

УДК 621.9.047:669:538.8

В. М. Шеменков, Ф. Г. Ловшенко, Г. Ф. Ловшенко

**ВЛИЯНИЕ ТЛЕЮЩЕГО РАЗРЯДА НА МЕХАНИЧЕСКИЕ И
ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ СВОЙСТВА ПОВЕРХНОСТНОГО СЛОЯ
ОДНОКАРБИДНЫХ ТВЕРДЫХ СПЛАВОВ**

UDC 621.9.047:669:538.8

V. M. Shemenkov, F. G. Lovshenko, G. F. Lovshenko

**THE INFLUENCE OF GLOW DISCHARGE ON MECHANICAL AND
PERFORMANCE PROPERTIES OF THE SURFACE LAYER OF SINGLE-
CARBIDE HARD ALLOYS**

Аннотация

Представлены результаты исследования глубины модифицированного слоя, морфологии передней поверхности и стойкости пластин из твердого сплава VK8 в исходном состоянии и подвергнувшихся обработке при различных энергетических характеристиках тлеющего разряда.

Ключевые слова:

тлеющий разряд, твердый сплав, стойкость, термоЭДС.

Abstract

The paper gives the results of the investigation into the depth of the modified layer, the morphology of the face surface and the wear resistance of plates made of VK8 hard alloy in the initial state and after their being subjected to the treatment at different energy characteristics of the glow discharge.

Key words:

glow discharge, hard alloy, wear resistance, thermal EMF.

Введение

Повышение эксплуатационных характеристик твердосплавных инструментов является важной задачей, решение которой позволяет обеспечивать рост производительности труда, экономии дорогостоящих и дефицитных инструментальных материалов, энергии и трудовых ресурсов. Основными путями повышения эксплуатационных характеристик инструмента являются создание новых инструментальных материалов, а также улучшение качественных характеристик традиционно применяемых материалов.

Успехи в развитии вакуумной техники осаждения материалов, физики

плазмы, материаловедения, химии конденсированных состояний стимулировали широкое использование методов улучшения эксплуатационных характеристик инструментов.

Модифицирующая обработка твердых сплавов тлеющим разрядом [1] обеспечивает формирование уникальных структурно-фазовых состояний в их приповерхностных слоях, а также широкий масштаб модификации структуры – от кристаллической до зеренной [2, 3], что, в свою очередь, приводит к повышению механических и эксплуатационных свойств поверхностного слоя.

Целью данной работы являлось изучение влияния модифицирующей обработки тлеющим разрядом на глубину

модифицированного слоя твердых сплавов и их стойкость при обработке различных конструкционных материалов.

Методика исследования. Результаты исследования и их обсуждение

Исследование глубины модифицированного слоя и стойкости проводили на партии многогранных неплетачиваемых пластин из твердого сплава ВК8 в исходном состоянии и подвергнувшихся обработке при различных энергетических ха-

рактеристиках тлеющего разряда и времени обработки в нем.

Определение глубины модифицированного слоя осуществлялось при помощи определения микротвердости по глубине образца с нагрузкой 100 г в соответствии со стандартной методикой.

Оценка микротвердости осуществлялась по трем значениям для каждой глубины h в соответствии со схемой, представленной на рис. 1.



Рис. 1. Схема измерения микротвердости по глубине

Полученные данные показывают, что поверхностный слой твердосплавных пластин, находящихся в состоянии поставки глубиной до 50 мкм, отличается от основного пониженными значениями твердости (рис. 2, б), что объясняется скоплением кобальтовой фазы у поверхности (рис. 2, а).

Данное скопление объясняется тем, что при спекании твердосплавных пластин происходит образование капельной кобальтовой фазы, которая под действием капиллярного эффекта выдавливается к поверхности [4].

Обработка твердосплавных пластин тлеющим разрядом приводит к формированию уникальных структурно-фазовых состояний [2], вызванных сложным взаимодействием кобальтового и карбидного скелетов [4], приводящим к повышению твердости сплава у поверхности до 10...20 % (рис. 3, б; 4, б; 5, б).

Помимо этого, с ростом удельной мощности горения тлеющего разряда увеличивается глубина модифицированного слоя.

Значения глубины модифицированного слоя, определенные исследованием микротвердости по глубине пластин для каждого значения удельной мощности горения тлеющего разряда, сопоставимы с данными, полученными при помощи сканирующей микроскопии [2, 3].

При эксплуатации рабочая поверхность подвергается наиболее сильному физико-химическому воздействию, и разрушение инструмента в большинстве случаев начинается с нее. В результате эксплуатационные свойства инструментальной оснастки во многом определяются состоянием поверхностного слоя.

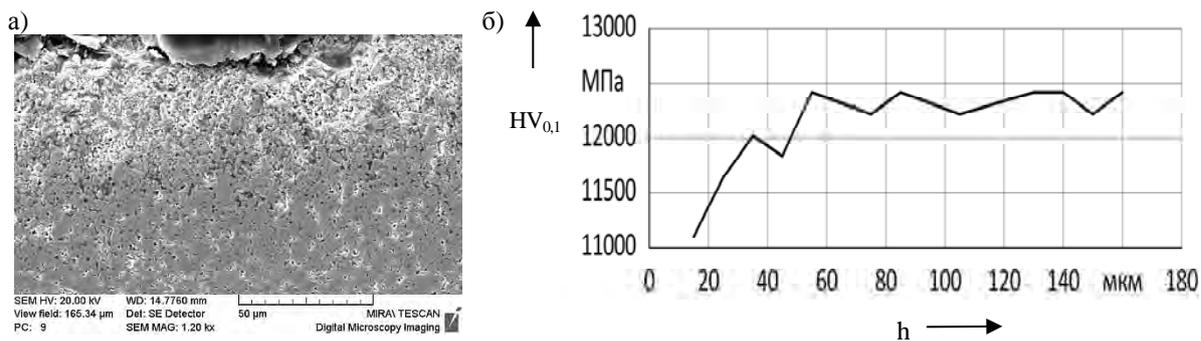


Рис. 2. Структура (а) и микротвердость (б) поверхностного слоя твердого сплава ВК8 в состоянии поставки

