УДК 621.923

DOI: 10.35211/1990-5297-2020-8-243-40-43

*В. А. Носенко, Н. Д. Сердюков, О. М. Шкода, П. И. Самарский***ИСПЫТАНИЕ СОЖ НА ОПЕРАЦИИ ПЛОСКОГО ВРЕЗНОГО
ШЛИФОВАНИЯ ТИТАНОВОГО СПЛАВА****Волжский политехнический институт (филиал)****ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет»**

E-mail: vladim.nosenko2014@yandex.ru

При шлифовании титанового сплава ВТ9 проведены испытания следующих разновидностей СОЖ: водный раствор натрия фосфорнокислого трехзамещенного, полусинтетическая с противозадирными присадками, синтетическая универсальная и эталонная. Определены высотные и шаговые параметры шероховатости обработанной поверхности, коэффициент шлифования. Рассчитаны коэффициенты корреляции между данными параметрами. Показаны отличия в морфологии шлифованной поверхности.

Ключевые слова: смазочно-охлаждающие жидкости, титановый сплав, шлифование, карбид кремния, параметры шероховатости, коэффициент шлифования, морфология.

*V. A. Nosenko, N. D. Serdyukov, O. M. Shkoda, P. I. Smarsky***COOLANT TEST AT THE PROCESS OF FLAT INFEEED GRINDING OF TITANIUM ALLOY****Volzhsky Polytechnic Institute (branch)****FSBEI of HE «Volgograd State Technical University»**

When grinding the VT9 titanium alloy, the following types of coolant were tested: an aqueous solution of sodium phosphate trisubstituted o, semi-synthetic with extreme pressure additives, synthetic universal and standard. The height and step parameters of the roughness of the treated surface, the grinding coefficient are determined. The correlation coefficients between these parameters are calculated. The differences in the morphology of the polished surface are shown.

Keywords: cutting fluids, titanium alloy, grinding, nitrogen carbide, roughness parameters, grinding coefficient, morphology.

Введение

Титановые сплавы используются в различных отраслях машиностроения: авиации, энергетике, ракетостроении, двигателестроении и др. Основная причина плохой обрабатываемости сплавов на основе титана заключается в их высокой адгезионной активности к абразивному материалу и склонности к образованию шлифовочных прижогов [1–4]. В процессе шлифования титан налипает на вершины абразивных зерен, что увеличивает силу и температуру резания, вероятность образования шлифовочных прижогов. При последующем контакте, налипший металл переносится на обрабатываемую поверхность, формируя неоднородный рельеф [5; 6].

Одним из наиболее эффективных способов снижения адгезионного взаимодействия абразивного инструмента с металлом является введение в зону резания специальных сред. Активные среды можно вводить в зону резания различными способами: в составе абразивного инструмента (добавление в абразивную смесь

при изготовлении в качестве наполнителей, импрегнирование) [7; 8], в составе смазочно-охлаждающих жидкостей (СОЖ), в том числе, с использованием различной технологии подачи СОЖ [8; 9].

Наибольшее распространение в практике шлифования получили водные СОЖ. На операциях шлифования титановых сплавов лучшие эксплуатационные показатели процесса обеспечивает водная СОЖ с присадкой K_3PO_4 или Na_3PO_4 . Но широкого распространения данная СОЖ не получила. В настоящее время производителями представлен широкий спектр СОЖ, рекомендованных для шлифования, в том числе, титановых сплавов. Особое место занимают препараты с содержанием противозадирых и антифрикционных присадок [9].

Цель работы – проведение сравнительных испытаний водной СОЖ на основе натрия фосфорнокислого трехзамещенного, полусинтетической и синтетической СОЖ при шлифовании титанового сплава.

