
 $DHP = \text{diag} \{ DHP_i \}; i = \overline{1, n}$.

Выражение (11) характеризует геометрические и энергетические показатели оптического тракта в связанных обобщенных координатах Н. Для определения положения луча относительно некоторого базиса МНО можно воспользоваться матричным однородным преобразованием

$$MNV = DHV \cdot MNO, \quad (11)$$

где MNV и MNO - матрицы размерами 4×4 , определяющие ориентацию входного и сфокусированного отрезков луча и положение точки фокуса в базовой системе координат; $DHV = T_{V1}^0 \cdot T_{V2}^0 \dots T_{Vn}^0$.

На рис. 3 представлена структурная модель оптического тракта многолучевого лазерного комплекса с учетом выражений (6) - (11), систем юстировки и охлаждения зеркал, а также управляющих воздействий.

На модели обозначено: U_Q, U_{Π} - векторы управляющих воздействий для Q-координат и системы юстировки отклоняющих зеркал; U_p - управляющее воздействие на поток энергии лазерного излучателя; $\Delta \Pi_F$ - вектор возмущения П-координат

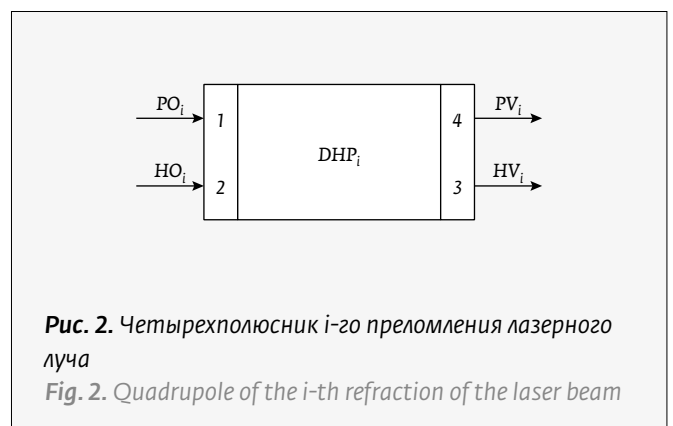


Рис. 2. Четырехполюсник i -го преломления лазерного луча
 Fig. 2. Quadrupole of the i -th refraction of the laser beam

вследствие внешнего силового воздействия (вектор F); $\Delta\Pi$ - корректирующие перемещения Π -координат; π_0 - базис Π -координат; $T_{\pi_0}^e$ - однородная матрица приведения Π - и H -координат к одному базису; $MPIV$ - матрица размерами 4×4 , определяющая ориентацию и положение фокусирующей линзы в базисе Π -координат; DUQ , DFP , DQP и DUP - матрицы, содержащие передаточные функции и операторы; DUP - оператор, описывающий регулятор мощности лазерного излучения; $DPIV$ - матрица однородного преобразования для $MPIV$; DFP - матрица-функция преобразования внешнего возмущающего воздействия; DUT и DPT - матрицы, описывающие преобразование величин в системе охлаждения зеркал; Δt и t - векторы температур нагрева охлаждающей жидкости и зеркала.

Структура матрицы DUP определяется в соответствии с принципом юстировки оптического тракта. Вид и параметры матриц DUT и DPT зависят от структуры и параметров системы охлаждения зеркал.

DUQ - диагональная матрица-функция, легко формируемая из заданной структуры исполнительной системы.