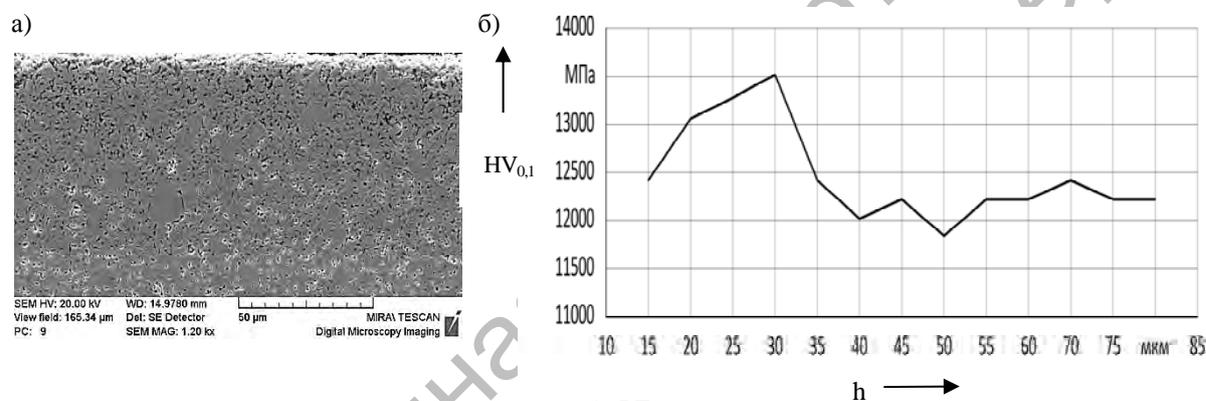


Рис. 3. Структура (а) и микротвердость (б) поверхностного слоя твердого сплава ВК8 после обработки с удельной мощностью горения разряда 0,20 кВт/м²

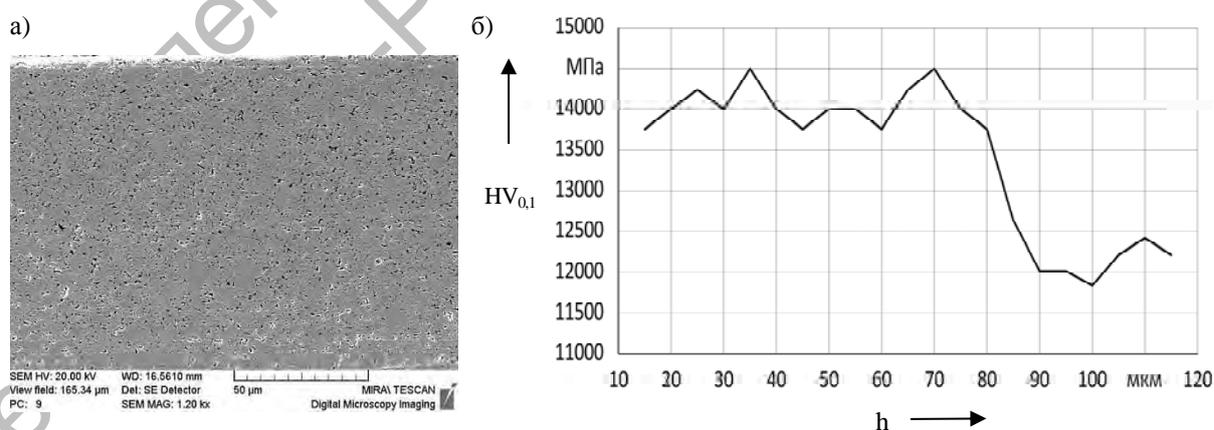


Рис. 4. Структура (а) и микротвердость (б) поверхностного слоя твердого сплава ВК8 после обработки с удельной мощностью горения разряда 0,50 кВт/м²

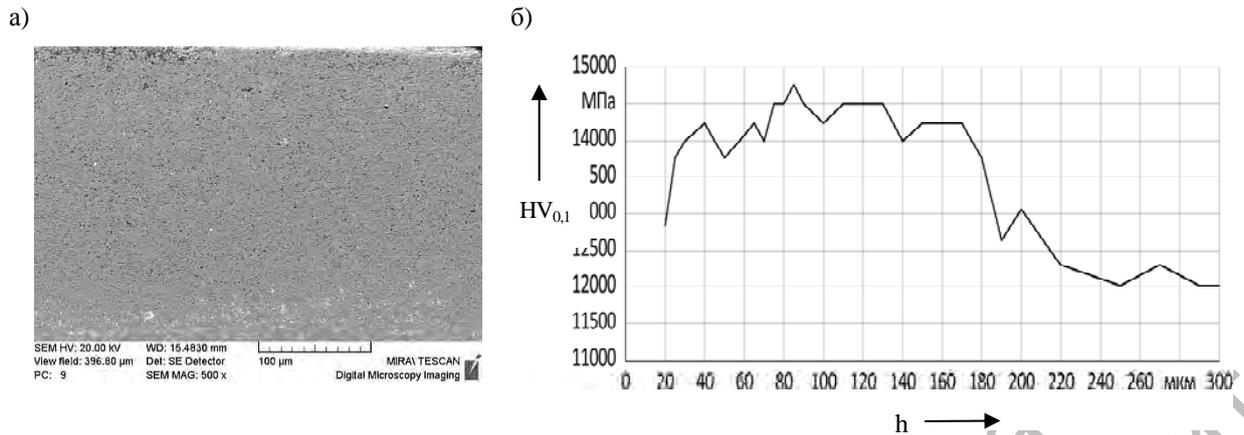


Рис. 5. Структура (а) и микротвердость (б) поверхностного слоя твердого сплава ВК8 после обработки с удельной мощностью горения разряда 0,88 кВт/м²

Таким образом, интерес представляет установление зависимости эксплуатационных свойств инструмента от параметров качества его рабочей поверхности (морфологии) в условиях адгезионного изнашивания, характерного для однокарбидных твердых сплавов.

