

УПРАВЛЕНИЕ РОБОТИЗИРОВАННЫМ ЛАЗЕРНЫМ КОМПЛЕКСОМ

Рассказчиков Н.Г., Пименов А.В.

Владимирский государственный университет, г. Владимир

Ключевые слова: лазер, лазерное термическое упрочнение, роботизированный комплекс, контроль температуры, адаптивная система управления.

Аннотация. Метод лазерного термического упрочнения является одним из наиболее эффективных. Использование роботизированных комплексов актуально для обработки сложных поверхностей. Для протекания фазовых превращений и недопущения оплавления поверхности необходимо обеспечить требуемый температурный интервал. Для проведения лазерного поверхностного термоупрочнения использовался иттербиевый волоконный лазер ЛС-3-К, контроль температуры в пятне лазерного излучения осуществлялся пирометром. Полученные результаты показывают, что при программном управлении процессом обработки происходят неконтролируемые изменения температуры, связанные с различным состоянием поверхности обработки, нестабильностью мощности излучения, условиями теплоотвода и т.д. Определены виды систем управления, обеспечивающие поддержание температуры в заданных пределах (управление мощностью, скоростью перемещения, положением фокуса).

CONTROL OF A ROBOTIC LASER SYSTEM

Rasskazchikov N.G., Pimenov A.V.

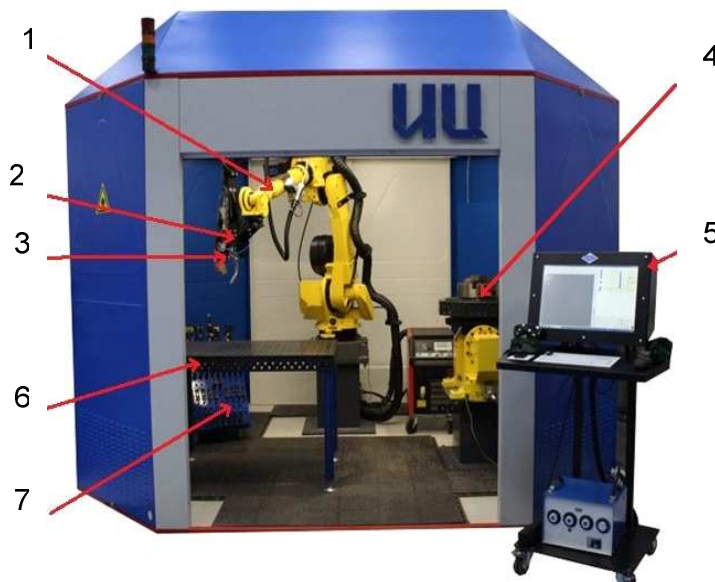
Vladimir State University, Vladimir

Keywords: laser, laser thermal hardening, robotic system, temperature control, adaptive control system.

Abstract. The method of laser thermal hardening is one of the most effective. The use of robotic systems is relevant for processing complex surfaces. For phase transformations to occur and to prevent surface melting, the required temperature range must be provided. The ytterbium fiber laser LS-3-K was used for laser surface thermal strengthening. The temperature in the laser spot was controlled by a pyrometer. The results obtained show that when the processing process is controlled programmatically, uncontrolled temperature changes occur due to different surface conditions, radiation power instability, heat sink conditions, and so on. the types of control systems that maintain the temperature within the specified limits (power control, travel speed, and focus position) are Defined.

Метод лазерного термического упрочнения (ЛТУ) поверхностного слоя материала является одним из наиболее эффективных и инновационных. Обработка деталей осуществляется на специализированных автоматизированных лазерных технологических комплексах. С повышением сложности обрабатываемых изделий более актуальными становятся роботизированные комплексы.

Для проведения лазерного поверхностного термоупрочнения детали «чугунная полуформа для производства стеклотары» использовались иттербиевый волоконный лазер ЛС-3-К IPG Photonics и следующее оборудование ООО «ИЦ при ВлГУ» (рис. 1).



1 – робот – манипулятор Fanuc 710iC/50; 2 – оптическая головка; 3 – пирометр;
4 – двухосевой позиционер; 5 – компьютер с ПО; 6 – стол; 7 – оснастка

Рис. 1. Лазерный роботизированный комплекс

Экспериментально вручную можно подобрать нужный режим работы, но только к определённой операции со своими свойствами материала. В объектах сложной формы свойства, влияющие на температурный режим, могут изменяться в широких пределах и, чтобы избежать отклонений в структуре материала, необходим автоматический контроль температуры. Для контроля распределения температур используемый прибор должен отвечать следующим качествам:

1) Пространственное разрешение. Желательно различать области на обрабатываемой поверхности размером порядка диаметра лазерного пучка в широком диапазоне температур.