В соответствии с рис. 3 и полученными выше зависимостями математическую модель манипулятора оптики можно представить с помощью блочного векторно-матричного выражения

$$M = DUMU + WF \tag{12}$$

где $M = \begin{bmatrix} HV \\ PV \\ \Delta\Pi \\ P_t \end{bmatrix}^T$, $U = \begin{bmatrix} U_Q \\ U_P \\ U_\Pi \\ U_t \end{bmatrix}^T$,

$$DUM = \begin{bmatrix} TUV & 0 & DUP \cdot DHP & 0 \\ 0 & DUP \cdot T_t & 0 & 0 \\ 0 & 0 & DUP & 0 \\ 0 & DUP(E - T_t) \cdot DPIH & 0 & -DUT \end{bmatrix};$$

$$W = \begin{bmatrix} DFP \cdot DPIH \cdot T_v \\ 0 \end{bmatrix}; F = \begin{bmatrix} -F & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}^T,$$

$$TUV = DUQ \cdot DQP \cdot DPIH \cdot T_v.$$

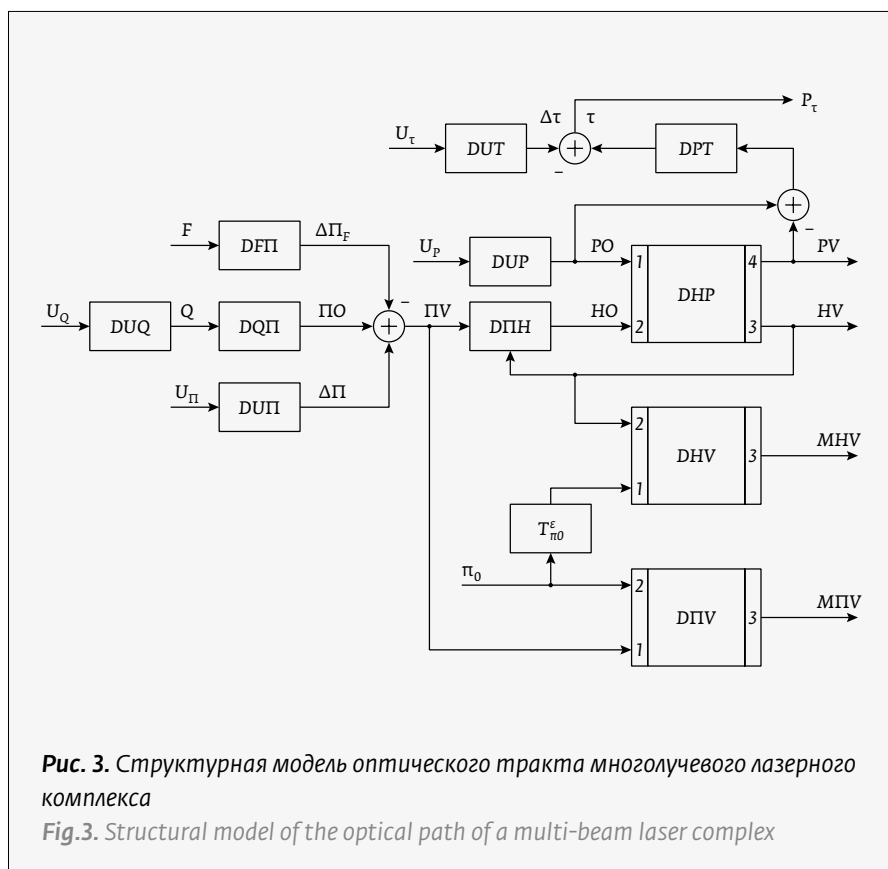


Рис. 3. Структурная модель оптического тракта многолучевого лазерного комплекса
 Fig.3. Structural model of the optical path of a multi-beam laser complex

Полученные зависимости, являющиеся моделью оптической системы многолучевого лазера, позволяют выполнить расчеты параметров и подготовить управляющую программу для реализации требуемых перемещений оптических элементов телескопа, приводов исполнительной системы станка и требуемой мощности каждого луча от источника излучения.

Использование лазерного комплекса с шести-лучевым управляемым источником излучения позволяет по-новому организовать традиционные процессы лазерной обработки [2]. В частности, регулирование мощности, относительного положения и размера пятна каждого луча на поверхности в процессе лазерной наплавки позволяет реализовать управляемые по времени и мощности раздельный или совмещенный нагрев основного и присадочного материала, предварительный подогрев наплавляемой поверхности, а также регулируемый нагрев наплавленного слоя, что значительно повысит качество технологического процесса наплавки и уровень его автоматизации.