Адгезионное изнашивание является результатом действия сил межмолекулярного взаимодействия химически чистых, очищенных от оксидов, свежесформированных поверхностей стружки и заготовки при контакте с поверхностями инструмента в процессе совместного трения.

При контакте двух трущихся поверхностей, сжимаемых силой P (рис. 6), в точках фактического соприкосновения возникают связи – «мостики», которые при скольжении одной поверхности относительно другой разрываются. Вслед

за ними возникают новые связи, которые затем также разрываются и т. д. При этом разрушение происходит прежде всего по менее прочному обрабатываемому материалу. Однако время от времени разрушается и материал инструмента. Разрушение заключается в отделении частиц износа по границам зерен карбида вольфрама менее прочной кобальтовой связки, объем которой с ростом температуры резания за счет выгорания уменьшается.

При исследовании морфологии рабочей поверхности пластин из твердого сплава ВК8 в состоянии поставки и после обработки в тлеющем разряде с различной удельной мощностью горения была использована атомно-силовая микроскопия. Результаты исследования представлены на рис. 7 и 8.



Рис. 6. Схема контакта обрабатываемой поверхности и рабочей поверхности твердосплавного инструмента

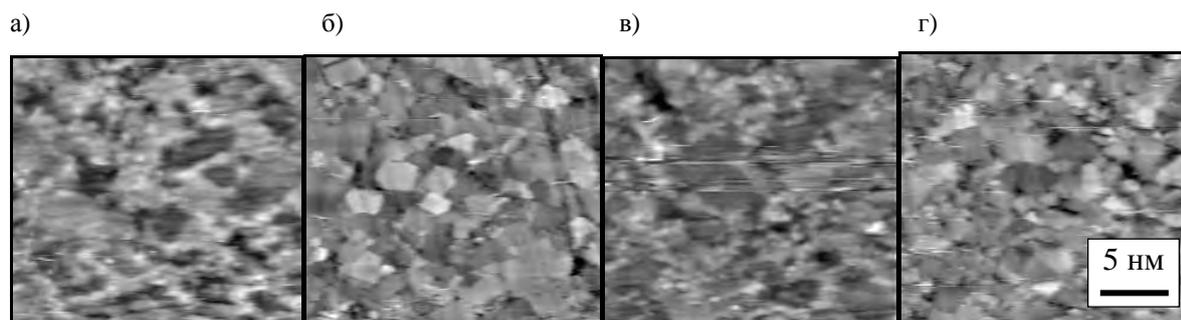


Рис. 7. Фазовый контраст рабочей поверхности пластины из твердого сплава ВК8: а – исходное состояние; б – после обработки с удельной мощностью горения разряда $0,20 \text{ кВт/м}^2$; в – после обработки с удельной мощностью горения разряда $0,50 \text{ кВт/м}^2$; г – после обработки с удельной мощностью горения разряда $0,88 \text{ кВт/м}^2$

