В. А. Носенко, А. В. Фетисов, С. П. Кузнецов

**МОРФОЛОГИЯ И ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ПОВЕРХНОСТИ
СТАЛИ 10895 ЖЕЛЕЗА НА НАЧАЛЬНОМ ЭТАПЕ ШЛИФОВАНИЯ
КРУГОМ ИЗ КУБИЧЕСКОГО НИТРИДА БОРА***

Волжский политехнический институт (филиал) ВолгГТУ

E-mail: nosenko@volpi.ru

Приведены результаты исследования морфологии и химического состава поверхности электротехнической стали 10895, полученной в первый период шлифования кругом из кубического нитрида бора на керамической связке. Показано, что по сравнению со шлифованием в этих же условиях титанового сплава интенсивность адгезионного взаимодействия абразивного инструмента с обрабатываемым материалом существенно меньше. Несмотря на снижение интенсивности адгезионного взаимодействия с абразивным материалом, на обработанной поверхности стали обнаружены продукты износа шлифовального круга. Результаты морфологического и микрорентгеноспектрального анализов позволяют идентифицировать продукты износа как кристаллы кубического нитрида бора.

Ключевые слова: шлифование, кубический нитрид бора, сталь, титановый сплав, обработанная поверхность, морфология, химический состав.

V. A. Nosenko, A. V. Fetisov, S. P. Kuznetsov

**MORPHOLOGY AND CHEMICAL COMPOSITION OF THE SURFACE
OF STEEL 10895 AT THE INITIAL STAGE OF GRINDING
WITH A WHEEL MADE OF CUBIC BORON NITRIDE**

Volzhsky Polytechnic Institute (branch of VSTU)

The results of the study of the morphology and chemical composition of the surface of 10895 electrical steel obtained during the first period of grinding with a wheel made of cubic boron nitride on a ceramic bond are presented. It is shown that in comparison with grinding in the same conditions of titanium alloy, the intensity of the adhesive interaction of the abrasive tool with the processed material is significantly less. Despite a significant decrease in the intensity of adhesive interaction with the abrasive material, wear products of the grinding wheel were found on the treated surface of the steel. The results of morphological and electron microprobe analyses allow to identify the products of wear, as the crystals of cubic boron nitride.

Keywords: grinding, cubic boron nitride, steel, titanium alloy, treated surface, morphology, chemical composition.

Введение

Стремительное развитие техники и технологий определяет необходимость постоянного улучшения качества обработанной поверхности деталей и конструкций. Особые требования предъявляются к деталям, работающим в экстремальных условиях эксплуатации.

Шлифование является в большинстве случаев заключительным этапом обработки. Поэтому,

от технологии формообразования при шлифовании во многом зависит качество изделий [1].

В последнее время все большее внимание уделяется контролю химического состава в нанослоях обработанной поверхности [2–8]. Исследования качества поверхности, полученной методом шлифования, свидетельствуют о возможности переноса продуктов износа абразивного инструмента на обработанную поверхность.

© Носенко В. А., Фетисов А. В., Кузнецов С. П., 2020.

* Исследования выполнены при поддержке РФФИ в рамках проекта № 19-38-90322/19

К продуктам износа, в первую очередь, относятся кристаллы шлифовальных порошков. Приводятся результаты экспериментальных исследований, подтверждающих внедрение кристаллов в обработанную поверхность при шлифовании адгезионно активных металлов [9–13]. Для деталей, работающих в условиях знакопеременных нагрузок, кристаллы, внедренные в обработанную поверхность, следует рассматривать, как концентраторы напряжений, оказывающие влияние на усталостную прочность материала.

Показана возможность шаржирования обработанной поверхности при шлифовании, в том числе, глубинном титановых сплавов, обладающих высокой адгезионной активностью к абразивному материалу [2, 3, 5, 11, 14, 15]. При этом нельзя исключать возможность шаржирования обработанной поверхности и при шлифовании обычных сталей, в том числе, с использованием инструментов из сверхтвердых материалов.

Цель работы

Исследование переноса продуктов износа шлифовального круга из кубического нитрида бора на обработанную поверхность при шлифовании стали.