2) Высокая точность и независимость от коэффициента излучения объекта. Так как металлы имеют свойство менять в довольно широких пределах коэффициент излучения с температурой, то рекомендуется определять температуру спектрометрическим способом.

Высокое пространственное разрешение обеспечивают тепловизионные камеры, но радиационный метод измерения вносит существенную погрешность при разбросе коэффициентов излучения в различных участках поверхности, так как он зависит от температуры и качества поверхности. Так как в процессе работы комплекса требуется контроль температуры в одной точке поверхности, то оптимально будет использование пирометра спектрального отношения на базе инфракрасного спектрометра [1]. На рисунке 2 показано размещение пирометра на промышленном роботе.

Характеристики инфракрасного пирометра Optris CTXL3MN2:

- диапазон измерения температур от 200 °С до 1500 °С;
- спектральный диапазон 2,3 мкм;
- оптическое разрешение 300:1;
- время отклика 1мс.

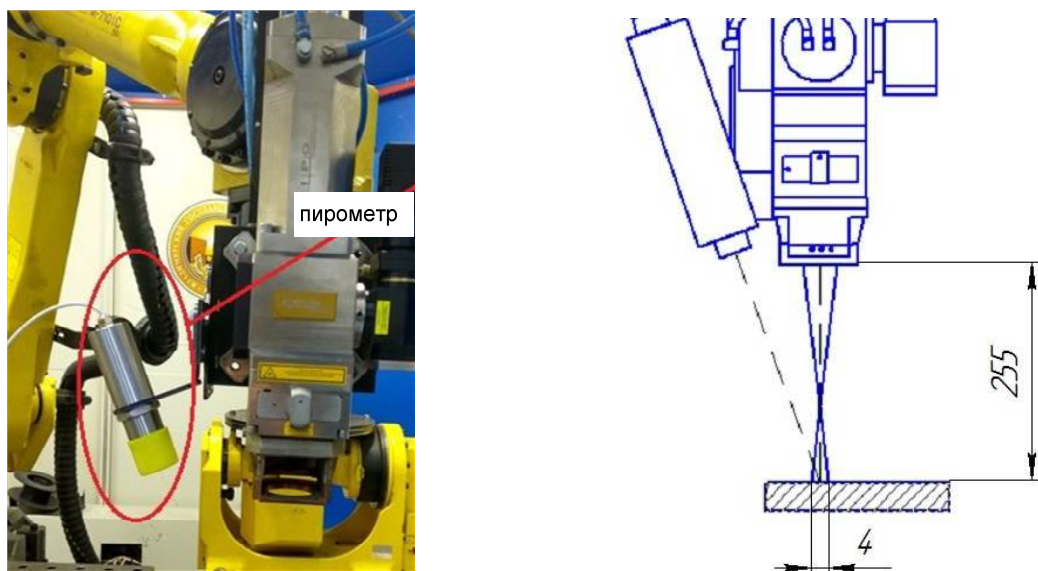


Рис. 2. Инфракрасный пирометр Optris СТХL3МН2 и схема расфокусировки луча на поверхности детали

Определение мощности лазерного излучения проводилось на нескольких режимах, которая подбиралась так, чтобы максимальная температура материала в пятне нагрева составила не более 1100 °С. Это обусловлено обеспечением узкого температурного интервала обработки 1000-1150°С для протекания фазовых превращений в чугуна и недопущения оплавления поверхности.

Итоговые параметры для проведения ЛТУ детали: мощность излучения – 700Вт; расфокусировка (расстояние от детали до оптической головы) – 255мм; скорость перемещения – 10мм/с;

Расфокусировкой добивались получения пятна излучения на поверхности детали диаметром 4мм (рис. 2) в соответствии с шириной дорожки упрочнения.

Термометрирование проводилось непосредственно в центре излучаемого пятна на поверхности детали на протяжении всего процесса. С помощью имеющегося программного обеспечения был построен график изменения температуры в процессе обработки (рис. 3).

