

УДК 621.9.025.7

Влияние покрытий на основе нитридов циркония и титана на трибодетформационные процессы трения в условиях резания твердосплавными пластинами

Е.В. Фоминов, М.М. Алиев, К.Г. Шучев, А.В. Фоменко

Донской государственный технический университет,
пл. Гагарина, 1, г. Ростов-на-Дону 344000, Россия

Поступила в редакцию 11.10.2023.

После доработки 08.02.2024.

Принята к публикации 15.02.2024.

Статья посвящена экспериментальному исследованию влияния износостойких покрытий ZrN, TiN+ZrN, (Ti-Zr)N, ZrN-(Ti-Zr)N-TiN, TiN, нанесённых на пластинки твёрдого сплава T15K6, на триботехнические и деформационные характеристики процесса точения заготовок из сталей 45 и 12X18H10T, и последующему сравнению расчётных значений максимальных температур передней поверхности резца. При обработке стали 45 значительное снижение контактной и средней температуры в зоне резания обеспечивает сочетание трибологических и деформационных показателей при использовании композиций TiN+ZrN и ZrN+(Ti,Zr)N+TiN. При точении нержавеющей стали 12X18H10T наличие покрытий на твердосплавных пластинах в меньшей степени повлияло на ход деформационных процессов. Основное воздействие от модификации рабочих поверхностей инструмента заключается в изменении толщины зоны вторичных пластических деформаций и уменьшении длины контакта стружки с передней поверхностью. Наибольший эффект в области снижения поверхностных температур за счёт влияния на комплекс трибодетформационных показателей и усиления термодиссипативных возможностей контактной зоны в этом случае демонстрируют покрытия ZrN и ZrN+(Ti,Zr)N+TiN. По результатам натурных опытов и цифрового моделирования с использованием полученных экспериментальных данных установлено, что температурные распределения на участке трибосопряжения стружки с поверхностью твердого сплава при наличии на нем многослойного покрытия связаны с изнашиванием металлорежущего инструмента, что позволяет оценивать воздействие износостойких покрытий через изменение температурного режима в контактной зоне. Такое влияние модификации поверхности на комплекс трибодетформационных показателей, определяющих в том числе и характер распределения контактных температур, следует учитывать при разработке новых композиций и структур износостойких покрытий наряду с их физико-механическими свойствами на микроуровне.

Ключевые слова: твердые сплавы, многослойные (комбинированные) покрытия, пластические деформации, температура в зоне резания, износостойкость.

DOI: 10.32864/0202-4977-2024-45-1-29-37

Адрес для переписки:

Е.В. Фоминов, М.М. Алиев
Донской государственный технический университет,
пл. Гагарина, 1, г. Ростов-на-Дону 344000, Россия
e-mail: fominoff83@mail.ru, m_aliev62@mail.ru

Address for correspondence:

E.V. Fominov, M.M. Aliev
FSBEI HE "Don State Technical University",
sq. Gagarina, 1, Rostov-on-Don 344000, Rostov region, Russia
e-mail: fominoff83@mail.ru, m_aliev62@mail.ru

Для цитирования:

Е.В. Фоминов, М.М. Алиев, К.Г. Шучев, А.В. Фоменко.
Влияние покрытий на основе нитридов циркония и титана на трибодетформационные процессы трения в условиях резания твердосплавными пластинами.
Трение и износ.
2024. — Т. 45, № 1. — С. 29—37.
DOI: 10.32864/0202-4977-2024-45-1-29-37

For citation:

E.V. Fominov, M.M. Aliev, K.G. Shuchev, and A.V. Fomenko.
[The Influence of Zirconium and Titanium Nitrides Based Coatings on Tribodeformation Processes of Friction While Cutting by Carbide Inserts].
Trenie i Iznos.
2024, vol. 45, no. 1, pp. 29—37 (in Russian).
DOI: 10.32864/0202-4977-2024-45-1-29-37

The Influence of Zirconium and Titanium Nitrides Based Coatings on Tribodeformation Processes of Friction While Cutting by Carbide Inserts

E.V. Fominov, M.M. Aliev, K.G. Shuchev, and A.V. Fomenko

FSBEI HE “Don State Technical University”,
sq. Gagarina, 1, Rostov-on-Don 344000, Rostov region, Russia

Received 11.10.2023.

Revised 08.02.2024.

Accepted 15.02.2024.

