

УДК 621.373.8

Влияние лазерной закалки на триботехнические свойства стали 45

Е.Г. Акунец¹, Д.М. Гуцев², В.Г. Кудрицкий², А.В. Максименко³, И.В. Царенко¹

¹ Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого»,
пр-т Октября, 48, г. Гомель 246029, Беларусь

² Институт механики металлополимерных систем имени В.А. Белого НАН Беларуси,
ул. Кирова, 32а, г. Гомель 246050, Беларусь

³ Учреждение образования «Гомельский государственный университет имени Франциска Скорины»,
ул. Советская, 104, г. Гомель 246028, Беларусь

Поступила в редакцию 21.01.2025.

После доработки 15.04.2025.

Принята к публикации 21.04.2025.

Исследовано влияние технологических параметров лазерной обработки на триботехнические характеристики стали 45, позволяющее разработать рекомендации для получения максимальной износостойкости. Проведена оценка влияния режимов лазерной обработки (тока накачки I , длительности импульса τ) на значения энергии в импульсе E , передаваемой на обрабатываемую поверхность. Изменение силы тока в диапазоне 60–120 А и времени импульса от 5 до 25 мс позволило получать изменение энергии в импульсе в пределах от 0,3 Дж до 4,1 Дж. Установлено, что триботехнические свойства поверхности, обработанной одинаковой энергией, но различными режимами воздействия отличаются. Износостойкость образца оценивали по ширине дорожки трения. Установлено, что влияние длительности импульса на триботехнические характеристики носит экстремальный характер: при токе накачки 60 А минимальный коэффициент трения и максимальная износостойкость были получены при длительности импульса 20 мс. Увеличение длительности импульса более 20 мс приводит к отслаиванию ламинарных фрагментов на поверхности и ухудшению триботехнических параметров.

Ключевые слова: триботехнические характеристики, углеродистая сталь, лазерная обработка, энергия в импульсе, длительность импульса, ток накачки, упрочнение, износостойкость, морфология поверхности, микротвердость, коэффициент трения.

DOI: 10.32864/0202-4977-2025-46-2-111-120

Адрес для переписки:

Е.Г. Акунец
Учреждение образования «Гомельский государственный
технический университет имени П.О. Сухого»,
пр-т Октября, 48, г. Гомель 246029, Беларусь
e-mail: gggu2003@mail.ru

Для цитирования:

Е.Г. Акунец, Д.М. Гуцев, В.Г. Кудрицкий, А.В. Максименко,
И.В. Царенко.
Влияние лазерной закалки на триботехнические свойства стали 45.
Трение и износ.
2025. – Т. 46, № 2. – С. 111–120.
DOI: 10.32864/0202-4977-2025-46-2-111-120

Address for correspondence:

E.G. Akunets
Sukhoi State Technical University of Gomel,
Prospect Octiabria, 48, Gomel 246029, Belarus
e-mail: gggu2003@mail.ru

For citation:

E.G. Akunets, D.M. Gutsev, V.G. Kudrytski, A.V. Maksimenko, and
I.V. Tsarenko.
[Laser Treatment Influence on Tribotechnical Properties of Steel 45].
Trenie i Iznos.
2025, vol. 46, no. 2, pp. 111–120 (in Russian).
DOI: 10.32864/0202-4977-2025-46-2-111-120

Laser Treatment Influence on Tribotechnical Properties of Steel 45

E.G. Akunets¹, D.M. Gutsev², V.G. Kudrytski², A.V. Maksimenko³, and I.V. Tsarenko¹

¹ Sukhoi State Technical University of Gomel,
Prospect Octiabria, 48, Gomel 246029, Belarus

²V.A. Belyi Metal-Polymer Research Institute of National Academy of Sciences of Belarus,
Kirova st., 32a, Gomel 246050, Belarus

³Francisk Skorina Gomel State University,
Sovetskaya str., 104, Gomel 246028, Belarus

Received 21.01.2024.

Revised 15.04.2024.

Accepted 21.04.2025.

Abstract

The influence of technological parameters of laser processing on tribotechnical characteristics of steel 45 has been investigated, allowing to develop recommendations for obtaining maximum wear resistance. The influence of laser processing modes (pump current I , pulse duration τ) on the values of energy in the pulse E transferred to the surface to be processed has been evaluated. Changing the current strength in the range of 60–120 A and pulse time from 5 to 25 ms allowed to obtain the change of energy in the pulse in the range from 0.3 J to 4.1 J. It was found that tribotechnical properties of the surface treated with the same energy but different modes of exposure differ. The wear resistance of the sample was estimated by the width of the friction track. It was found that the influence of pulse duration on tribotechnical characteristics is extreme: at pumping current of 60 A the minimum friction coefficient and maximum wear resistance were obtained at pulse duration of 20 ms. Increase of pulse duration more than 20 ms leads to lamellar fragments peeling off on the surface and deterioration of tribotechnical parameters.