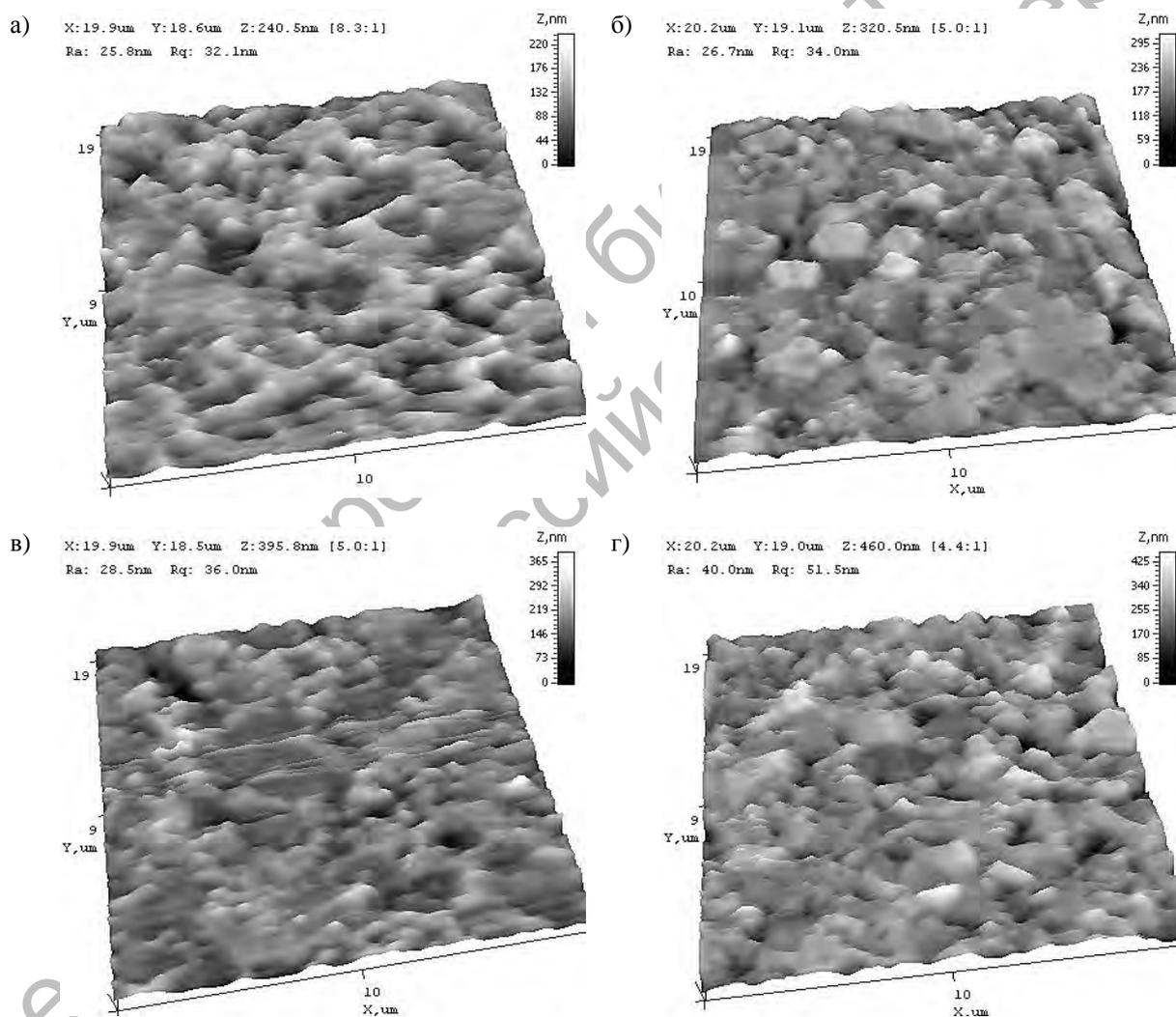


Рис. 8. Морфология рабочей поверхности пластины из твердого сплава ВК8: а – исходное состояние; б – после обработки с удельной мощностью горения разряда $0,20 \text{ кВт/м}^2$; в – после обработки с удельной мощностью горения разряда $0,50 \text{ кВт/м}^2$; г – после обработки с удельной мощностью горения разряда $0,88 \text{ кВт/м}^2$

Основываясь на сравнительном анализе фазового контраста полученных структур, можно утверждать, что поверхность в исходном состоянии обладает менее выраженной топографией, чем поверхность, подвергнутая обработке в тлеющем разряде с различными значениями удельной мощности его горения (см. рис. 7).

Помимо этого, модифицированная поверхность отличается большей величиной поверхностных микронеровностей (см. рис. 8), что объясняется селективным распылением кобальта в процессе модифицирования налетающими заряженными частицами.

Проведенные исследования тепловых процессов в зоне резания методом естественной термопары при фрезеровании различных конструкционных материалов однозубой торцевой фрезой, оснащенной многогранной пластиной из твердого сплава ВК8, позволили получить зависимости, представленные на рис. 9...11.

Анализ результатов исследования поведения термоЭДС при фрезеровании различных материалов позволил выявить, что рост температуры в зоне резания происходит совместно с ростом величины износа инструмента.

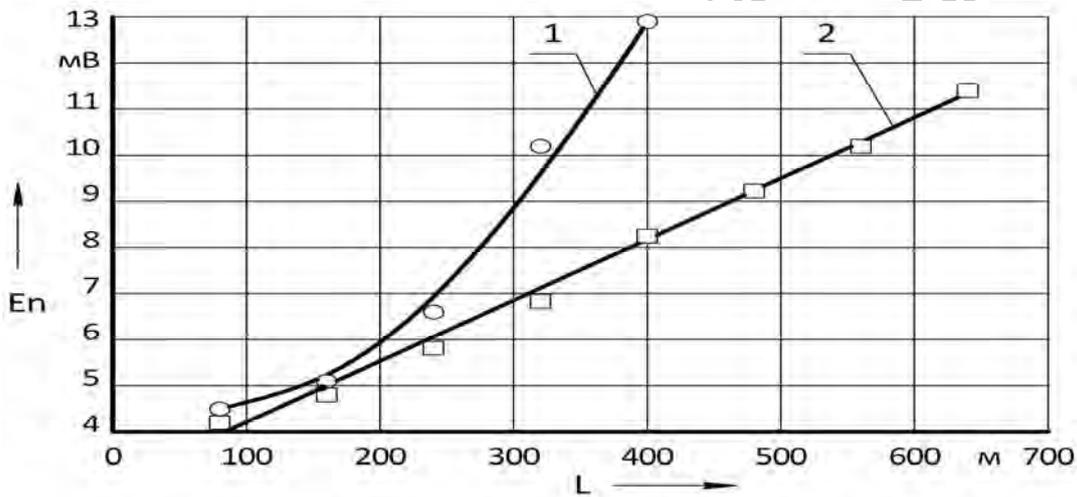


Рис. 9. Влияние пути резания на термоЭДС при фрезеровании коррозионно-стойкой стали 12X18H10T торцевой фрезой, оснащенной многогранной пластиной из твердого сплава ВК8: 1 – в состоянии поставки; 2 – после обработки в тлеющем разряде

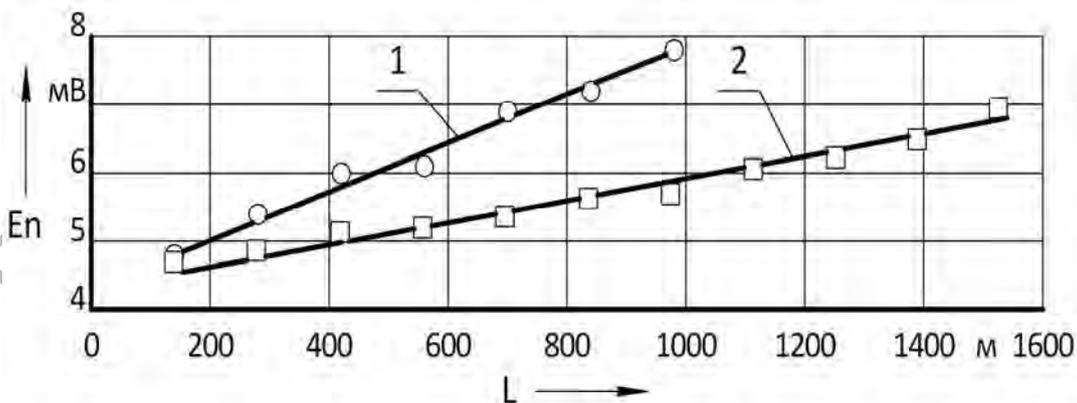


Рис. 10. Влияние пути резания на термоЭДС при фрезеровании стали 45 торцевой фрезой, оснащенной многогранной пластиной из твердого сплава ВК8: 1 – в состоянии поставки; 2 – после обработки в тлеющем разряде