Методика исследований

В качестве обрабатываемого материала выбрана сталь 10895, производитель ПАО «ИЖСТАЛЬ». Согласно сертификату производителя № 42256 от 11.09.2019 г. содержание железа в стали 10895 не менее 99,8 %.

Шлифование выполняли на прецизионном профилешлифовальном станке CHEVALIER с числовым программным управлением мод. Smart-B1224П [16] кругом из кубического нитрида бора 1A1 350×16×127×5 CBN30B126100%MV на режиме: скорость шлифования – 35 м/с, скорость продольной подачи стола – 12 м/мин, радиальная подача – 0,005 мм/х. Охлаждение СОЖ ВОЛТЕС-151, концентрация препарата – 7 %. Образец стали закрепляли в лекальных тисках. Размер площади обрабатываемой поверхности 10×8 мм². Поверхность заготовки предварительно выравнивали. После правки шлифовального круга делали четыре прохода, снимая припуск 0,02 мм. Состояние рельефа и химический состав в нанослоях контактируемых поверхностей исследовали на растровом двухлучевом электронном микроскопе FEI Versa 3D LoVac.

Результаты и обсуждение

Поверхность, формируемая на начальном этапе обработки кругом из кубического нитрида бора, достаточно однородна (рис. 1, а). Небольшое количество наливов, хорошо выраженные царапины, оставленные вершинами зерен шлифовального круга, свидетельствуют о низком уровне адгезионного взаимодействия между абразивным и обрабатываемым материалами. Убедительным доказательством последнего является электронная фотография поверхности титанового сплава, полученная в тех же условиях (рис. 1, б).

а

б

Рис. 1. Морфология поверхности стали (а) и титанового сплава (б)

Тем не менее, и при шлифовании стали, особенно, на начальном этапе возможен перенос продуктов износа абразивного инструмента на обработанную поверхность. Тело 1 (рис. 2, а)

вдавлено в обработанную поверхность и частично покрыто металлом. Можно предположить, что перенос кристалла произошел на предыдущем проходе. На данном проходе, в ре-

зультате контакта с вершинами зерен шлифовального круга, произошло вдавливание кристалла в обработанную поверхность с последующим замазыванием пустот и неровностей металлом.

Вероятнее всего, что скалывание зерна 2 (рис. 2, б) произошло в последний момент контактирования рабочей поверхности круга с рас-

сматриваемым участком поверхности металла. Кристаллы частично внедрены в металл. В соответствии с принятой методикой, окончательной формирование обработанной поверхности происходит на попутной подаче. Скалывание и внедрение кристаллов в обработанную поверхность произошло на выходе из зоны контакта круга с обрабатываемым металлом.

Рис. 2. Продукты износа абразивного инструмента, перенесенные на шлифованную поверхность

Микрорентгеноспектральный анализ выполнен в точках 1 и 2 рассмотренных тел (рис. 2). Концентрации бора и азота в точках 1 и 2 практически одинаковы (рис. 3, а). На поверхности обоих кристаллов обнаружены следы железа в количестве 0,3–0,4 атомарных процентов

(рис. 3, б). В нанослоях кристалла 2 присутствует кислород в количестве около 1,2 атомарных процента и следы алюминия. Полученные результаты позволяют идентифицировать тела 1 и 2 как кристаллы кубического нитрида бора.

Рис. 3. Содержание химических элементов в точках 1 и 2 объектов:
□ – точка 1, объект 1; ■ – точка 2, объект 2

Выводы

Состояние обработанной поверхностей электротехнической стали, полученное в первый пе-

риод шлифования кругом из кубического нитрида бора на керамической связке, свидетельствует о существенном снижении интенсивно-

сти адгезионного взаимодействия стали с абразивным инструментом по сравнению с обработкой титанового сплава.

Несмотря на снижение интенсивности контактного взаимодействия с абразивным материалом, на обработанной поверхности обнаружены продукты износа шлифовального круга.

