УДК 621.793

# ОСОБЕННОСТИ НАПРЯЖЕННОГО СОСТОЯНИЯ ПРИ ЛАЗЕРНОЙ ПОВЕРХНОСТНОЙ ТЕРМООБРАБОТКЕ ДЕТАЛЕЙ

О. Г. ДЕВОЙНО[1], А. П. ПИЛИПЧУК[2]
[1]Белорусский национальный технический университет
[2]Военная академия Республики Беларусь
Минск, Беларусь

Лазерная обработка характеризуется высокой эффективностью и позволяет получать уникальные свойства поверхности деталей, недостижимые в рамках традиционных технологических подходов [1]. В технологии лазерной обработки основными параметрами являются плотность лазерного излучения и время его взаимодействия с поверхностью, варьируя которые можно обеспечить формирование требуемых свойств поверхностного слоя. Особенностью лазерной обработки является немонотонность распределения температуры по зоне воздействия. При этом необходимо учитывать, что в результате неравномерных нагрева, высоких скоростей охлаждения зоны обработки и изменений объемов материала вследствие температурного расширения возникают остаточные напряжения. Остаточные напряжения, алгебраически складываясь с рабочими (внешними) напряжениями, могут их усиливать или ослаблять, способствовать образованию трещин и последующего разрушения детали.

Выполнен расчет термических напряжений для призматического стержня сечением 15 × 10 мм из чугуна СЧ20 при движении лазерного луча мощностью 1 кВт со скоростью 200 и 300 мм/мин. Была выполнена дискретизация сечения стержня на квадратной сетке 10 × 10. Результаты расчета напряжений на этапе нагрева для случая перемещения источника со скоростью 200 мм/мин представлены на рис. 1 и 2.

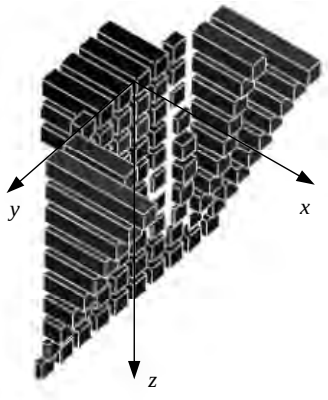


Рис. 1. Температурные напряжения в поперечном сечении стержня в результате нагрева (упругий расчет)

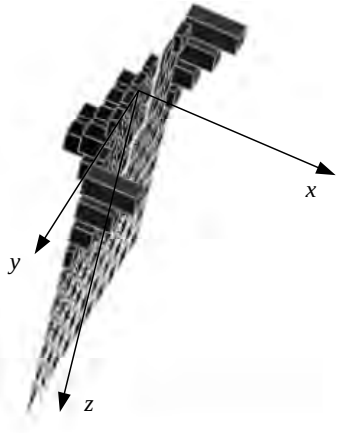


Рис. 2. Распределение остаточных напряжений по сечению образца при скорости перемещения луча 200 мм/мин

На первом этапе выполнен упругий расчет (см. рис. 1), в результате которого значение максимального напряжения составило 335 МПа, что превышает предел прочности СЧ20, принятого равным 200 МПа. На рис. 2 представлено распределение остаточных напряжений по сечению образца при скорости перемещения луча 200 мм/мин, определенное на основе метода переменных параметров упругости [2]. Для анализа напряженного состояния на рис. 3 представлены кривые распределения остаточных напряжений в плоскости *xOz* (центр стержня) и в плоскости боковой поверхности стержня для скорости 200 мм/мин (см. рис. 3, *а*) и скорости 300 мм/мин (см. рис. 3, *б*). Анализ представленных результатов показывает, что в центре стержня формируются сжимающие напряжения (кривая *1*), а по краю стержня – растягивающие напряжения (кривая *2*). В результате установлено, что максимальное растягивающее напряжение располагается по краям стержня и составляет 149 МПа при скорости 200 мм/мин и 162 МПа – при скорости 300 мм/мин.

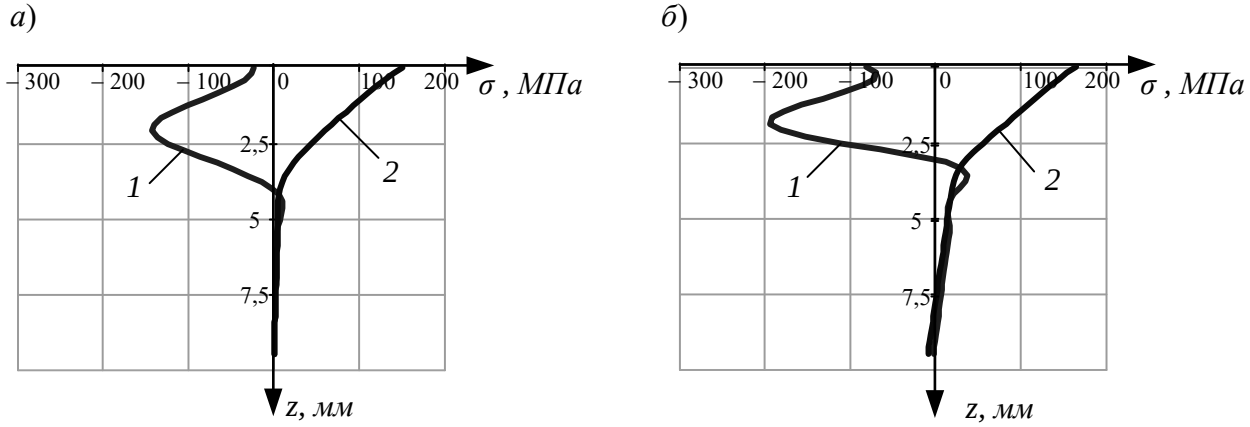


Рис. 3. Распределение остаточных напряжений по сечению образца: *а* – скорость 200 мм/мин; *б* – скорость 300 мм/мин

Данную особенность необходимо учитывать при определении параметров лазерной обработки, т. к. в процессе дальнейшей эксплуатации детали растягивающие напряжения приводят к понижению усталостной прочности и в ряде случаев износостойкости [3]. Уменьшить область растягивающих напряжений возможно в результате определения оптимальных скоростей перемещения лазерного луча и перекрытия лазерных дорожек.

## 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 // Расчеты на прочность. – Москва: Машгиз, 1961. – Вып. 7. – С. 76–109.

3. **Проников, А. С.** Надежность машин / А. С. Проников. – Москва: Машиностроение, 1978. – 592 с.