

ВЛИЯНИЕ СКОРОСТИ ЛАЗЕРНОЙ УПРОЧНЯЮЩЕЙ ОБРАБОТКИ НА ТВЕРДОСТЬ ВЫСОКОПРОЧНОГО ЧУГУНА

Алисин В.В.

*Институт машиноведения им. А.А. Благонравова Российской академии наук,
Москва, Россия*

Ключевые слова: лазерная закалка, микротвердость, скорость сканирования лазерного луча, цилиндрические втулки дизелей, высокопрочный чугун с шаровым графитом.

Аннотация. Статья посвящена поиску оптимальных технологических режимов при лазерном упрочнении цилиндрических втулок тяжелых дизелей. Исследуется влияние скорости сканирования лазерного луча на структурные изменения в поверхностном слое и микротвердость дорожек упрочнения. Экспериментально установлено существование дорожек упрочнения с наибольшей твердостью. Оптимальный технологический режим лазерной закалки соответствует началу лазерного оплавления поверхности. Полученные результаты позволили разработать практические рекомендации по упрочнению цилиндрических втулок из чугуна.

THE EFFECT OF THE LASER HARDENING TREATMENT SPEED ON THE HARDNESS OF HIGH-STRENGTH CAST IRON

Alisin V.V.

*Mechanical Engineering Research Institute of the Russian Academy of Sciences,
Moscow, Russia*

Keywords: laser hardening, microhardness, laser beam scanning speed, cylinder bushings of diesel engines, high-strength cast iron with spherical graphite.

Abstract. The article is devoted to the search for optimal chronological modes during laser hardening of cylinder bushings of heavy diesel engines. The influence of the scanning speed of the laser beam on structural changes in the surface layer and the microhardness of the hardening tracks is investigated. The existence of hardening paths with the highest hardness has been experimentally established. The optimal technological mode of laser hardening corresponds to the beginning of laser melting of the surface. The results obtained made it possible to develop practical recommendations for strengthening cylinder bushings made of cast iron.

Введение. Лазерная закалка является эффективным методом повышения твердости и износостойкости поверхности чугуна [1]. В статье отмечается, что в процессе многорожечной лазерной закалки высокопрочного чугуна с шаровым графитом происходит отпуск в зоне перекрытия, что приводит к неравномерному распределению твердости и остаточных напряжений на поверхности детали. Показано, что последующая дробеструйная обработка значительно улучшает равномерность распределения остаточных напряжений и твердости. В работе [2] исследовалось распределение микротвердости, фазовые превращения и износостойкость закаленных лазером образцов аустенитного серого чугуна. Трибологические испытания проводились на установке с возвратно-поступательным движением. Установлено, что под

упрочненной лазером поверхностью образовались четыре зоны. Зона лазерного упрочнения (ледебурит, HRC 67), верхнюю зона термического воздействия (мартенсит, (HRC 69), нижнюю зона закалки (аустенит и феррит, HRC 36) и подложка (HRC 39). В работе [3] изучены зависимости геометрических параметров зон лазерной обработки в зависимости от мощности, скорости обработки и диаметра лазерного луча. Чугун с шаровидным графитом обладает [4] склонностью к образованию трещин. В работе [5] на чугуна марки 450 была выполнена комплексная обработка поверхности, включающая плазменное азотирование с последующей лазерной закалкой при различных уровнях мощности излучения от 400 до 514 Вт. Изучалось изменение структуры и глубина упрочнения. Установлено, что предложенная обработка способствует созданию слоев с более высокой поверхностной твердостью и большей глубиной упрочнения (300-750 мкм).

Цель работы состоит в установлении зависимости твердости дорожек упрочнения от скорости сканирования лазерного луча при проведении лазерной закалки образцов из высокопрочного чугуна.

Материалы и оборудование. Эксперимента выполнены на образцах в форме пластин, которые вырезались из натурной цилиндровой втулки, изготовленной из высокопрочного чугуна с шаровым графитом. Лазерная обработка выполнена на CO₂-лазере при непрерывной мощности излучения 700 Вт, которое фокусировалось в световое пятно с плотностью мощности 185 Вт/мм².

Микротвердость дорожек упрочнения измерялась на микротвердомере ПМТ-3.

Результаты. Поверхность трения для повышения износостойкости упрочнялась нанесением дорожек лазерной закалки. Для определения оптимального режима обработки были нанесены несколько дорожек одинаковым диаметром пятна $d=2,2$ мм. Лазерная обработка поверхностей выполнялась в диапазоне скоростей сканирования пятна в пределах 0,5-5 м/мин, в котором гарантировалось оплавление поверхности чугуна. На каждой дорожке упрочнения измерялась микротвердость в центре дорожки. На рисунке 1 представлен график изменения твердости дорожки упрочнения от скорости сканирования лазерного луча.