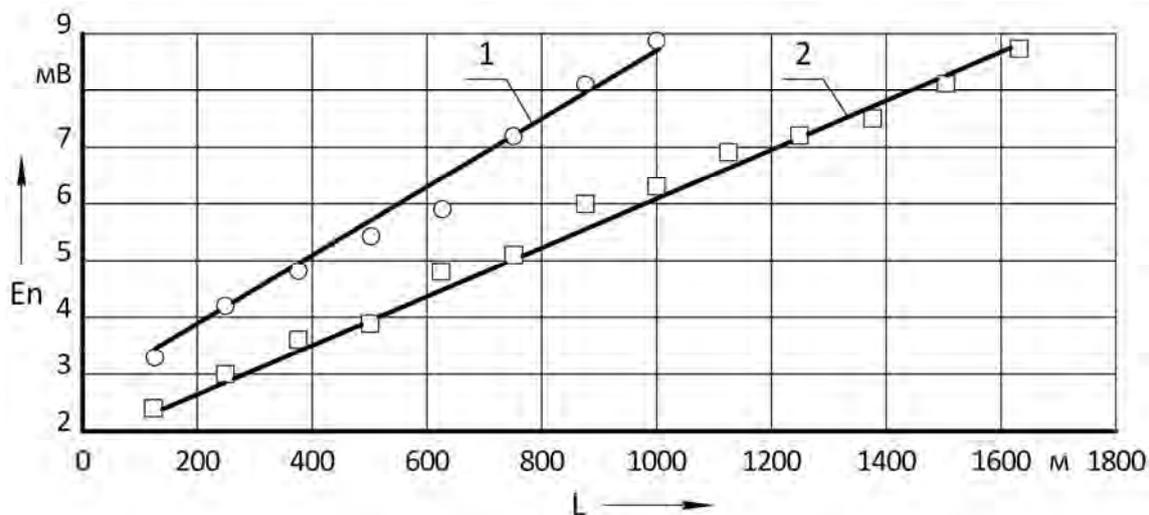


Рис. 11. Влияние пути резания на термоЭДС при фрезеровании чугуна СЧ20 торцевой фрезой, оснащенной многогранной пластиной из твердого сплава ВК8: 1 – в состоянии поставки; 2 – после обработки в тлеющем разряде

Данная закономерность наблюдается на всем протяжении пути резания по достижении предельного износа.

Наибольшие значения термоЭДС наблюдаются при обработке коррозионно-стойкой стали 12Х18Н10Т, что связано с низкой теплопроводностью данной стали.

Тот факт, что по мере увеличения фаски износа характер кривых не меняется, подтверждает, что среднее интегральное значение термоЭДС, поступающее из зоны резания, в большей степени отражает природу контактных процессов, протекающих на передней поверхности инструмента.

Модифицирующая обработка многогранных пластин из твердого сплава ВК8 приводит к общему снижению термоЭДС в зоне резания по отношению к температурам, возникающим при обработке того же материала фрезами, оснащенными пластинами из твердого сплава ВК8 в состоянии поставки на всем пути резания.

Снижение термоЭДС объясняется тем, что в процессе модифицирующей обработки в тлеющем разряде, как отмечалось ранее, происходит изменение морфологии передней поверхности

многогранных пластин, связанное с процессом распыления с поверхности кобальтовой фазы. Данное изменение на передней поверхности приводит к уменьшению спаев стружки с местами избыточного распределения кобальта на поверхности инструмента и, как следствие, к снижению термоЭДС [5].

Большой интерес с точки зрения металлообработки представляют исследование динамики износа модифицированного твердосплавного инструмента и сравнительный анализ динамики износа инструмента, не подвергнутого модифицирующей обработке.

Исследование производилось на фрезерном станке 6Д12Ф20 при фрезеровании брусков (80×80×400) из различных материалов. В качестве инструмента использовалась однозубая торцевая фреза, оснащенная многогранной неперетачиваемой пластиной из твердого сплава ВК8 в исходном состоянии и подвергнувшейся обработке тлеющим разрядом.

Помимо перечисленных пластин, для сравнительного анализа также были отобраны многогранные пластины из твердого сплава ВК8 с нанесенным износостойким покрытием из TiN, т. к.

данное покрытие наиболее часто используется в инструментальном производстве.

Обработка проводилась с найденными ранее оптимальными режимами резания.

Результаты исследований представлены на рис. 12...14.

Анализируя полученные экспери-

ментальные данные, можно отметить, что износ многогранных пластин из твердого сплава ВК8 в состоянии поставки полностью соответствует классическим положениям теории резания, а именно, на графиках четко видны такие участки, как зона приработки, зоны нормального и катастрофического износов.

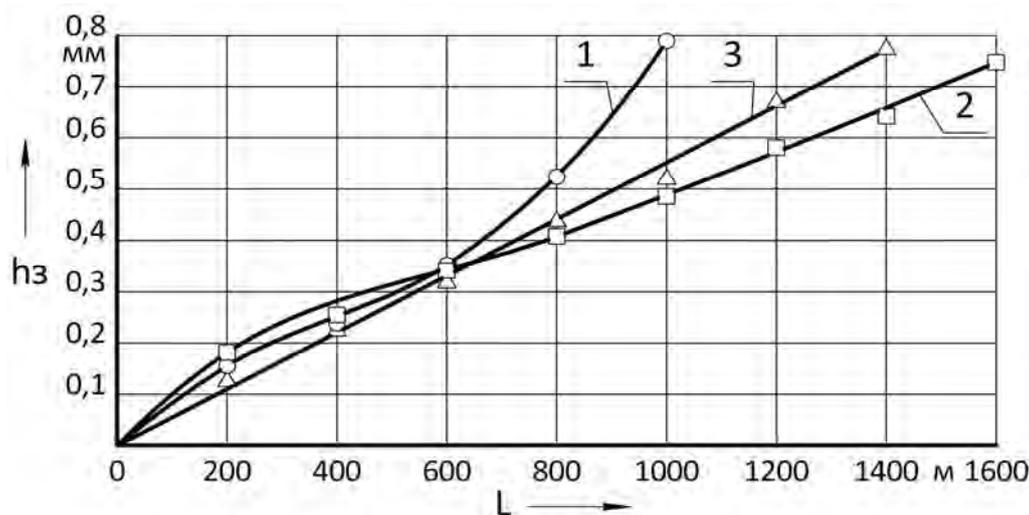


Рис. 12. Результаты стойкостных испытаний при фрезеровании стали 45 торцовыми фрезами, оснащенными пластинами из твердого сплава ВК8: 1 – ВК8 в состоянии поставки; 2 – ВК8 после обработки в тлеющем разряде; 3 – ВК8 с нанесенным износостойким покрытием из TiN