Вариант реализации управляемого процесса наплавки предлагаемым комплексом приведен на рис. 4. От многолучевого источника лазерного



край предыдущего наплавленного трека. При этом заявленная точность измерения расстояния датчиком ($\pm 2,5$ мкм) позволяет в процессе сканирования однозначно определить расстояние до наплавленной поверхности и распознать положение края предыдущего наплавленного трека по разнице расстояний $\Delta h = h_1 - h_2$ (Δh равна высоте наплавленного трека и составляет, как правило, более 100 мкм). Измерение происходит при угловой скорости привода сканирования $\omega \leq 10$ рад/с циклическая частота $f \leq 100$ Гц. Это во много раз меньше заявленной частоты измерений для датчика (до 16,15 кГц) и свидетельствует о возможности измерений с высокой точностью. Угловое перемещение датчика при сканировании поверхности с расстояния $h_1 = 300-500$ мм при длине перемещения луча $L = 8-10$ мм составляет примерно 1 градус. Такие условия можно обеспечить с помощью пьезопривода. Диапазон измерения датчика 40-1000 мм, точность измерения расстояния $\pm 2,5$ мкм; максимальная частота измерений до 16,15 кГц. Информация с датчика 9 обрабатывается контроллером 10, который служит для вычисления координат наплавленной поверхности и координаты края предыдущего наплавленного трека в координатной системе задания положения наплавленных треков на поверхности изделия.

Матричный датчик температуры зоны нагрева 11 служит для измерения температуры нагрева наплавленной поверхности в процессе движения во всей зоне расположения пятен излучения. В качестве такого датчика может быть использован термограф ИРТИС-2000 СН. Датчик имеет матрицу 640×480 измерительных пикселей, частоту опроса 0,8 с и цифровой выход. Контроллер 12 датчика температуры служит для преобразования информации, поступающей с датчика измерения температуры 11 в форму, удобную для регулятора 13, а также определения реального положения пятен излучения в процессе наплавки в координатах задания.

Система автоматизированного проектирования процесса 15 предназначена для описания процесса наплавки. Оно включает в себя построение моделей процесса наплавки и алгоритмов управления с целью формирования управляющих программ для системы автоматического управления процессом наплавки 14. В него включены все отмеченные выше системы регулирования и управления отдельными компонентами и параметрами. Задание на выполнение лазерной наплавки, сформированное системой авто-

матизированного проектирования процесса 15 поступает в систему автоматического управления процессом наплавки 14 и систему управления источником лазерного излучения и телескопом 16. Система автоматического управления процессом наплавки 14 выполняет первоначальный мониторинг состояния всех средств, устройств, систем регулирования и управления отдельными компонентами и параметрами, реализующих технологический процесс (кроме многолучевого лазера). После этого система выводит средство перемещения лучей по поверхности объекта обработки 4 в исходное положение и передает сигнал о готовности системе управления источником лазерного излучения и телескопом 16. Система управления 16 в начале выполняет мониторинг состояния всех систем многолучевого источника лазерного излучения и управляемого телескопа. После этого система управления 16 включает необходимое по заданию количество излучателей и устанавливает в них некоторую минимальную мощность (10-20 Вт) для контрольной проверки (тестирования) работоспособности всех систем установки. Управляемый телескоп в соответствии с заданием позиционирует пятна излучения на поверхности наплавки. Система управления 14 производит контрольное тестирование отдельных систем и устройств. При положительных результатах тестирования система управления 16 включает излучатели на необходимую мощность и начинается процесс наплавки.

В ходе выполнения процесса по обратным связям информация с датчика расстояния до поверхности обработки и положения предыдущего трека 9, датчика температуры зоны нагрева 11, оптического чувствительного элемента датчика высоты наплавленного трека 8, датчиков средства перемещения лучей по поверхности объекта обработки 4 и датчиков устройства подачи наплавочного материала 7 подается в систему управления 14. А затем с помощью регулятора 13 можно задать скорость перемещения лучей по поверхности объекта наплавки. Относительное расположение пятен излучения и их мощность можно варьировать с помощью системы управления 16 в соответствии с заданным алгоритмом.