Методика

Испытания проводили на прецизионном профилишлифовальном станке с ЧПУ Chevalier Smart B 1224III на чистовом режиме шлифования со скоростью 30 м/с, подачей на глубину 0,005 мм/ход, продольной подачей 12 м/мин. Методика испытаний изложена в работе [11]. Обрабатываемый материал – титановый сплав BT9, припуск – 0,5 мм. В качестве абразивного инструмента использовали высокопористый, высокоструктурный шлифовальный круг из зеленого карбида кремния характеристики 64CF100G12V производства ОАО Волжский Абразивный завод.

Смазочно-охлаждающие жидкости: водный раствор Na_3PO_4 (СОЖ 1), полусинтетический препарат с противозадирными присадками Лукойл ФРЕО MS 3050 EP (СОЖ 2), синтетический препарат ВОЛТЕС-151 (СОЖ 3), в качестве базовой СОЖ использовали водный раствор кальцинированной соды (СОЖ 4). Концентрации СОЖ выбирали на основании рекомендаций производителя и определяли оптическим рефрактометром Kavi-Brix HBR20.

Контролируемые параметры: шероховатость обработанной поверхности (среднее арифметическое отклонение R_a , максимальная высота R_p , глубина R_v , средний шаг R_{sm} неровностей профиля) и коэффициент шлифования K_g . Шероховатость обработанной поверхности измеряли профилометром Mitutoyo SJ-410 по стандарту ISO 4287-1997, радиальный

износ круга определяли индикатором часового типа МИГ-1.

Результаты и обсуждение

Результаты представлены в виде отношения значений контролируемых параметров, полученных при шлифовании с охлаждением исследуемых СОЖ, к соответствующим значениям параметров базовой СОЖ.

Закономерность изменения высотных параметров шероховатости обработанной поверхности после шлифования с СОЖ 1-4 одинаковы. Высотные параметры шероховатости обработанной поверхности возрастают от СОЖ 1 к СОЖ 4: R_a возрастает в 2,7 раза (рис. 1, а), R_p и R_v – в 2,3 раза (рис. 1, б, в). Коэффициент парной корреляции между данными параметрами приближается к единице (0,97–0,99).

Из шаговых параметров рассмотрен средний шаг неровностей профиля R_{sm} . Близкие относительные значения параметров шероховатости обработанной поверхности получены при шлифовании с охлаждением СОЖ СОЖ 1, СОЖ 2 и СОЖ 3: $R_{sm}(\text{отн})$ изменяется в диапазоне от 0,67 до 0,77 (рис. 2, а). Различия $R_{sm}(\text{отн})$ незначимы при охлаждении СОЖ 1 и СОЖ 3. На границе значимости находятся параметры шероховатости при шлифовании с охлаждением СОЖ 2 и СОЖ 3. Таким образом, средний шаг неровностей профиля с охлаждением СОЖ 1, СОЖ 2 и СОЖ 3 на 23-33 процента меньше по сравнению с базовой СОЖ.

Рис. 1. Относительные значения высотных параметров шероховатости обработанной поверхности: а – $R_a(\text{отн})$; б – $R_p(\text{отн})$; в – $R_v(\text{отн})$

Если впадины неровностей профиля рассматривать, как царапины, оставленные наиболее выступающими вершинами зерен, расположенными на рабочей поверхности шлифовального круга, таких зерен при шлифовании с охлаждением исследуемыми СОЖ в среднем на 30 % больше, чем

с базовой СОЖ 4. О различном характере изменения шагового параметра шероховатости обработанной поверхности, по сравнению с высотными, свидетельствуют и коэффициенты парной корреляции с параметрами R_a , R_p , R_v , изменяющиеся в интервале от 0,66 до 0,70.

