

УДК 620.181.5

Влияние износостойкости твердосплавных режущих инструментов на эффективность технологического процесса при тяжелых условиях резания

И.А. Пинахин¹, М. Моради², М.А. Ягмуров¹, С.С. Врублевская¹, М.А. Шпак¹

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

²Университет Ковентри,
Гулсон-роуд, Ковентри, CV1 2JH, Великобритания

Поступила в редакцию 23.03.2021.

После доработки 07.12.2021.

Принята к публикации 10.12.2021.

Приводятся результаты исследований влияния износостойкости твердосплавных режущих инструментов (токарных проходных резцов), прошедших объемное импульсное лазерное упрочнение (ОИЛУ) и работающих при тяжёлых условиях резания (черновой обработке, обдирке по литейной корке и т.п.), на эффективность технологического процесса обработки деталей (производительность обработки, себестоимость операции, инструментальные расходы). Показано, что повышение абразивной износостойкости твердосплавных режущих инструментов вследствие лазерного упрочнения позволяет увеличить значения входных параметров (режимов резания), в частности подачи, при достижении более высокой стабильности процесса резания, что выражается в повышении технико-экономических показателей обработки с учетом гамма-процентной стойкости. Оптимальная величина подачи при работе упрочнёнными объёмной импульсной лазерной обработкой инструментами увеличивается в 1,2—1,3 раза при росте производительности обработки в 1,1—1,2 раза, снижению себестоимости операции в 1,1—1,2 раза, снижению инструментальных расходов в 1,15—1,25 раз. В результате проведенных исследований были определены оптимальные режимы объемного импульсного лазерного упрочнения: энергия луча лазера 200 Дж (плотность энергии 52 ГДж/м²), длительность лазерного импульса 0,8 мс, диаметр луча лазера 2,0 мм, которые затем использовались для упрочнения режущего инструмента, применяемого при производственных испытаниях. Полученные результаты позволяют рекомендовать мероприятия по оптимизации режимов резания при черновой обработке при тяжелых условиях резания, а, именно, назначать режимы резания, исходя из оптимального значения подачи с учетом рассеивания стойкости инструментов (гама-процентной стойкости).

Ключевые слова: износостойкость, упрочнение, твердые сплавы, лазер, режущие инструменты, гамма-процентная стойкость.

DOI: 10.32864/0202-4977-2021-42-6-717-724

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, М. Моради, М.А. Ягмуров, С.С. Врублевская,
М.А. Шпак.
Влияние износостойкости твердосплавных режущих
инструментов на эффективность технологического процесса при
тяжелых условиях резания.
Трение и износ.
2021. — Т. 42, № 6. — С. 717—724.
DOI: 10.32864/0202-4977-2021-42-6-717-724

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, M. Moradi, M.A. Yagmurov, S.S. Vrublevskaya, and
M.A. Shpak.
[The Effect of Carbide Cutting Tools Wear Resistance on the
Technological Process Efficiency under Severe Cutting Conditions].
Trenie i Iznos.
2021, vol. 42, no. 6, pp. 717—724 (in Russian).
DOI: 10.32864/0202-4977-2021-42-6-717-724

The Effect of Carbide Cutting Tools Wear Resistance on the Technological Process Efficiency under Severe Cutting Conditions

I.A. Pinahin¹, M. Moradi², M.A. Yagmurov¹, S.S. Vrublevskaya¹, and M.A. Shpack¹

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

²Coventry University,
Goolson Road, Coventry, CV1 2JH, UK

Received 23.03.2021.

Revised 07.12.2021.

Accepted 10.12.2021.

