

УДК 621.793

ОСОБЕННОСТИ ЛАЗЕРНОЙ ЗАКАЛКИ ЧУГУННЫХ ДЕТАЛЕЙ

О. Г. ДЕВОЙНО¹, М. А. КАРДАПОЛОВА¹, И. М. КОСЯКОВА¹,
А. П. ПИЛИПЧУК², О. Г. ГЕЛИВЕР²¹Белорусский национальный технический университет²Военная академия Республики Беларусь
Минск, Беларусь

Создание конкурентоспособного и высокотехнологичного машиностроения возможно на основе использования прогрессивных видов обработки, позволяющих получать детали с уникальными свойствами. Одним из таких видов обработки является лазерная обработка поверхности деталей. В настоящее время в автомобилестроении, сельском хозяйстве и многие других отраслях широко применяются чугуны. Данные материалы используются при изготовлении деталей двигателей, сельскохозяйственных машин. Некоторые участки этих деталей подвергаются интенсивному износу и коррозии во время работы, что определяет необходимость повышения эксплуатационных свойств поверхностного слоя. С помощью лазерной термообработки можно улучшить показатели износостойкости поверхностного слоя чугунных деталей (рис. 1).

а)



б)



Рис. 1. Корпус тормоза трактора «Беларус» (а) и зона упрочнения (б)

Актуальной задачей является назначение оптимальных способов и режимов лазерной обработки деталей на стадии их проектирования. Одним из основных параметров качества при лазерной обработке выступает уровень остаточных напряжений [1]. Причиной формирования остаточных напряжений являются значительные температурные градиенты, что приводит к образованию трещин при лазерной обработке (рис. 2).

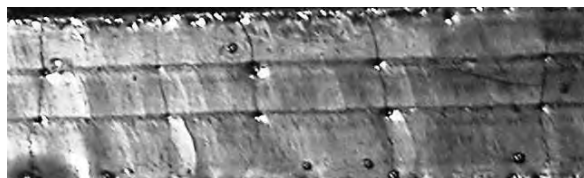


Рис. 2. Трещины после лазерной закалки чугунной лопатки

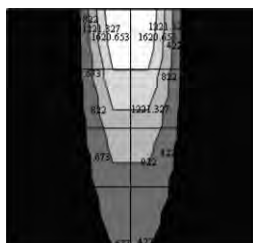
Выбор оптимальных режимов требует проведения натурных исследований, которые требуют существенных затрат времени и технологических ресурсов. Локальность воздействия при лазерной обработке и высокие скорости нагрева и охлаждения затрудняют проведение их экспериментального исследования. В настоящее время широко применяется математическое моделирование

тепловых процессов и формирования напряженно-деформированного состояния материалов. На основе анализа характера расположения трещин (см. рис. 2) сделан вывод об определяющей роли продольных напряжений. Для определения напряжений используется решение И. А. Биргера [2]:

$$\sigma_{темн} = E \left(\frac{\int_F E \alpha_T T dF}{\int_F E dF} + y \frac{\int_F E y \alpha_T T dF}{\int_F y^2 E dF} + x \frac{\int_F E x \alpha_T T dF}{\int_F x^2 E dF} - \alpha_T T \right).$$

Формула применима и для тел переменного сечения, и с переменными упругогеометрическими характеристиками сечения, а также в случае, когда появляются пластические деформации (метод переменных параметров упругости). Выполнен расчет температурного поля, возникающего при движении лазерного луча мощностью 1 кВт со скоростью 1 см/с (рис. 3, а) и 3 см/с (рис. 3, б) в призматическом стержне сечением 15 × 5 мм из чугуна.

а)



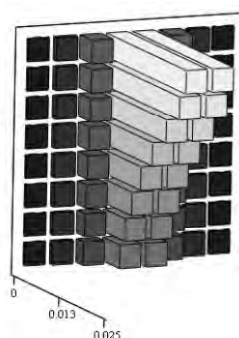
б)



Рис. 3. Распределение температуры по сечению образца

На рис. 4 представлены температурные деформации в поперечном сечении стержня, возникающие при движении лазерного луча мощностью 1 кВт со скоростью 1 см/с (см. рис 4, а) и 3 см/с (см. рис. 4, б).

а)



б)

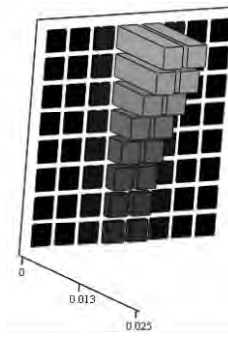


Рис. 4. Температурные деформации в поперечном сечении стержня

Анализ представленных результатов свидетельствует, что применение разработанной модели позволяет получить количественную оценку влияния скорости перемещения лазерного луча на уровень температурных напряжений.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Григорьянц, А. Г. Основы лазерной обработки материалов / А. Г. Григорьянц. – Москва: Машиностроение, 1989. – 304 с.
2. Биргер, И. А. Неравномерно нагретые стержни с переменными параметрами упругости / И. А. Биргер. – Москва: Машгиз, 1961. – Вып. 7. – С. 76–109.