Эксперименты показали, что с увеличением скорости сканирования от 0,5 м/мин до 5 м/мин кривая зависимости имеет экстремум, в котором микротвердость поверхности имеет максимальное значение. Были проведены металлографические исследования образца дорожки упрочнения с наибольшей твердостью (рис. 2).

Анализ фотографии показывает, что максимальная твердость образца соответствует лазерной обработке в режиме «на грани оплавления». Параметры дорожки упрочнения: ширина дорожки 1800 мкм; максимальная глубина зоны закалки 280 мкм.

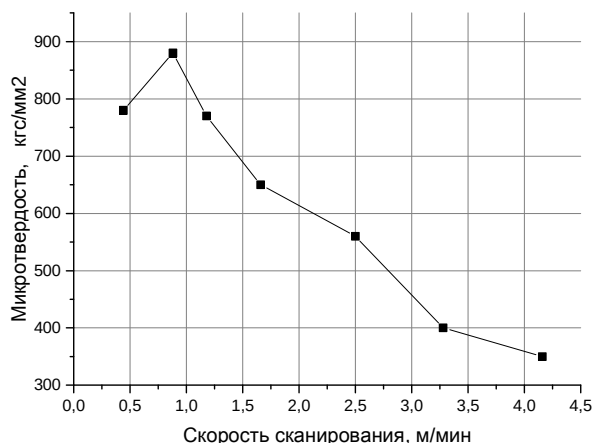


Рис. 1. Зависимость твердости поверхности чугуна от скорости перемещения светового пятна по поверхности чугуна

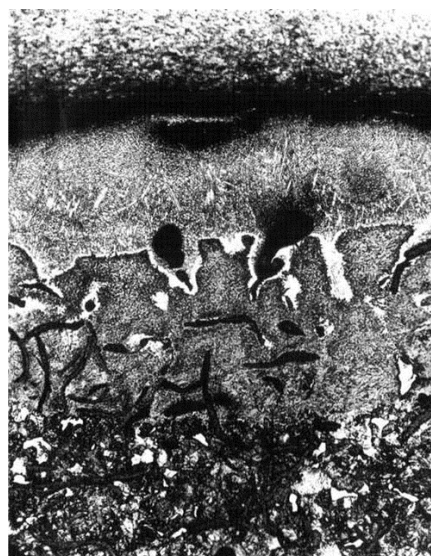


Рис. 2. Микроструктура упрочненного лазером чугуна AXHMM (x100)

Выводы. На основании графика и анализа геометрических параметров дорожек, т.е. ширины дорожки и глубины упрочненного слоя, целесообразно вести лазерную обработку цилиндрических втулок при мощности 0,7 кВт на скорости $V=0,8$ м/мин и диаметром фокусировки лазерного луча 2,2 мм.

Список литературы / References

1. Zhan K., Zhang Y., Bao L., Yang Z., Zhao B., Ji V. Surface characteristic and wear resistance of QT-700-2 nodular cast iron after laser quenching combing with shot peening treatment // Surface and Coatings Technology. 2021, vol. 423, p.127589.
2. Wang B., Pan Y., Liu Y., Barber G., C., Qiu F., Hu M. Wear behavior of composite strengthened gray cast iron by austempering and laser hardening treatment // Journal of Materials Research and Technology. 2020, vol. 9, no. 2, pp. 2037-2043.
3. Бирюков В.П. Определение влияния режимов лазерного упрочнения и дефокусировки луча на геометрические параметры зон закалки // Проблемы машиностроения и надежности машин. – 2018. – №6. – С. 81-88.
3. Biryukov V.P. Effect of laser strengthening and beam defocusing on the geometrical parameters of hardened zones // Journal of Machinery Manufacture and Reliability. 2018, vol. 47, no. 6, pp. 550-556.
4. Li Y., Liu X., Dong S., Ren X., Yan X., Xu D. Influence of laser power on interface characteristics and cracking behavior during laser remanufacturing of nodular cast iron // Engineering Failure Analysis. 2021, vol. 122, p. 105226.
5. Writzl V., Lima M.S.F., Guesser W.L., Possoli F.A.A., das Neves J.C.K., Borges P.C. Influence of laser-hardening on microstructure and hardness of plasma-nitrided compacted graphite iron // Optics & Laser Technology. 2021, vol. 144, p. 107441.

Алисин Валерий Васильевич – кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник
vva-imash@yandex.ru

Alisin Valery Vasilevich – candidate of technical sciences, leading scientific collaborator

Received 25.10.2022