

УДК 621.9.048.7

АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЛАЗЕРОВ ДЛЯ УПРОЧНЯЮЩЕЙ ТЕРМООБРАБОТКИ

А.В. Журавский, И.М. Саковец

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет им. П.О. Сухого», г. Гомель, Республика Беларусь

Повышение износостойкости деталей, работающих в условиях трения, с помощью технологии лазерного упрочнения обладает рядом преимуществ. Она обеспечивает бесконтактность метода обработки; возможность локальной закалки только необходимых мест на изделии; отсутствие применения охлаждающей среды, в отличие от закалки в печи или закалки индукционным нагревом; полное отсутствие остаточных деформаций; возможность автоматизации процесса [1].

На сегодняшний день в существующих лазерных установках нашли применение различные типы лазеров. Цель данной работы провести анализ эффективности лазеров, используемых для лазерного упрочнения чёрных металлов.

Один из самых распространенных типов лазеров используемых при лазерной закалке — CO₂ лазеры [2]. Для них характерна чрезвычайно низкая энергетическая эффективность ≈10%. Коэффициент поглощения металлами излучения не превосходит нескольких процентов, так что полный коэффициент полезного действия (КПД) процесса закалки составляет доли процента. Для его повышения приходится использовать разные технологии нанесения поглощающих покрытий, основанных на оксидах Al и Zn, и других химических соединениях [3]. Это сильно усложняет процесс и вводит в него множество трудно контролируемых факторов.

Для YAG-лазера коэффициент поглощения может достигать 10–15%, но зато полный КПД самого лазера обычно составляет не более 2–3% [4].

Появление новейших мощных лазерных источников волоконного типа, КПД которых около 25%, актуализирует вопрос об эффективности их использования для лазерной закалки [5].

Исследования эффективности применения волоконного лазера для упрочняющей термообработки чёрных металлов были проведены на лазерных технологических комплексах, имеющихся в распоряжении лаборатории Института лазерных и сварочных технологий (ИЛиСТ) и Российско-Германского центра лазерных технологий Санкт-Петербургского государственного политехнического университета [6]. В качестве источника лазерного излучения использовались иттербиевые

волоконные лазеры ЛС-5 и ЛС-15 с максимальной выходной мощностью 5 и 15 кВт, длиной волны 1,07 мкм. Излучение транспортировалось по волоконному кабелю к оптической лазерной голове. Для фокусировки излучения использовались головы YW50 фирмы Precitec и HighYAG. Во время исследований использовались образцы, изготовленные из сталей марок: Ст3, Сталь 45, 65Г, 38Х2Н2МА, 40Х, 30Х13 толщиной 2–40 мм. Обработка осуществлялась прямолинейными отдельными участками. Везде лазер использовался в режиме непрерывного излучения. Параметры режима варьировались таким образом, что удельная энергия закалки, вычисляемая как отношение мощности лазерного излучения к произведению ширины закаленного слоя и скорости закалки, изменялась в пределах 1,75–6,4 Дж/мм². Для сравнения, по литературным данным [3] при обработке на СО₂-лазере требуется более высокая удельная энергия закалки 13,3 – 33,1 Дж/мм². Из обработанных образцов, прошедших визуальный контроль на предмет отсутствия оплавления или растрескивания поверхности, изготавливались металлографические шлифы. По их фотографиям определялись структурные составляющие, ширина и глубина закаленного слоя. При помощи микротвердомера ПМТ-3 выполнялись измерения микротвердости закаленного слоя, переходного слоя и зоны основного металла. Глубины получаемого закаленного слоя варьировались от 100 до 300 мкм. Увеличение микротвердости составляло от 1,2 до 1,7 раза. При этом скорость закалки доходила до 3 м/мин [6].

Полученные результаты стали возможными благодаря большему эффективному коэффициенту поглощения у волоконных лазеров, чем у СО₂-лазеров. Кроме этого, при закалке волоконными лазерами нет необходимости наносить поглощающие покрытия, что дополнительно снижает стоимость процесса и делает его экологически чистым. Изучение микроструктуры закаленного слоя, выполненного на ЛС-5, показало [6], что она однородна, имеет вид мелкодисперсного мартенсита и в ней полностью отсутствует переходная зона, тогда как при обработке на СО₂-лазере по литературным данным [2, 4] в структуре присутствует переходная зона. Измеренные значения микротвердости закаленного слоя были несколько выше, тех, что получены при закалке СО₂-лазером. Значения микротвердости HV при нагрузке 100 г, кг/мм² составило: 460HV (на глубине 50 мкм); 401HV (на глубине 100 мкм); 386HV (на глубине 150 мкм); 353 HV (на глубине 200 мкм); 311HV (на глубине 250 мкм); 285 HV (на глубине 300 мкм) [6].

Литература

1. Нигай А.Р., Смирнова Н.А. Исследование процесса упрочнения инструментальной стали У8 излучением волоконного лазера // Сб. тр. Лучшие научно-исследовательские проекты школьников г. Москвы – М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, – 2012. – С. 101 – 106.

2. Скрипченко А.И., Медвецкий В.М. Волоконные лазеры. Экономическая оценка // РИТМ. 2008. дек. С. 34 – 38.

3. Лопота В.А., Туричин Г.А., Цибульский И.А. Перспективы внедрения волоконных лазеров для лазерной термообработки черных металлов // Заготовительные производства в машиностроении. – 2013. – №3. – С. 16 – 21.

4. Попов В. Лазерное упрочнение сталей: сравнение волоконных и СО₂-лазеров // Фотоника, – 2009. – № 4. – С. 19 -24.

5. Туричин Г.А., Цибульский И.А., Сомонов В.В. Разработка технологии лазерной закалки конической резьбы шарового крана бурильного инструмента //Технология машиностроения. –2013. – №2. – С. 6 – 11.

6. Сомонов В.В. Перспективы внедрения волоконных лазеров для лазерной термообработки черных металлов // Сборник трудов I Всероссийского конгресса – 2012. – С. 9 – 13.