Abstract

The article is devoted to an experimental study of the influence of wear-resistant coatings ZrN, TiN+ZrN, (Ti-Zr)N, ZrN-(Ti-Zr)N-TiN, TiN, deposited on T15K6 hard alloy inserts, on the tribological and deformation characteristics of the process of turning steel workpieces 45 and 12X18H10T, and subsequent comparison of the calculated values of the maximum temperatures of the rake face of the lathe cutter. When processing steel 45, a significant reduction in contact and average temperature in the cutting zone is ensured by a combination of tribological and deformation indicators when using TiN+ZrN and ZrN+(Ti,Zr)N+TiN compositions. When turning stainless steel 12X18H10T, the presence of coatings on carbide inserts had a lesser effect on the course of deformation processes. The main effect of modifying the working surfaces of the tool is to change the thickness of the zone of secondary plastic deformations and reduce the length of contact of the chips with the rake surface. In this case, the greatest effect in reducing surface temperatures due to the influence on the complex of tribostrain indicators and enhancing the thermodissipative capabilities of the contact zone is demonstrated by ZrN and ZrN+(Ti,Zr)N+TiN coatings. Based on the results of full-scale experiments and digital modeling using the obtained experimental data, it was established that the temperature distributions in the area of tribocoupling of chips with the surface of a hard alloy in the presence of a multilayer coating on it are associated with the wear of a metal-cutting tool, which makes it possible to evaluate the impact of wear-resistant coatings through changes in the temperature regime in contact zone. This influence of surface modification on a set of tribostrain indicators, which also determine the nature of the distribution of contact temperatures, should be taken into account when developing new compositions and structures of wear-resistant coatings along with their physical and mechanical properties at the microlevel.

Keywords: hard alloys, multilayer (combined) coatings, plastic deformation, cutting zone’s temperature, wear resistance.

DOI: 10.32864/0202-4977-2024-45-1-29-37

Адрес для переписки:

Е.В. Фоминов, М.М. Алиев
Донской государственный технический университет,
пл. Гагарина, 1, г. Ростов-на-Дону 344000, Россия
e-mail: fominoff83@mail.ru, m_aliev62@mail.ru

Для цитирования:

Е.В. Фоминов, М.М. Алиев, К.Г. Шучев, А.В. Фоменко.
Влияние покрытий на основе нитридов циркония и титана на
трибодформационные процессы трения в условиях резания
твердосплавными пластинами.
Трение и износ.
2024. – Т. 45, № 1. – С. 29–37.
DOI: 10.32864/0202-4977-2024-45-1-29-37

Address for correspondence:

E.V. Fominov, M.M. Aliev
FSBEI HE “Don State Technical University”,
sq. Gagarina, 1, Rostov-on-Don 344000, Rostov region, Russia
e-mail: fominoff83@mail.ru, m_aliev62@mail.ru

For citation:

E.V. Fominov, M.M. Aliev, K.G. Shuchev, and A.V. Fomenko.
[The Influence of Zirconium and Titanium Nitrides Based Coatings on
Tribodeformation Processes of Friction While Cutting by Carbide
Inserts].
Trenie i Iznos.
2024, vol. 45, no. 1, pp. 29–37 (in Russian).
DOI: 10.32864/0202-4977-2024-45-1-29-37

Список использованных источников

1. Мигранов М.Ш., Шустер Л.Ш. Износостойкость режущего инструмента с многослойными покрытиями // Трение и износ. — 2005 (26), № 3, 304—307
2. Vereschaka A., Tabakov V., Grigoriev S., Sitnikov N., Milovich F., Andreev N., and Bublikov J. Investigation of Wear Mechanisms for the Rake Face of a Cutting Tool with a Multilayer Composite Nanostructured Cr–CrN-(Ti,Cr,Al,Si)N Coating in High-Speed Steel Turning // Wear. — 2019 (438–439), 203069. DOI: 10.1016/j.wear.2019.203069
3. Рыжкин А.А. Синергетика изнашивания инструментальных материалов при лезвийной обработке: моногр. — Ростов-на-Дону: ДГТУ. — 2019
4. Zhao J., Liu Z., Wang B., Hu J., and Wan Yi. Tool Coating Effects on Cutting Temperature During Metal Cutting Processes: Comprehensive Review and Future Research Directions // Mechanical Systems and Signal Processing. — 2021 (150), 107302. <https://doi.org/10.1016/j.ymssp.2020.107302>
5. Лебедев В.А., Алиев М.М., Фоминов Е.В., Фоменко А.В., Марченко А.А., Мироненко А.Е. Термоэлектрические характеристики процесса точения стальных заготовок твердосплавными пластинами с комбинированными покрытиями // Трение и износ. — 2023 (44), № 2, 114—121
6. Чичинадзе А.В., Шучев К.Г., Рыжкин А.А., Филипчук А.И., Климов М.М. Температурный режим при трении инструментальных материалов с учётом объёмности источника тепловыделения // Трение и износ. — 1986, № 7, 43—51
7. Фоминов Е.В., Марченко А.А., Сухомлинова В.В., Пятницкая О.А., Гладких Д.И. Моделирование температурного распределения на передней поверхности токарного резца с учётом геометрических параметров зоны вторичных пластических деформаций // Транспортное машиностроение. — 2023 (14), № 2, 4—11. <https://doi.org/10.30987/2782-5957-2023-2>
8. Čorić D., Šnajdar Musa M., Sakoman M., and Alar Ž. Analysis of Different Complex Multilayer PACVD Coatings on Nanostructured WC-Co Cemented Carbide // Coatings. — 2021 (11), no. 823. <https://doi.org/10.3390/coatings11070823>
9. Wang M., Liu Y., Chen H., Wang L., and Hu D. First-Principles Calculations of Interfacial Structure and Properties between WC Substrate and TiN Coating Based on Density Functional Theory // Coatings. — 2022 (12), 1076. <https://doi.org/10.3390/coatings12081076>
10. Frank F., Tkadletz M., Czettel C., and Schalk N. Microstructure and Mechanical Properties of ZrN, ZrCN and ZrC Coatings Grown by Chemical Vapor Deposition // Coatings. — 2021 (11), 491. DOI: 10.3390/coatings11050491
11. Tao H., Zhylinski V., Vereschaka A., Chayuski V., Yuanming H., Milovich F., Sotova C., Seleznev A., and Salychits O. Comparison of the Mechanical Properties and Corrosion Resistance of the Cr–CrN, Ti–TiN, Zr–ZrN, and Mo–MoN Coatings // Coatings. — 2023 (13), 750. <https://doi.org/10.3390/coatings13040750>
12. Vereschaka A., Sitnikov N., Volosova M., Seleznev A., Sotova C., and Bublikov J. Investigation of Properties of the Zr,Hf-(Zr,Hf)N-(Zr,Hf,Me,Al)N Coatings, Where Me Means Cr, Ti, or Mo // Coatings. — 2021 (11), no. 12, 1471. <https://doi.org/10.3390/coatings11121471>