ПРОЦЕСС СВАРКИ МНОГОЛУЧЕВЫМ ЛАЗЕРНЫМ КОМПЛЕКСОМ

Одним из самых распространенных процессов лазерной обработки является сварка. В идеальных условиях свариваемые встык детали должны контактировать повсюду вдоль шва. На практике

отклонения от прямолинейности и погрешности крепления деталей перед сваркой могут привести к появлению зазоров в стыке. Эти зазоры существенно влияют на процесс плавления металла деталей и при их недопустимой величине приведут к некачественной сварке. В частности, при лазерной сварке одним лучом без присадочного материала максимально допустимый зазор обычно составляет не более 0,1 мм, при этом допустимое отклонение фокуса лазерного излучения от линии стыка свариваемых деталей не должно превышать 8-10 мкм. При стыковой сварке без разделки кромок и предварительной механической обработки торцов свариваемых деталей ширина зазора может достигать 0,3-0,5 мм. При этом по длине стыка зазор будет переменным от нулевой до максимальной величины. Существенное влияние на качество процесса лазерной сварки оказывает стабильность расстояния от точки фокуса луча (или точек фокуса нескольких лучей при многолучевой обработке) до обрабатываемой поверхности, в особенности если поверхность является криволинейной.

На практике часто возникает необходимость сварки деталей без предварительной разделки кромок и дополнительной механической обработки торцов. При этом детали имеют криволинейную поверхность одинаковой или разной толщины (в том числе переменной) или выполнены из разнородных металлов и сплавов. В этом

случае для качественного выполнения технологических процессов стыковой лазерной сварки целесообразно одновременно воздействовать на зону сварочного шва несколькими лазерными лучами.

Для этого устройство многолучевой лазерной сварки должно быть снабжено системой непрерывного автоматического регулирования основных технологических параметров процесса: уровня мощности каждого лазерного луча, относительного расположения пятен нагрева и их размеров на поверхности обработки, а также скорости перемещения пятен нагрева вдоль сварочного шва. Для построения системы непрерывного автоматического регулирования указанными выше технологическими параметрами необходимо в процессе сварки измерять ширину стыка, расстояние до поверхности свариваемых деталей, мощность, расположение и размер каждого пятна излучения на поверхности свариваемых деталей, а также их толщину с организацией обратных связей с использованием регулятора.

Кроме того устройство многолучевой лазерной сварки должно быть снабжено системой автоматического управления процессом и системой автоматизированной подготовки управляющих программ. Их состояние должно соответствовать современному техническому уровню, содержать элементы искусственного интеллекта. Эти требования были учтены.