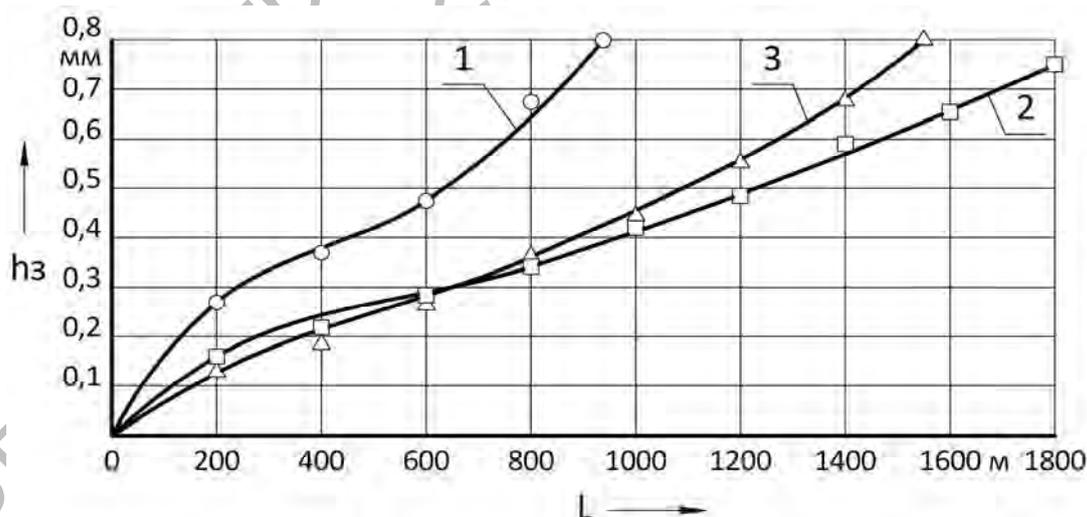


Рис. 13. Результаты стойкостных испытаний при фрезеровании серого чугуна СЧ20 торцовыми фрезами, оснащенными пластинами из твердого сплава ВК8: 1 – ВК8 в состоянии поставки; 2 – ВК8 после обработки в тлеющем разряде; 3 – ВК8 с нанесенным износостойким покрытием из TiN

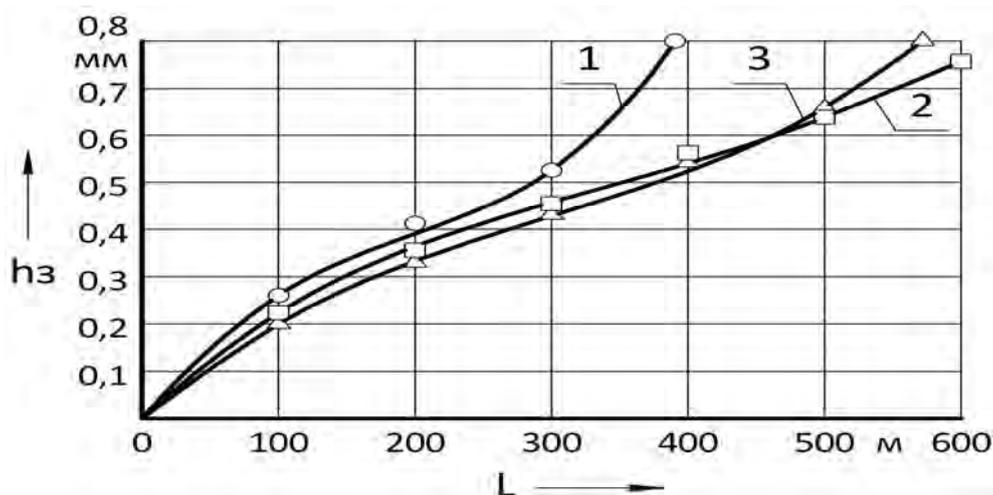


Рис. 14. Результаты стойкостных испытаний при фрезеровании коррозионно-стойкой стали 12X18H10T торцовыми фрезами, оснащенными пластинами из твердого сплава ВК8: 1 – ВК8 в состоянии поставки; 2 – ВК8 после обработки в тлеющем разряде; 3 – ВК8 с нанесенным износостойким покрытием из TiN

Износ многогранных пластин из твердого сплава ВК8, подвергнутых модифицирующей обработке в тлеющем разряде, отличается отсутствием зоны катастрофического износа. Износ на всём протяжении резания является относительно равномерным.

Сравнительный анализ динамики износа многогранных пластин из твердого сплава ВК8, подвергнутых модифицирующей обработке, и пластин с нанесенным износостойким покрытием из TiN позволил выявить, что пластины с нанесенным покрытием являются менее эффективными, особенно при фрезеровании серого чугуна СЧ20 и конструкционной стали 45. Низкая эффективность пластин с износостойким покрытием связана с тем, что в процессе фрезерования происходит отслоение и скол покрытия под действием переменных тепловых полей и сил резания.

На основании полученных данных об изнашивании многогранных пластин из твердого сплава ВК8 в состоянии поставки и подвергнутых модифицирующей обработке тлеющим разрядом мож-

но выделить ряд закономерностей.

Обработка твердосплавных пластин в тлеющем разряде приводит к повышению их периода стойкости в процессе фрезерования.

Модифицирующая обработка в большей степени эффективна при обработке материалов с образованием элементной или суставчатой стружки, снижающей площадь контакта с передней поверхностью и приводящей к уменьшению износа по передней поверхности, т. к. износ по передней поверхности ведет к интенсивному удалению модифицированного слоя, что нежелательно.