Keywords: tribotechnical characteristics, carbon steel, laser treatment, pulse energy, pulse duration, pump current, hardening, wear resistance, surface morphology, microhardness, friction coefficient.

DOI: 10.32864/0202-4977-2025-46-2-111-120

Адрес для переписки:

Е.Г. Акунец
Учреждение образования «Гомельский государственный
технический университет имени П.О. Сухого»,
пр-т Октября, 48, г. Гомель 246029, Беларусь
e-mail: gggu2003@mail.ru

Для цитирования:

Е.Г. Акунец, Д.М. Гуцев, В.Г. Кудрицкий, А.В. Максименко,
И.В. Царенко.
Влияние лазерной закалки на триботехнические свойства стали 45.
Трение и износ.
2025. – Т. 46, № 2. – С. 111–120.
DOI: 10.32864/0202-4977-2025-46-2-111-120

Address for correspondence:

E.G. Akunets
Sukhoi State Technical University of Gomel,
Prospect Octiabria, 48, Gomel 246029, Belarus
e-mail: gggu2003@mail.ru

For citation:

E.G. Akunets, D.M. Gutsev, V.G. Kudrytski, A.V. Maksimenko, and
I.V. Tsarenko.
[Laser Treatment Influence on Tribotechnical Properties of Steel 45].
Trenie i Iznos.
2025, vol. 46, no. 2, pp. 111–120 (in Russian).
DOI: 10.32864/0202-4977-2025-46-2-111-120

Список использованных источников

1. **Ведерникова И.И., Полетаев В.А.** Применение лазерного модифицирования для упрочнения рабочих поверхностей деталей машин // *Journal of Advanced Research in Technical Science*. — 2019 (15), 18—25
2. **Григорьянц А.Г., Шиганов И.Н., Мисуров А.И.** Технологические процессы лазерной обработки: учебное пособие / под ред. А.Г. Григорьянца. — Москва: МГТУ им. Баумана. — 2006
3. **Астапчик С.А., Голубев В.С., Маклаков А.Г.** Лазерные технологии в машиностроении и металлообработке. — Минск: Беларус. навука. — 2008
4. **Белый А.В., Калинин А.С., Кукареко В.А., Девойно О.Г.** Инженерия поверхностей конструкционных материалов с использованием плазменных и пучковых технологий. — Минск: Белорусская наука. — 2017
5. **Zhang H., Shi Y., Xu C.Y., and Kutsuna M.** Surface Hardening of Gears by Laser Beam Processing // *Surface Engineering*. — 2003 (19), no. 2, April, 134—136
6. **Mordike B.L.** Improvement of Wear Properties by Laser Surface Treatment // *Proc. 3rd European Conf. «Laser Treatment of Materials. ECLAT'90» 2 Vol.* Eds. H.W. Bergmann, R. Kupfer. — 1990 (1), 371—376
7. **Сафонов А.Н.** Изучение структуры и твердости поверхности железоуглеродистых сплавов после их оплавления лазерным излучением // *МиТОМ*. — 1999, № 1, 7—10
8. **Петроченко С.В., Хао Ц., Юй С., Чжао К.** Оценка влияния параметров режима лазерной закалки на качество поверхности и поверхностного слоя деталей станков (обзор) // *Омский научный вестник*. — 2024 (1), 56—62
9. **Огин П.А., Мерсон Д.Л., Яреско С.И.** Влияние мощности лазерного излучения и скорости движения луча на геометрию зоны оплавления при лазерной закалке стали 40X // *Вектор науки Тольяттинского государственного университета*. — 2016 (36), № 2, 46—51
10. **Афанасьева Л.Е., Барабонова И.А., Ботьянов В., Раткевич Г.В., Гречишкин Р.М.** Структурные фазовые превращения в быстрорежущей стали при лазерной закалке с оплавлением поверхности многоканальным CO₂ лазером // *Упрочняющие технологии и покрытия*. — 2013 (104), № 8, 10—13
11. **Мышковец В.Н., Максименко А.В., Шалупаев С.В., Юркевич С.Н.** Лазерная установка с оптоволоконной приставкой и процессы сварки изделий из нержавеющей стали // *Материалы. Технологии. Инструменты*. — 2003 (8), № 4, 84—87
12. **Установка для лазерной обработки:** пат. РФ 34426, МПК7 В 23К 26/00, В 23К 26/02, В 23К 26/03, В 23К 26/067. заявл. 11.06.2003; опубл. 10.12.2003. / А.А. Бренько, В.Н. Мышковец, А.В. Максименко, В.И. Рыбин, А.Н. Тучин, С.Н. Юркевич, Е.Г. Прищепов
13. **Григорьев А.Я., Гуцев Д.М., Зозуля А.П., Ковалева И.Н., Кудрицкий В.Г., Мышкин Н.К., Семенюк М.С.** Возвратно-поступательный миллитрибометр МТУ-2К7 // *Трение и износ*. — 2014 (35), № 6, 664—669
14. **Коваленко В.С., Головкин Л.Ф., Черненко В.С.** Упрочнение и легирование деталей машин лучом лазера. — Киев: Техника. — 1990