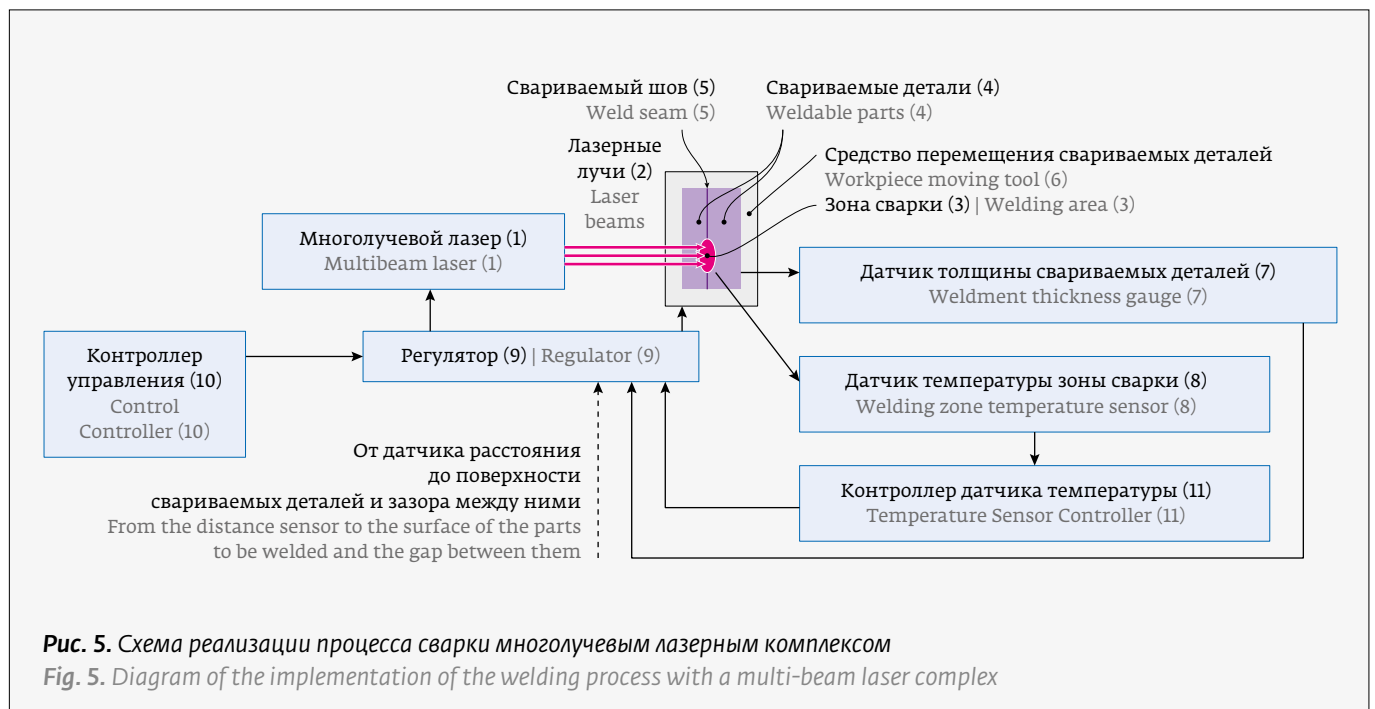


Рис. 5. Схема реализации процесса сварки многолучевым лазерным комплексом

Fig. 5. Diagram of the implementation of the welding process with a multi-beam laser complex



Вариант реализации системы управляемого процесса лазерной сварки [3] в разработанном лазерном комплексе приведен на рис. 5. В системе шесть лучей многолучевого лазера 1 объединяются телескопом попарно в три луча 2. Структура обладает возможностями изменения уровня мощности каждого лазерного луча, изменения относительного расположения пятен нагрева и изменения их размеров в зоне сварки 3 на поверхности свариваемых деталей 4.

Средство перемещения свариваемых деталей 6 выполнено с возможностью осуществления в процессе сварки перемещения свариваемых деталей 4 относительно лазерных лучей вдоль стыка в заданном направлении и с заданной скоростью.

Система для многолучевой сварки содержит датчик 7 толщины свариваемых деталей 2. В качестве такого датчика может быть использована лазерная компактная система LTM-ECO с максимумом тремя измерительными дорожками для статического метода измерения. Основные характеристики: материал детали – все металлы (Fe, Al, Cu, Zn и др.); толщина материала: 0,2–15 мм; разрешение 1 мкм; точность измерения: ±6 мкм. При помощи специальной функции обеспечивается автоматическая калибровка системы на различных этапах контроля. Система оснащена программируемым контроллером, имеющим разнообразные интерфейсы и поставляется с удобной для работы программой.

