

УДК 620.181.5

Взаимосвязь износостойкости быстрорежущей стали Р6М5 и деформаций, возникающих при лазерном упрочнении

И.А. Пинахин¹, С. К. Шарма², М.А. Ягмуров¹, С.С. Врублевская¹, М.А. Шпак¹

¹Северо-Кавказский федеральный университет,
просп. Кулакова, 2, г. Ставрополь 355029, Россия

²Пенджабский инженерный колледж (считается университетом),
Чандигарх, сектор - 12, Видья Путь, Чандигарх - 160012, Индия

Поступила в редакцию 15.02.2023.

После доработки 05.04.2023.

Принята к публикации 17.04.2023.

При помощи тензометрии проведены результаты исследований деформации образцов из быстрорежущей стали Р6М5, прошедших объёмное импульсное лазерное упрочнение (ОИЛУ) при различных режимах лазерного воздействия и топологии измерений (энергии лазерного облучения, расстояния от места облучения). Установлено, что имеют место деформации после обработки образцов ОИЛУ в продольном и поперечном сечении, что говорит об объёмном характере деформационных изменений в материале, и при этом наблюдаются ярко выраженные экстремумы относительных деформаций, зависящие от ранее перечисленных условий воздействия и измерения. Результаты испытаний на абразивный износ показали наибольший эффект ОИЛУ для энергии лазерного облучения 300 Дж и расстояния от места облучения 24 мм, что соответствует результатам тензометрии по определению относительных деформаций образцов. При этом полученный экстремум соответствует оптимальным режимам упрочнения при изменении относительной деформации в 1,06 раза и повышению износостойкости упрочнённых образцов в 2,3 раза. Возможность совместного использования (сходимости) результатов испытаний на абразивный износ и относительную деформацию образцов, позволяет рекомендовать применение метода тензометрии для определения оптимальных режимов ОИЛУ. Это позволит существенно снизить затраты по материалоемкости и трудоёмкости лабораторных испытаний, особенно, при определении оптимальных режимов ОИЛУ для изделий с переменными входными параметрами (структура и химический состав материалов, геометрические параметры изделий, режимы работы и т.п.).

Ключевые слова: износостойкость, упрочнение, лазер, режущие инструменты, быстрорежущая сталь, тензометрия, деформации, абразивный износ, ударная волна, ретроспективная рандомизация.

DOI: 10.32864/0202-4977-2023-44-2-158-166

Адрес для переписки:

И.А. Пинахин
Северо-Кавказский федеральный университет,
просп. Кулакова, 2, г. Ставрополь 355029, Россия
e-mail: ipinakhin@list.ru

Для цитирования:

И.А. Пинахин, С.К. Шарма, М.А. Ягмуров, С.С. Врублевская,
М.А. Шпак.

Взаимосвязь износостойкости быстрорежущей стали Р6М5 и деформаций, возникающих при лазерном упрочнении.
Трение и износ.

2023. — Т. 44, № 2. — С. 158–166.

DOI: 10.32864/0202-4977-2023-44-2-158-166

Address for correspondence:

I.A. Pinahin
North Caucasus Federal University,
Kulakova Avenue, 2, Stavropol 355029, Russia
e-mail: ipinakhin@list.ru

For citation:

I.A. Pinahin, S.K. Sharma, M.A. Yagmurov, S.S. Vrublevskaya, and
M.A. Shpak.

Correlation between Wear Resistance of R6M5 High-Speed Steel and Deformations Arising during Laser Hardening.
Trenie i Iznos.

2023, vol. 44, no. 2, pp. 158–166 (in Russian).

DOI: 10.32864/0202-4977-2023-44-2-158-166

Correlation between Wear Resistance of R6M5 High-Speed Steel and Deformations Arising during Laser Hardening

I.A. Pinahin¹, S.K. Sharma², M.A. Yagmurov¹, S.S. Vrublevskaya¹, and M.A. Shpack¹

¹North Caucasus Federal University,
Kulakova Avenue, 2, Stavropol 355029, Russia

²Punjab Engineering College (Deemed to be University),
Chandigarh, Sector - 12, Vidya Path, Chandigarh - 160012, India

Received 15.02.2023.

Revised 05.04.2023.

Accepted 17.04.2023.