Аналогичная картина изнашивания наблюдалась при использовании в качестве режущих элементов торцовых фрез многогранных пластин из твердых сплавов ВК6 и ВК15 при фрезеровании серого чугуна СЧ20. В результате сравнительного анализа было выявлено, что при обработке твердым сплавом ВК6 стойкость повысилась в среднем в 2,3 раза (рис. 15), а при обработке твердым сплавом ВК15 – в 1,8 раза (рис. 16).

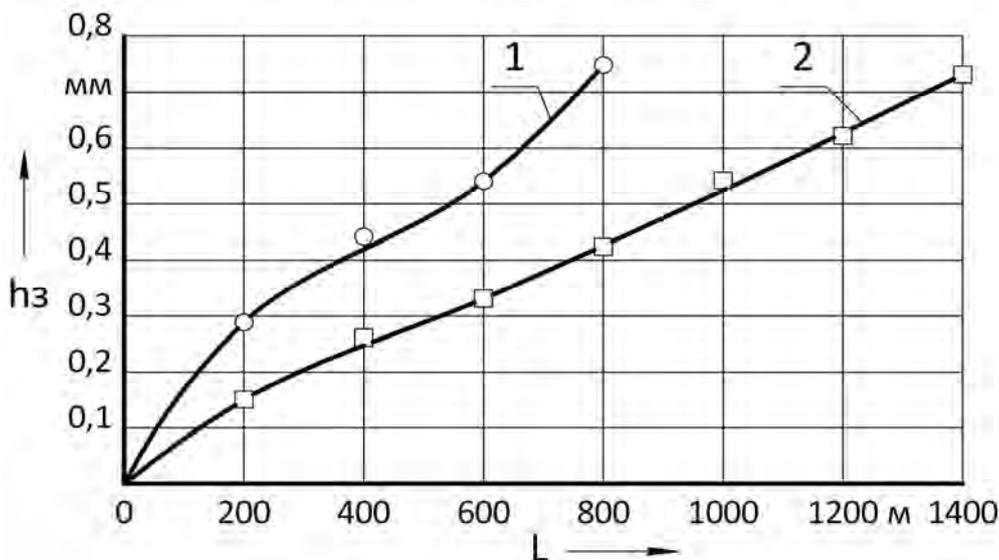


Рис. 15. Результаты стойкостных испытаний при фрезеровании серого чугуна СЧ20 торцовыми фрезами, оснащенными пластинами из твердого сплава ВК6: 1 – ВК6 в состоянии поставки; 2 – ВК6 после обработки в тлеющем разряде

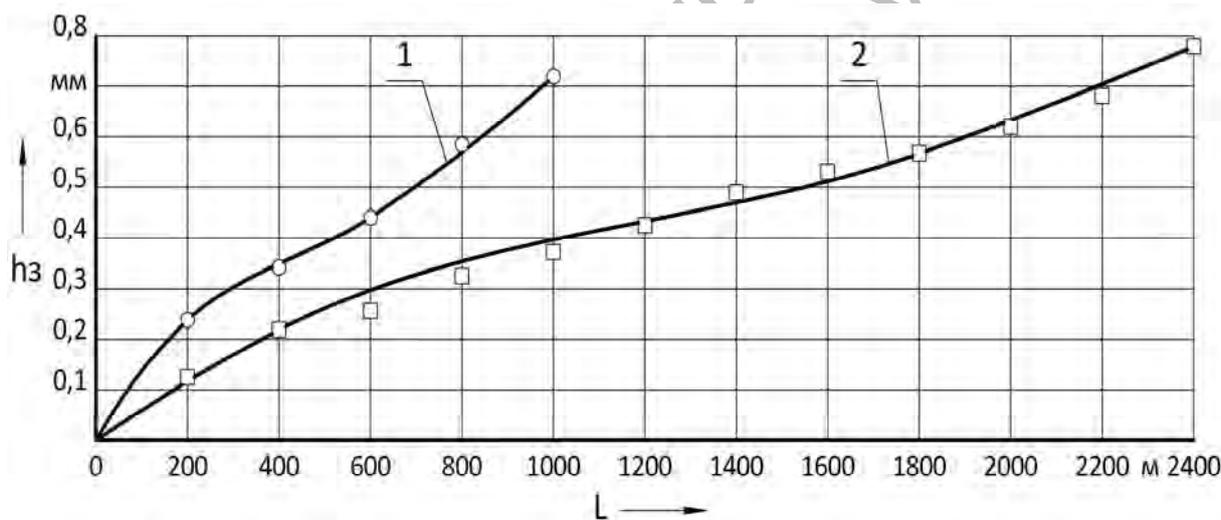


Рис. 16. Результаты стойкостных испытаний при фрезеровании серого чугуна СЧ20 торцовыми фрезами, оснащенными пластинами из твердого сплава ВК15: 1 – ВК15 в состоянии поставки; 2 – ВК15 после обработки в тлеющем разряде

Выводы

1. Обработка твердосплавных пластин тлеющим разрядом приводит к повышению твердости поверхностного слоя сплава до 10...20 %.

2. С ростом удельной мощности горения тлеющего разряда увеличивается глубина модифицированного слоя твердосплавных пластин.

3. Обнаружено, что модифицирующая обработка тлеющим разрядом приводит к изменению морфологии передней поверхности твердосплавного инструмента, связанному с увеличением поверхностных микронеровностей от 240 нм в состоянии поставки до 460 нм при обработке тлеющим разрядом удельной мощности горения 0,88 кВт/м², что, в

свою очередь, приводит к снижению температуры в зоне резания.

4. Модифицирующая обработка инструментов из твердого сплава ВК8

вызывает повышение их стойкости при обработке широкого спектра конструкционных материалов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пат. № 14716 ВУ, UC 21 D 1 / 78. Способ упрочнения изделий из металла или сплава, или сверхтвердого или графитосодержащего материала / В. М. Шеменков, А. Ф. Короткевич ; заявитель и патентообладатель Белорус.-Рос. ун-т. – № 20091136 ; заявл. 27.07.09 ; опубл. 10.05.11. – 3 с.