References

1. **Vedernikova I.I., Poletaev V.A.** Application of laser modification for hardening the working surfaces of machine parts // *Journal of Advanced Research in Technical Science*. — 2019, no. 15, 18—25 (in Russian)
2. **Grigorijnts A.G., Shiganov I.N., Misurov A.I.** Technologicheskie protsessy lazernoj obrabotki: uchebnoe posobie / pod red. A.G. Grigorijnts. — Moskva: MGTU im. Baumana. — 2006 (in Russian)
3. **Astapchik S.A., Golubev V.S., Maklakov A.G.** Laser technologies in mechanical engineering and metalworking. — Minsk: Belarus. Navuka. — 2008 (in Russian)
4. **Belyi A.V., Kalinichenko A.S., Kukareko V.A., Devoino O.G.** Engineering of surfaces of structural materials using plasma and beam technologies. — Minsk: Belarusian Science. — 2017 (in Russian)
5. **Zhang H., Shi Y., Xu C.Y., and Kutsuna M.** Surface Hardening of Gears by Laser Beam Processing // *Surface Engineering*. — 2003 (19), no. 2, April, 134—136
6. **Mordike B.L.** Improvement of Wear Properties by Laser Surface Treatment // *Proc. 3rd European Conf. «Laser Treatment of Materials. ECLAT'90» 2 Vol.* Eds. H.W. Bergmann, R. Kupfer. — 1990 (1), 371—376
7. **Safonov A.N.** Study of structure and surface hardness of iron-carbon alloys after their melting by laser radiation // *MiTOM*. — 1999 (1), 7—10 (in Russian)
8. **Petrochenko S.V., Hao C., Yu S., Zhao K.** Evaluation of the influence of laser hardening mode parameters on the surface quality and surface layer of machine tool parts (review) // *Omskiy nauchny vestnik*. — 2024 (1), 56—62 (in Russian)
9. **Ogin P.A., Merson D.L., Yaresko S.I.** Influence of laser radiation power and beam speed on the geometry of melting zone at laser hardening of steel 40X // *Vector of Science of Togliatti State University*. — 2016 (36), no. 2, 46—51 (in Russian)
10. **Afanasyeva L.E., Barabonova I.A., Botyanove V., Ratkevich G.V., Grechishkin R.M.** Structural phase transformations in high-speed steel during laser quenching with surface melting by multi-channel

- CO₂ laser // Strengthening technologies and coatings. — 2013 (**104**), no. 8, 10—13 (in Russian)
11. **Ustanovka dly lazernoj obrabotki:** Pat. RF 34426, MPK7 V 23K 26/00, B 23K 26/02, B 23K 26/03, B 23K 26/067. zayavl. 11.06.2003; opubl. 10.12.2003. / A.A. Brenjko, V.N. Myshkovets, A.V. Maksimenko, V.I. Rybin, A.N. Tuchin, S.N. Urkevicvh, E.G. Prizhepov (in Russian)
 12. **Myshkovets V.N., Maximenko A.V., Shalupav S.V., Yurkevich S. N.** Laser installation with a fibre-optical prefix and processes of welding of the products of stainless steel // Materials, Technologies, Tools. — 2003 (**8**), № 4, 84—87 (in Russian)
 13. **Grigoriev A.Ya., Gutsev D.M., Zozulya A.P., Kovaliova I.N., Kudrytski V.G., Myshkin N.K., and Semenyuk M.S.** Reciprocating MTU2K7 Millitribometer // Journal of Friction and Wear. — 2014 (**35**), no. 6, 455—459
 14. **Kovalenko V.S., Golovko L.F., Chernenko V.S.** Uprochnenie I legirovanie detalej mashin luchem lazera. — Kiev: Tehnika. — 1990 (in Russian)

Для приобретения полного текста статьи, обращайтесь в редакцию журнала.
Адрес редакции: 246050, ул. Кирова 32а, г. Гомель, Беларусь. Телефон/факс: +375 (232) 34 06 36 / 34 17 11
Full text of articles can be purchased from the editorial office.
Address: 32a Kirov Street, Gomel, Belarus, 246050. Phone: +375 (232) 34 06 36. Fax: +375 (232) 34 17 11
E-mail: FWJ@tut.by