References

1. Migranov M.S. and Shuster L. Sh. Wear Resistance of Cutting Tools with Multilayer Coatings // Friction and Wear. — 2005 (26), no. 3, 71—74
2. Vereschaka A., Tabakov V., Grigoriev S., Sitnikov N., Milovich F., Andreev N., and Bublikov J. Investigation of Wear Mechanisms for the Rake Face of a Cutting Tool with a Multilayer Composite Nanostructured Cr–CrN-(Ti,Cr,Al,Si)N Coating in High-Speed Steel Turning // Wear. — 2019 (438–439), 203069. DOI: 10.1016/j.wear.2019.203069
3. Ryzhkin A.A. Synergetics of tool materials' wear during blade processing: monograph. — Rostov-na-Donu: DSTU. — 2019 (in Russian)
4. Zhao J., Liu Z., Wang B., Hu J., and Wan Yi. Tool Coating Effects on Cutting Temperature during Metal Cutting Processes: Comprehensive Review and Future Research Directions // Mechanical Systems and Signal Processing. — 2021 (150), 107302. <https://doi.org/10.1016/j.ymssp.2020.107302>
5. Lebedev V.A., Aliev M.M., Fominov E.V., Fomenko A.V., Marchenko A.A., and Mironenko A.E. Thermoelectric Characteristics of the Process Steel Turning by Carbide Inserts with Combined Coatings // Friction and Wear. — 2023 (44), no. 2, 114—121
6. Chichinadze A.V., Shuchev K.G., Ryzhkin A.A., Filipchuk A.I., and Klimov M.M. Temperature Regime during Friction of Tool Materials Taking into Account the Volume of the Heat Source // Friction and Wear. — 1986, № 7, 43—51
7. Fominov E.V., Marchenko A.A., Sukhomlinova V.V., Pyatnitskaya O.A., Gladkikh D.I. Modeling of temperature distribution on the front surface of a turning tool taking into account the geometric parameters of the zone of secondary plastic deformations // Transport engineering. — 2023 (14), № 2, 4—11. <https://doi.org/10.30987/2782-5957-2023-2> (in Russian)
8. Čorić D., Šnajdar Musa M., Sakoman M., and Alar Ž. Analysis of Different Complex Multilayer PACVD Coatings on Nanostructured WC-Co Cemented Carbide // Coatings. — 2021 (11), no. 823.

- <https://doi.org/10.3390/coatings11070823>
9. **Wang M., Liu Y., Chen H., Wang L., and Hu D.** First-Principles Calculations of Interfacial Structure and Properties between WC Substrate and TiN Coating Based on Density Functional Theory // *Coatings*. — 2022 (12), 1076. <https://doi.org/10.3390/coatings12081076>
 10. **Frank F., Tkadletz M., Czettl C., and Schalk N.** Microstructure and Mechanical Properties of ZrN, ZrCN and ZrC Coatings Grown by Chemical Vapor Deposition // *Coatings*. — 2021 (11), 491. Doi: [10.3390/coatings11050491](https://doi.org/10.3390/coatings11050491)
 11. **Tao H., Zhylinski V., Vereschaka A., Chayuski V., Yuanming H., Milovich F., Sotova C., Seleznev A., and Salychits O.** Comparison of the Mechanical Properties and Corrosion Resistance of the Cr-CrN, Ti-TiN, Zr-ZrN, and Mo-MoN Coatings // *Coatings*. — 2023 (13), 750. <https://doi.org/10.3390/coatings13040750>.
 12. **Vereschaka A., Sitnikov N., Volosova M., Seleznev A., Sotova C., and Bublikov J.** Investigation of Properties of the Zr,Hf-(Zr,Hf)N-(Zr,Hf,Me,Al)N Coatings, Where Me Means Cr, Ti, or Mo // *Coatings*. — 2021 (11), no. 12, 1471. <https://doi.org/10.3390/coatings11121471>

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@mpri.org.by