Abstract

The researches of deformation of samples made from high-speed steel R6M5 and treated by the volumetric pulsed laser hardening (VPLH) under various laser exposure modes and measurement topology (laser radiation energy, distance from the irradiation site) were carried out using strain measurement. It was found that after volumetric pulsed laser hardening (VPLH) treatment of the samples there are deformations in the longitudinal and transverse sections. This fact indicates the volumetric nature of the deformation changes in the material, and at the same time, it shows the pronounced extremum of relative deformations, which depends on the previously listed conditions of exposure and measurement. The results of abrasive wear tests showed the greatest effect of the VPLH for the laser irradiation energy of 300 J and the distance from the irradiation site of 24 mm, which corresponds to the results obtained by the strain measurement for the determination of samples relative deformations. The received extremum corresponds to the optimal hardening modes when changing the relative deformation in 1.06 times and increasing of the hardened samples resistance in 2.3 times. The possibility of joint use (convergence) of the tests results for abrasive wear was determined using the method of retrospective (a posteriori) randomization. This allows recommending the strain measurement method for the optimal modes of VPLH determination and can help to significantly reduce the cost of material consumption and labor intensity of laboratory tests, especially in process of optimal modes determination for the samples with variable inputs (structure and chemical composition of materials, geometric parameters of products, operating modes, etc.)

Keywords: wear resistance, hardening, laser, cutting tools, high speed steel, tensometry.

DOI: 10.32864/0202-4977-2023-44-2-158-166

Адрес для переписки:

И.А. Пинахин
Северо-Кавказский федеральный университет,
просп. Кулакова, 2, г. Ставрополь 355029, Россия
e-mail: ipinakhin@list.ru

Для цитирования:

И.А. Пинахин, С.К. Шарма, М.А. Ягмуров, С.С. Врублевская,
М.А. Шпак.

Взаимосвязь износостойкости быстрорежущей стали Р6М5 и деформаций, возникающих при лазерном упрочнении.

Трение и износ.

2023. – Т. 44, № 2. – С. 158–166.

DOI: 10.32864/0202-4977-2023-44-2-158-166

Address for correspondence:

I.A. Pinahin
North Caucasus Federal University,
Kulakova Avenue, 2, Stavropol 355029, Russia
e-mail: ipinakhin@list.ru

For citation:

I.A. Pinahin, S.K. Sharma, M.A. Yagmurov, S.S. Vrublevskaya, and
M.A. Shpack.

Correlation between Wear Resistance of R6M5 High-Speed Steel and Deformations Arising during Laser Hardening.

Trenie i Iznos.

2023, vol. 44, no. 2, pp. 158–166 (in Russian).

DOI: 10.32864/0202-4977-2023-44-2-158-166

Список использованных источников

1. Zhao K., Yan G., Li J., Guo W., Gu J., and Li C. The Resistance to Wear and Thermal Cracking of Laser Surface Engineered P20 Steel // *Coatings*. — 2023 (13), no. 1, 97
2. Telasang G., Majumdar J.D., Padmanabham G., and Manna I. Wear and Corrosion behavior of Laser Surface Engineered AISI H13 Hot Working Tool Steel // *Surf. Coat. Technol.* — 2015 (261), 69—78
3. Ameri M., Ghaini F.M., and Torkamany M. Investigation into the Efficiency of a Fiber Laser in Surface Hardening of ICD-5 Tool Steel // *Opt. Laser. Technol.* — 2018 (107), 150—157
4. Zemlyanushnova N.Yu. and Zemlyanushnov N.A. To the Definition of Stress-Strain State of Springs during Recovering when Hardened // *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering*. — 2020 (971)
5. Moradi M., GhorbaniD., Moghadam M. K., KazaziM., Rouzbahani F., and Karazi S. Nd:YAG Laser Hardening of AISI 410 Stainless Steel: Microstructural Evaluation, Mechanical Properties, and Corrosion Behavior // *Journal of Alloys and Compounds*. — 2019 (795), 213—222
6. Soriano C., Leunda J., Lambarri J., García Navas V., and Sanz C. Effect of Laser Surface Hardening on the Microstructure, Hardness and Residual Stresses of Austempered Ductile Iron Grades // *Appl. Surf. Sci.* — 2011 (257), 7101—7106
7. Куксенова Л.И., Козлов Д.А. Сравнение влияния высокоэнергетических методов обработки поверхностей на трение и износ пары сталь 30ХГСН2А — сталь 30ХГСН2А // *Трение и износ*. — 2022 (43), № 3, 245—254
8. Chiang K.A. and Chen Y.C. Laser Surface Hardening of H13 Steel in the Melt Case // *Mater. Lett.* — 2005 (59), 1919—1923
9. Chen Z., Zhu Q., Wang J., Yun X., He B., and Luo J. Behaviors of 40Cr Steel Treated by Laser Quenching on Impact Abrasive Wear // *Opt. Laser. Technol.* — 2018 (103), 118—125
10. Пинахин И.А., Моради М., Ягмуров М.А., Врублевская С.С., Шпак М.А. Влияние износостойкости твердосплавных режущих инструментов на эффективность технологического процесса при тяжелых условиях резания // *Трение и износ*. — 2021 (42), № 6, 717—724
11. Пинахин И.А., Ягмуров М.А., Врублевская С.С., Даржания А.Ю., Шпак М.А. Повышение износостойкости однокарбидных твердых сплавов после объемного импульсного лазерного упрочнения // *Трение и износ*. — 2020 (41), № 6, 745—751
12. Пинахин И.А., Черниговский В.А., Брацихин А.А., Ягмуров М.А., Владыкина Ю.А. Комплексное исследование изменения износостойкости быстрорежущей стали Р6М5 после объемного импульсного лазерного упрочнения (ОИЛУ) // *Трение и износ*. — 2019 (40), № 3, 304—309
13. Zhao X., Wang B., Sun D., Li C., Han L., and Gu J. Effect of Pre-Existing VC Carbides on Nitriding and Wear behavior of Hot-Work Die Steel // *Appl. Surf. Sci.* — 2019 (486), 179—186
14. Мяленко В.И., Санкина О.В. Выбор геометрических параметров нанесения упрочняющих материалов на поверхности трения почворежущих деталей // *Трение и износ*. — 2022 (43), № 2, 176—183
15. Башков В.М., Кацев П.Г. Испытания режущего инструмента на стойкость. — М: Машиностроение. — 1985