Abstract

The results of the wear resistance effect of hard-alloy cutting tools (lathe cutters) treated by volumetric pulsed laser hardening (OILH) and operating in the severe cutting conditions (rough processing, peeling along the casting crust, etc.), on the technological process efficiency of the parts processing (processing productivity, operation cost, tool cost) are presented in the article. Bulk pulsed laser hardening was carried out using a solid-state laser with an active element based on yttrium aluminum garnet with neodymium Nd: YAG LIS-200 in a single-mode free-running mode. Samples from the VK8M hard alloy were investigated in this work. It is shown that increasing the abrasive wear resistance of carbide cutting tools due to laser hardening allows to increase the value of the input parameters (cutting modes). In particular, increasing of feed and higher stability of the cutting process, which is expressed in an increase in the technical and economic parameters of processing, taking into account the gamma percentage firmness. The optimal feed rate when working with tools strengthened by volumetric pulsed laser processing increases by 1.2—1.3 times with an increase in processing productivity by 1.1—1.2 times, a decrease in the cost of an operation by 1.1—1.2 times, reduction of instrumental costs by 1.15—1.25 times. The optimal modes of volumetric pulsed laser hardening were determined in the work: laser beam energy 200 J (energy density 52 GJ/m²), laser pulse duration 0.8 ms, laser beam diameter 2.0 mm. The optimal modes were then used for hardening cutting tool used in production tests. The obtained results allow recommending the measures for optimization of cutting conditions during roughing in the severe cutting conditions. More specifically, to prescribe cutting conditions based on the optimal feed value, taking into account the dispersion of tool life (gamma-percent resistance).

Keywords: wear resistance, hardening, carbide alloys, laser, cutting tools, gamma-percent resistance.

DOI:10.32864/0202-4977-2021-42-6-717-724

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, М. Моради, М.А. Ягмуров, С.С. Врублевская,
М.А. Шпак.
Влияние износостойкости твердосплавных режущих
инструментов на эффективность технологического процесса при
тяжелых условиях резания.
Трение и износ.
2021. — Т. 42, № 6. — С. 717—724.
DOI: 10.32864/0202-4977-2021-42-6-717-724

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, M. Moradi, M.A. Yagmurov, S.S. Vrublevskaya, and
M.A. Shpack.
[The Effect of Carbide Cutting Tools Wear Resistance on the
Technological Process Efficiency under Severe Cutting Conditions].
Trenie i Iznos.
2021, vol. 42, no. 6, pp. 717—724 (in Russian).
DOI: 10.32864/0202-4977-2021-42-6-717-724

Список использованных источников

1. Охлупин Д.Н., Королев А.В., Синев И.В. Механизм дискретного трения металлического инструмента с поликристаллическим алмазным покрытием деталей // Трение и износ. — 2020 (41), № 6, 725—730
2. 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)
3. Gonzalez-Ortiz D., Salameha C., Bechelanya M., and Miele P. Nanostructured Boron Nitride-Based Materials: Synthesis and Applications // Materials Today Advances. — 2020 (8), 100—107
4. Lasota I., Protsenko V., Matyushkin A., Kuznetsov M., and Gook S. Laser Surface Hardening of Engine Camshaft Cams // Materials Today: Proceedings. — 2020 (30), Part 3, 478—482
5. Moradi M., Moghadam M.K., and Kazazi M. Improved Laser Surface Hardening of AISI 4130 Low Alloy Steel with Electrophoretically Deposited Carbon Coating // Optik. — 2018 (178), 614—622
6. Moradi M., Ghorbani D., Moghadam M.K., Kazazi M., 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
7. Moradi M., Arabi H., Nasab S.J., and Benyounis K.Y. A Comparative Study of Laser Surface Hardening of AISI 410 and 420 Martensitic Stainless Steels by Using Diode Laser // Optics & Laser Technology. — 2019 (111), 347—357
8. Pinahin Igor A., Yagmurov Michael A., and Vrublevskaya Svetlana S. Investigation into Strength T5K10 Hard Alloy after Volumetric Pulsed Laser Hardening (VPLH) // Materials Today: Proceedings. — 2019 (19), 2221—2225
9. Пинахин И.А., Шагров М.Н., 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
10. Башков В.М., Кацев П.Г. Испытания режущего инструмента на стойкость. — М: Машиностроение. — 1985
11. Pinahin I.A., Chernigovskii V.A., Bratskhin A.A., Yagmurov M.A., and Sugarov Kh.R. Investigation into Physicomechanical Properties of VK6, VK8, and T5K10 Hard Alloys after Volumetric Pulsed Laser Hardening // Inorganic Materials. — 2018 (54), no. 15, 19—22
12. Nowotny S., Berger L.-M., and Spatzier J. Coatings by Laser Cladding // Comprehensive Hard Materials. Reference Module in Materials Science and Materials Engineering. — 2014 (1), 507—525
13. Скибин В.В., Абанкин В.И. Выбор подачи с учетом рассеивания стойкости твердосплавных резцов // в сб. «Надежность режущего инструмента», вып. 2. — Киев: Вища школа. — 1975, 39—42
14. Ahsan K., Mazid A., Clegg R., and Pang G. Study on Carbide Cutting Tool Life Using Various Cutting Speeds for α - β Ti-Alloy Machining // Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering. — 2012 (55), 600—606
15. Dörre A., Huang C.-Y., and Emura T. Likelihood-Based Analysis of Doubly-Truncated Data under the Location-Scale and AFT Model // Computational Statistics. — 2021 (36), 242—246
16. Клушин М.И. Резание металлов. — Горький: ГПИ. — 1970