Температура, °С

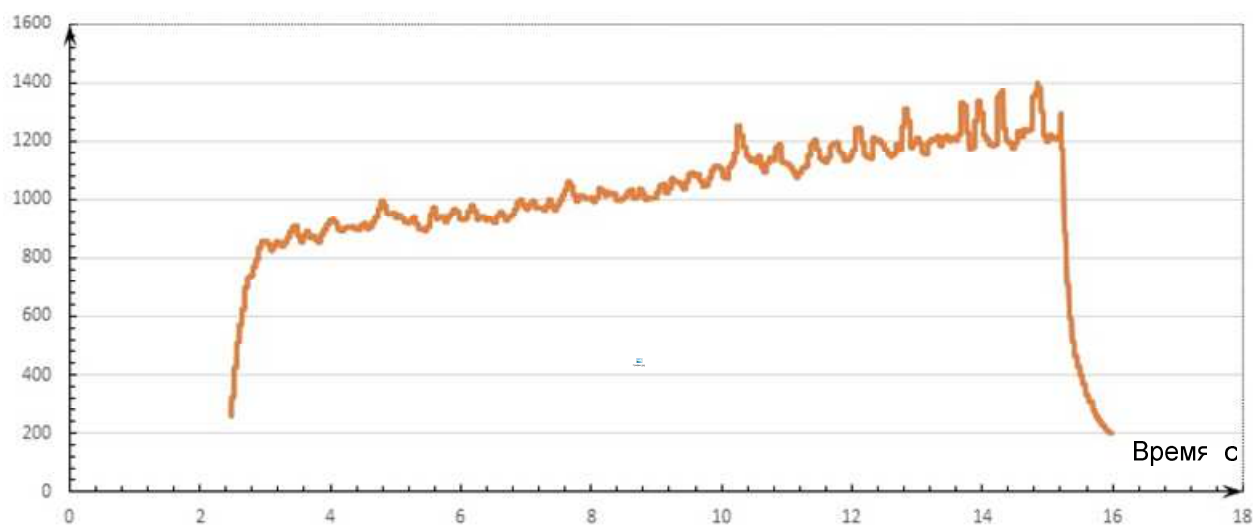


Рис. 3. График изменения температуры

Полученные результаты показывают, что при программном управлении процессом обработки происходят неконтролируемые изменения температуры, связанные с различным состоянием поверхности обработки, нестабильностью мощности излучения, условиями теплоотвода и т.д.

Для поддержания температуры в заданных пределах можно управлять мощностью, скоростью перемещения и изменением положения фокуса.

В работе [2] представлена структура и результаты моделирования адаптивной системы управления лазерными технологическими комплексами со стабилизацией температурного режима процесса лазерного термического упрочнения, включающая блок коррекции скорости перемещений по координатам в функции ошибки по температуре.

Существуют также оптомеханические устройства лазерных головок, которые автоматически регулируют положение фокусирующей линзы [3]. Эти системы могут быть адаптированы к задачам управления температурой. Для этого ошибку по температуре вводят в качестве корректирующего сигнала в систему управления положением фокуса. При постоянной мощности лазерного излучения расфокусировка позволяет изменять плотность мощности в пятне излучения на детали. При включенном приводе фокусирующая система движется вверх или вниз в зависимости от величины ошибки по температуре, при этом увеличивается или уменьшается диаметр пятна лазерного луча, и соответственно уменьшается или увеличивается плотность мощности.

Список литературы

1. Лапшин С.В. Система автоматической стабилизации температуры лазерного технологического комплекса / С.В. Лапшин, М.Р. Гилязов // Новые технологии, материалы и оборудование российской авиакосмической отрасли: сборник докладов Всероссийской научно-практической конференции с международным участием (Казань, 10-12 августа 2016г.). – Казань, 2016 – С. 580-584.
2. Рассказчиков Н.Г. Моделирование адаптивной системы управления со стабилизацией температурного режима процесса лазерного термического упрочнения / Н.Г. Рассказчиков, А.Н. Шлегель // Вестник МГТУ «Станкин». – 2013. – №2. – С.86-91
3. Патент №2413265 РФ. Устройство для фокусировки лазерного излучения / Сироткин О.С., Блинков В.В. – Оpubл. 27.02.2011, Бюл. №6.

Сведения об авторах:

Рассказчиков Николай Геннадьевич – к.т.н., доцент, доцент кафедры «Автоматизация, мехатроника и робототехника», ВлГУ, г. Владимир;
Пименов Александр Владимирович – студент, ВлГУ, г. Владимир.