Результаты морфологического и микрорентгеноспектрального анализов позволяют идентифицировать продукты износа, как кристаллы кубического нитрида бора.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Справочник технолога / под общ. ред. А. Г. Суслowa. – М. : Инновационное машиностроение, 2019. – 800 с.
2. Морфология и химический состав титанового сплава и электрокорунда при шлифовании и микроцарапании / В. А. Носенко, А. В. Фетисов, С. П. Кузнецов, В. Е. Пузырькова // Известия ВолгГТУ : научный журнал № 8 (231) / ВолгГТУ. – Волгоград, 2019. – (Серия «Прогрессивные технологии в машиностроении»). – С. 31–37.
3. Носенко В. А. Морфология и химический состав поверхности титанового сплава после шлифования кругом из карбида кремния / В. А. Носенко, А. В. Фетисов, Н. Д. Сердюков // Научные технологии в машиностроении. – 2019. – № 12 (102). – С. 22–28.
4. Носенко, С. В. Изменение концентрации химических элементов по глубине поверхностного слоя титанового сплава при шлифовании кругом из карбида кремния без охлаждения / С. В. Носенко, В. А. Носенко, Л. Л. Кременецкий // Вестник машиностроения. – 2015. – № 10. – С. 64–66.
5. Исследование химического состава поверхностного слоя титанового сплава при шлифовании его кругом из карбида кремния без использования СОТС / С. В. Носенко, В. А. Носенко, А. А. Крутикова, Л. Л. Кременецкий // СТН. – 2015. – № 1. – С. 26–29.
6. Manoj, S. An investigation on surface burn during grinding of Inconel 718 / S. Manoj, S. Dinesh & G. Sudarsan, P. Venkateswara Rao // Journal of Manufacturing Processes. – 2016. – № 21. – P. 124–133.
7. Miao, Qing Comparative investigation on wear behavior of brown alumina and microcrystalline alumina abrasive wheels during creep feed grinding of different nickel-based superalloys / Miao, Qing & Ding, Wenfeng & Gu, Yulong & Xu, Jiahua. // Wear – 2019 – P. 426–427.
8. Wenfeng, Ding Grinding behavior and surface appearance of (TiCp+TiBw)/Ti-6Al-4V titanium matrix composites / Wenfeng Ding, Biao Zhao, Jiahua Xu, Changyong Yang, Honghua Su // Chinese Journal of Aeronautics. – № 27. – 2014. – P. 1334–1342.
9. Интенсивность контактного взаимодействия и перенос материалов при шлифовании и микроцарапании тугоплавких металлов / В. А. Носенко, А. В. Фетисов, С. В. Носенко, В. О. Харламов // Научные технологии в машиностроении. – 2017. – № 10. – С. 9–17.
10. Носенко, С. В. Влияние правки абразивного инструмента на состояние рельефа обработанной поверхности титанового сплава при встречном глубинном шлифовании / С. В. Носенко, В. А. Носенко, Л. Л. Кременецкий // Вестник машиностроения. – 2014. – № 7. – С. 64–68.
11. Влияние скорости глубинного шлифования на морфологию и химический состав поверхности титанового сплава / С. В. Носенко, В. А. Носенко, А. А. Коряжкин, Л. Л. Кременецкий // Известия высших учебных заведений. Машиностроение. – 2018. – № 3 (696). – С. 62–72.
12. Mechanisms of abrasive wear in the grinding of titanium (TC4) and nickel (K417) alloys / Xipeng Xu, Yiqing Yu, Hui Huang // Wear. – № 255. – 2003. – P. 1421–1426.
13. Обработка титановых и жаропрочных сплавов высокоскоростным шлифованием / Д. С. Реченко // Омский научный вестник. – № 4 (73). – 2008. – С. 59–61.
14. Xiaoliang Liang State-of-the-art of surface integrity induced by tool wear effects in machining process of titanium and nickel alloys: A review / Xiaoliang Liang, Zhanqiang Liu, Bing Wang // Measurement. – № 132. – 2019. – P. 150–181.
15. H. Garbacz, The effect of grain size on the surface properties of titanium grade 2 after different treatments / H. Garbacz, P. Wieceński, D. Kuczyńska, D. Kubacka, K. J. Kurzydłowski // Surface and Coatings Technology. – № 335. – 2018. – P. 13–24.
16. Испытательный комплекс на базе прецизионного профилировального станка с ЧПУ CHEVALIER модели SMART-B1224 III / В. А. Носенко, Р. А. Белухин, А. В. Фетисов, Л. К. Морозова // Известия ВолгГТУ : научный журнал № 5 (184) / ВолгГТУ. – Волгоград, 2016. – С. 35–39.