References

1. Okhlupin D.N., Korolev A.V., and Sinev I.V. Discrete Friction Mechanisms of a Metal Tool with Polycrystalline Diamond-Coated Detail // Journal of Friction and Wear. — 2020 (41), no. 6, 538—542
2. 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)
3. Gonzalez-Ortiz D., Salameha C., Bechelanya M., and Miele P. Nanostructured Boron Nitride-Based Materials: Synthesis and Applications // Materials Today Advances. — 2020 (8), 100—107
4. Lasota I., Protsenko V., Matyushkin A., Kuznetsov M., and Gook S. Laser Surface Hardening of Engine Camshaft Cams // Materials Today: Proceedings. — 2020 (30), Part 3, 478—482
5. Moradi M., Moghadam M.K., and Kazazi M. Improved Laser Surface Hardening of AISI 4130 Low Alloy Steel with Electrophoretically Deposited Carbon Coating // Optik. — 2018 (178), 614—622
6. Moradi M., Ghorbani D., Moghadam M.K., Kazazi M., 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
7. Moradi M., Arabi H., Nasab S.J., and Benyounis K.Y. A Comparative Study of Laser Surface Hardening of AISI 410 and 420 Martensitic Stainless Steels by Using Diode Laser // Optics & Laser Technology. — 2019 (111), 347—357
8. Pinahin Igor A., Yagmurov Michael A., and Vrublevskaya Svetlana S. Investigation into Strength T5K10 Hard Alloy after Volumetric Pulsed Laser Hardening (VPLH) // Materials Today: Proceedings. — 2019 (19), 2221—2225
9. Pinahin I.A., Shagrov M.N., Yagmurov M.A., Vrublevskaya S.S., Darzhaniya A.Yu., Shpak M.A. Wear Resistance Increase of Single-

- Carbide Hard Alloys after Bulk Pulse-Laser Hardening // Journal of Friction and Wear. — 2020 (41), no. 6, 554—558
10. **Bashkov V.M., Katsev P.G.** Ispytaniya rezhushchego instrumenta na stoykost'. — M: Mashinostroyeniye. — 1985 (in Russian)
 11. **Pinakhin I.A., Chernigovskii V.A., Bratsikhin A.A., Yagmurov M.A., and Sugarov Kh.R.** Investigation into Physicomechanical Properties of VK6, VK8, and T5K10 Hard Alloys after Volumetric Pulsed Laser Hardening // Inorganic Materials. — 2018 (54), no. 15, 19—22
 12. **Nowotny S., Berger L.-M., and Spatzier J.** Coatings by Laser Cladding // Comprehensive Hard Materials. Reference Module in Materials Science and Materials Engineering. — 2014 (1), 507—525
 13. **Skibin V.V., Abankin V.I.** Vybor podachi s uchetom rasseivaniya stoykosti tverdosplavnykh reztsov // v sb. «Nadezhnost' rezhushchego instrumenta», vyp. 2. — Kiyev: Vishcha shkola. — 1975, 39—42 (in Russian)
 14. **Ahsan K., Mazid A., Clegg R., and Pang G.** Study on Carbide Cutting Tool Life Using Various Cutting Speeds for α - β Ti-Alloy Machining // Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering. — 2012 (55), 600—606
 15. **Dörre A., Huang C.-Y., and Emura T.** Likelihood-Based Analysis of Doubly-Truncated Data under the Location-Scale and AFT Model // Computational Statistics. — 2021 (36), 242—246
 16. **Klushin M.I.** Rezhaniye metallov. — Gor'kiy: GPI. — 1970 (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