References

1. Zhao K., Yan G., Li J., Guo W., Gu J., and Li C. The Resistance to Wear and Thermal Cracking of Laser Surface Engineered P20 Steel // *Coatings* — 2023 (13), no. 1, 97
2. Telasang G., Majumdar J.D., Padmanabham G., and Manna I. Wear and Corrosion behavior of Laser Surface Engineered AISI H13 Hot Working Tool Steel // *Surf. Coat. Technol.* — 2015 (261), 69—78
3. Ameri M., Ghaini F.M., and Torkamany M. Investigation into the Efficiency of a Fiber Laser in Surface Hardening of ICD-5 Tool Steel // *Opt. Laser. Technol.* — 2018 (107), 150—157
4. Zemlyanushnova N.Yu. and Zemlyanushnov N.A. To the Definition of Stress-Strain State of Springs during Recovering when Hardened // *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering*. — 2020 (971)
5. Moradi M., GhorbaniD., Moghadam M. K., KazaziM., Rouzbahani F., and Karazi S. Nd:YAG Laser Hardening of AISI 410 Stainless Steel: Microstructural Evaluation, Mechanical Properties, and Corrosion Behavior // *Journal of Alloys and Compounds*. — 2019 (795), 213—222
6. Soriano C., Leunda J., Lambarri J., García Navas V., and Sanz C. Effect of Laser Surface Hardening on the Microstructure, Hardness and Residual Stresses of Austempered Ductile Iron Grades // *Appl. Surf. Sci.* — 2011 (257), 7101—7106
7. Kuksenova, L.I., Kozlov, D.A. Comparison of the Influence of High-Energy Surface Treatment Methods on Friction and Wear of a 30KhGSN2A Steel (CSN 16532)—30KhGSN2A Steel (CSN 16532) Pair. *J. Frict. Wear* 43, 160—166 (2022)
8. Chiang K.A. and Chen Y.C. Laser Surface Hardening of H13 Steel in the Melt Case // *Mater. Lett.* — 2005 (59), 1919—1923
9. Chen Z., Zhu Q., Wang J., Yun X., He B., and Luo J. Behaviors of 40Cr Steel Treated by Laser Quenching on Impact Abrasive Wear // *Opt. Laser. Technol.* — 2018 (103), 118—125
10. Pinahin, I.A., Moradi, M., Yagmurov, M.A. et al. The Effect of Wear Resistance of Carbide Cutting Tools on the Technological Process Efficiency under Severe Cutting Conditions // *J. Frict. Wear.* —

- 2021 (42), 473—477
11. **Pinahin I.A., Shagrov M.N., Yagmurov M.A. et al.** Wear Resistance Increase of Single-Carbide Hard Alloys after Bulk Pulse-Laser Hardening // J. Frict. Wear. — 2020 (41), 554—558
 12. **Pinakhin I.A., Chernigovskij V.A., Bratsikhin A.A. et al.** Improving Wear Resistance of Fast-Cutting Steel R6M5 after a Volume Pulse Laser Strength. J. Frict. Wear. — 2019 (40), 239—243
 13. **Zhao X., Wang B., Sun D., Li C., Han L., and Gu J.** Effect of Pre-Existing VC Carbides on Nitriding and Wear behavior of Hot-Work Die Steel // Appl. Surf. Sci. — 2019 (486), 179—186
 14. **Myalenko V.I. and Sankina O.V.** Selection of Geometric Parameters for Applying Strengthening Materials on the Friction Surface of Soil-Cutting Parts // J. Frict. Wear. — 2022 (43), 119—123
 15. **Bashkov V.M., Katsev P.G.** Ispytaniya rezhushchego instrumenta na stoykost'. — M: Mashinostroyeniye. — 1985 (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