Датчик 8 температуры зоны нагрева служит для измерения температуры нагрева наплавляемой поверхности в процессе движения во всей зоне расположения пятен излучения. В качестве такого датчика использован матричный термограф ИРТИС-2000СН, упомянутый выше. Контроллер 11 датчика температуры служит для преобразования информации, поступающей с датчика 8 измерения температуры в форму, удобную для регулятора 9, а также определения реального положения пятен излучения в процессе наплавки в координатах задания. Регулятор 9 может управлять мощностью и положением каждого из трех лучей 2 и размерами пятна каждого из лучей в зоне сварки. Он также имеет возможность управлять скоростью движения средствами перемещения свариваемых деталей 6.

Эта возможность реализуется путем организации обратных связей по информации от имеющихся датчиков: датчика толщины свариваемых деталей 7, датчика температуры зоны сварки 8 и датчика расстояния до поверхности свариваемых

деталей и зазора между ними (на рис. 5 не указан). Контроллер управления 10 предназначен для формирования управляющей программы работы устройства по заданным технологическим режимам сварки.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Лазерный комплекс с шестилучевым управляемым источником излучения позволяет по-новому организовать традиционные процессы лазерной обработки. Так в процессе лазерной наплавки благодаря автоматизации управления по времени мощностью нагрева основного и присадочного материала (раздельным или совмещенным) достигается высокое качество результата.

Разработанные комплексы на базе газового лазера нашли широкое применение в различных отраслях промышленности. Они позволяют с высокой точностью выполнять лазерные операции по обработке металлов: закалку, сварку, наплавку, упрочнение. Благодаря гибкости системы управления мощностью и взаимным расположением лазерных источников лазерные комплексы могут быть встроены в производственные линии как крупных технологических процессов, так и в мелкосерийное производство.

REFERENCES

1. Patent RU2 580 350 Cl. *Device for hardening surface of component* / J Ugov V. I., Maltsev V. V., Ryzhikova D. A., Shishkin E. S., Starostin D. A. Патент RU2 580 350 Cl. *Устройство для упрочнения поверхности детали* / Югов В. И., Мальцев В. В., Рыжикова Д. А., Шихин Е. С., Старостин Д. А.
2. Patent RU2703768 Cl. *Method of laser steel hardening at the wide path of hardening* / Elgaev N. A., Ryzhikova D. A., Umnov V. P., Shipikhin D. A. Патент RU2703768 Cl. *Способ лазерной закалки стали при широкой дорожке упрочнения* / Елгаев Н. А., Рыжикова Д. А., Умнов В. П., Шипихин Д. А.
3. Patent RU2703 609 C2. *Multibeam electric discharge laser* / Chukhlantsev O. A., Umnov V. P., Maltsev V. V., Ryzhikova D. A. Патент RU2703 609 C2. *Многолучевой электроразрядный лазер* / Чухланцев О. А., Умнов В. П., Мальцев В. В., Рыжикова Д. А.

АВТОРЫ

Чухланцев Дмитрий Олегович, кандидат экономических наук; Умнов Владимир Павлович, кандидат технических наук; Мальцев Владислав Викторович; Шипихин Дмитрий Алексеевич; ООО «ТермоЛазер»; e-mail: vladimir@termolazer.ru, г. Владимир, Россия.
Область интересов: лазерные технологии обработки материалов, гибридные робототехнические производственные системы

AUTHORS

Chukhlantsev Dmitry Olegovich, Candidate of Science in Economics; Umnov Vladimir Pavlovich, Candidate of Science in Engineering; Maltsev Vladislav Viktorovich; Shipikhin Dmitry Alekseevich; TermoLaser LLC; e-mail: vladimir@termolazer.ru; Vladimir, Russia.
Areas of interest: laser materials processing technologies, hybrid robotic production systems.

19–22.10.2020



В рамках проекта «Наука-Технологии-Инновации Экспо»
международная политехническая выставка

ТЕХНОФОРУМ



www.technoforum-expo.ru

Организатор:



При поддержке:

- Государственной Думы Федерального Собрания РФ
- Министерства промышленности и торговли РФ

Под патронатом ТПП РФ

Реклама



«Оборудование
и технологии
обработки
конструкционных
материалов»

Россия, Москва,
ЦВК «ЭКСПОЦЕНТР»