Рис. 2. Относительные значения шагового параметра шероховатости обработанной поверхности $R_{sm}(\text{отно})$ (а) и коэффициента шлифования $K_g(\text{отно})$ (б)

Коэффициент шлифования в рассмотренном ряду СОЖ возрастает по сравнению с базовой в следующей пропорции $K_g(\text{СОЖ } 4) : K_g(\text{СОЖ } 3) : K_g(\text{СОЖ } 2) : K_g(\text{СОЖ } 1) = 1,0 : 1,1 : 2,4 : 2,6$ (рис. 2, б). Приблизительно в таком же, но обратном соотношении изменяются высотные параметры шероховатости обработанной поверхности, например, $R_a(\text{СОЖ } 1) : R_a(\text{СОЖ } 2) : R_a(\text{СОЖ } 3) : R_a(\text{СОЖ } 4) = 1,0 : 1,5 : 2,0 : 2,7$. Коэффициенты парной корреляции между высотными параметрами шероховатости обработанной поверхности (R_a , R_p , R_v) и ко-

эффициентом шлифования около 0,9.

Структура обработанной поверхности после шлифования с охлаждением СОЖ 3 является типичной для процесса шлифования титановых сплавов [5] (рис. 3, а). При охлаждении препаратом СОЖ 2 (рис. 3, б) участков с налипшим металлом меньше, на поверхности видны царапины, оставленные вершинами зерен шлифовального круга, что свидетельствует об уменьшении интенсивности адгезионного взаимодействия абразивного материала с обрабатываемым титановым сплавом.

а

б

Рис. 3. Морфология обработанной поверхности

Выводы

Наилучшие результаты по параметрам шероховатости обработанной поверхности и коэффициенту шлифования получены с использованием водного раствора с присадкой натрия фосфорнокислого трехзамещенного.

Из серийно выпускаемых СОЖ меньшее значение высотных и шаговых параметров шероховатости обработанной поверхности при шлифовании титанового сплава обеспечивает концентрат Лукойл ФРЕО MS 3050 EP.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Носенко, В. А. Повышение эффективности шлифования сплавов на основе титана / В. А. Носенко // Инновации в машиностроении (ИнМаш-2019) : сб. тр. X Междунар. науч.-практ. конф. – Кемерово, 2019. – С. 788–796.
2. Носенко, В. А. 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. – № 10. – 2017. – С. 9–18.
3. Реченко, Д. С. Обработка титановых и жаропрочных сплавов высокоскоростным шлифованием / Д. С. Реченко // Омский научный вестник. – 2008. – № 4. – С. 59–61.

4. *Полетаев, В. А.* Качество поверхностного слоя лопаток компрессоров из титана при многокоординатном глубинном шлифовании / В. А. Полетаев, Е. В. Цветков // Научные технологии в машиностроении. – 2017. – № 12. – С. 15–19.

5. *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.

6. *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.

7. *Носенко, В. А.* Совершенствование абразивного инструмента на бакелитовой связке / В. А. Носенко // Проблемы машиностроения и надежности машин. – 2004. – № 3. – С. 85–90.

8. *Nosenko V. A., Krutikova A. A.* Improving abrasive tool cutting properties with the use of impregnators that emit chemically active gas media during thermal decomposition. *Materials Today: Proceedings*. Vol. 19, part 5. [Publisher : Elsevier], 2019. – P. 2041-2045.

9. Справочник технолога / под общ. ред. А. Г. Суслова. – Москва : Инновационное машиностроение, 2019. – 800 с.

10. *Митрофанов, А. П.* Исследование технологии микродозированной подачи смазочных композиций с наночастицами при шлифовании жаропрочного никелевого сплава с дополнительным воздушным охлаждением / А. П. Митрофанов, В. А. Носенко // Обработка металлов (технология, оборудование, инструменты). – 2019. – Т. 21, № 4. – С. 6–18.

11. *Носенко, В. А.* Испытательный комплекс на базе прецизионного профилешлифовального станка с ЧПУ мод. Smart-B1224 III / В. А. Носенко и др. // Известия ВолгГТУ : научный журнал № 5 (184) / ВУолгГТУ. – Волгоград, 2016. – С. 35–39.