2. Шеменков, В. М. Структурные изменения в поверхностных слоях однокарбидных твердых сплавов при их обработке в тлеющем разряде / В. М. Шеменков, Г. Ф. Ловшенко // Вестн. Белорус.-Рос. ун-та. – 2010. – № 1. – С. 121–130.

3. Ловшенко, Г. Ф. Структурно-фазовое модифицирование твердых сплавов обработкой тлеющим разрядом / Г. Ф. Ловшенко, В. М. Шеменков // Современные методы и технологии создания и обработки материалов : материалы V Междунар. науч.-техн. конф., Минск, 15–17 сент. 2010 г. : в 3 кн. – Минск : ФТИ НАН Беларуси, 2010. – Кн. 1. – С. 240–247.

4. Панов, В. С. Технология и свойства спеченных твердых сплавов и изделий из них : учеб. пособие для вузов / В. С. Панов, А. М. Чувилин, В. А. Фальковский. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : МИСИС, 2004. – 464 с. : ил.

5. Праведников, И. С. Влияние марки обрабатываемых и инструментальных сплавов на термо-ЭДС / И. С. Праведников // Нефтегазовое дело [Электронный ресурс]. – 2006 ; Режим доступа : [http : www.ogbus.ru / authors / Pravednikov / Pravednikov_6.pdf](http://www.ogbus.ru/authors/Pravednikov/Pravednikov_6.pdf). – 11 с.

LIST OF LITERATURE

1. Pat. № 14716 ВУ, UC 21 D 1/78. Method of strengthening of products made of metals and alloys or super-hard or graphitiferous materials / V. M. Shemenkov, A. F. Korotkevich ; applicant for a patent and patent holder Belarus.-Rus. Un-ty. – № 20091136 ; appl. 27.07.09 ; registered 10.05.11. – 3 p.

2. Shemenkov, V. M. Structural changes in surface layers of single-carbide hard alloys treated in glow discharge / V. M. Shemenkov, G. F. Lovshenko // Her. of Belarus.-Rus. Un-ty. – 2010. – № 1. – P. 121–130.

3. Lovshenko, G. F. Structure-phase modification of hard alloys by glow discharge treatment / G. F. Lovshenko, V. M. Shemenkov // Modern methods and technologies of materials production and processing : Vth Intern. scien.-techn. conf., Minsk, 15–17 Sept. 2010 : collection of materials in 3 vol. – Minsk : FTI NAN Belarusi, 2010. – Vol. 1. – P. 240–247.

4. Panov, V. S. Technology and properties of cemented carbides and products made of them: tutorial for HEI / V. S. Panov, A. M. Chuvilin, V. A. Falkovsky. – 2nd edition, revised. – M. : MISIS, 2004. – 464 p. : il.

5. Pravednikov, I. S. The effect of the grade of machined and tool alloys upon thermal EMF / I. S. Pravednikov // Electronic scientific journal [Oil-and-gas production]. – 2006 : Access mode : [http:www.ogbus.ru / authors / Pravednikov / Pravednikov_6.pdf](http://www.ogbus.ru/authors/Pravednikov/Pravednikov_6.pdf). – 11 p.

LIST OF LITERATURE (TRANSLITERATION)

1. Pat. № 14716 ВУ, UC 21 D 1/78. Metod uprochneniya izdelij iz metalla ili splava, ili sverkhтвердого или графитосодержащего материала / V. M. Shemenkov, A. F. Korotkevich ; zayavitel' i patentoobladatel' Belorus.- Ros. Un-t. – № 20091136 ; zayavl. 27.07.09 ; zaregistr. 10.05.11. – 3 s.

2. Shemenkov, V. M. Strukturnye izmeneniya v poverkhnostnykh sloyakh odnokarbidnykh tverdykh splavov pri ikh obrabotke v tleyushchem razryade / V. M. Shemenkov, G. F. Lovshenko // Vestn. Belorus.- Ros. Un-ta. – 2010. – № 1. – S. 121–130.

3. Lovshenko, G. F. Strukturno-fazovoe modifitsirovanie tverdykh splavov obrabotkoj tleyushchim razryadom / G. F. Lovshenko, V. M. Shemenkov // Sovremennye metody i tekhnologii sozdaniya i obrabotki materialov : V Mezhdunar. nauch.-tekhn. konf., Minsk, 15–17 sent. 2010 g. : sb. materialov v 3 kn. – Minsk : FTI NAN Belarusi, 2010. – Kn. 1. – S. 240–247.

4. **Panov, B. C.** Tekhnologiya i svoystva tverdykh splavov i izdelij iz nikh: ucheb. posobie dlya vuzov / B. C. Panov, A. M. Chuvilin, V. A. Falkovsky. – 2-e izd., pererab. i dop. – M. : MISIS, 2004. – 464 s. : il.

5. **Pravednikov, I. S.** Vliyanie marki obrabatyvayemykh i instrumentalnykh splavov na termo-EDS / I. S. Pravednikov // Elektronnyj nauchnyj zhurnal [Neftegazovoe delo]. – 2006 : Rezhim dostupa : [http : www.ogbus.ru / authors / Pravednikov / Pravednikov_6.pdf](http://www.ogbus.ru/authors/Pravednikov/Pravednikov_6.pdf). – 11 s.

Статья сдана в редакцию 11 июля 2011 года

Владимир Михайлович Шеменков, канд. техн. наук, ст. преподаватель, Белорусско-Российский университет. E-mail: VShemenkov@yandex.ru.

Федор Григорьевич Ловшенко, д-р техн. наук, проф., Белорусско-Российский университет. E-mail: Greg-lovshenko@mail.ru.

Григорий Федорович Ловшенко, д-р техн. наук, проф., Белорусский национальный технический университет. E-mail: Greg-lovshenko@mail.ru.

Vladimir Mikhailovich Shemenkov, PhD, senior lecturer, Belarusian-Russian University. E-mail: VShemenkov@yandex.ru.

Fedor Grigoryevich Lovshenko, DSc, Professor, Belarusian-Russian University. E-mail : Greg-lovshenko@mail.ru

Grigory Fedorovich Lovshenko, DSc, Professor, Belarusian National Technical University. E-mail: Greg-lovshenko@mail.ru.