

В. А. Носенко, В. Е. Пузырькова, Н. Д. Сердюков, Д. С. Слепцов

**ВЛИЯНИЕ СРЕДЫ НА ПОКАЗАТЕЛИ ПРОЦЕССА ШЛИФОВАНИЯ
СТАЛЕЙ И ТИТАНОВЫХ СПЛАВОВ
ИНСТРУМЕНТОМ ИЗ КОРУНДА И КАРБИДА КРЕМНИЯ**

Волжский политехнический институт (филиал) ВолгГТУ

E-mail: vladim.nosenko2014@yandex.ru

При шлифовании титановых сплавов кругом из карбида кремния СОЖ обеспечивает бесприжоговое шлифование, снижение показателей процесса шлифования. Существенное влияние СОЖ оказывает на отношение одноименных составляющих силы резания на встречном и попутном проходах стола при шлифовании сталей корундовым кругом и титановых сплавов кругом из карбида кремния.

Ключевые слова: шлифование, стали, титановые сплавы, корунд, карбид кремния, СОЖ, показатели процесса.

V. A. Nosenko, V. E. Puzyrkova, N. D. Serdyukov, D. S. Sleptsov

**THE INFLUENCE OF THE MEDIUM ON THE INDICATORS
OF THE GRINDING OF STEELS AND TITANIUM ALLOYS WITH
A TOOL FROM CORUNDUM AND SILICON CARBIDE**

Volzhsy Polytechnic Institute (branch) of VSTU

When grinding titanium alloys with a silicon carbide wheel, the coolant provides cut-free grinding, a decrease in the performance of the grinding process. The coolant has a significant effect on the ratio of the same components of the cutting force on the counter and passing passes of the table when grinding steels with a corundum wheel and titanium alloys with a silicon carbide wheel.

Keywords: Grinding, steels, titanium alloys, corundum, silicon carbide, coolant, process indicators.

Шлифование относится к финишным процессам обработки, поэтому к качеству обработанной поверхности предъявляют особые требования. Например, недопустимым является наличие шлифовочных прижогов и трещин, растягивающих напряжений и пр. Образование данных дефектов связано с повышением контактной температуры в зоне резания [1].

Одной из причин увеличения температуры в зоне резания является адгезионная активность обрабатываемого материала, что в наибольшей степени проявляется в процессе шлифования титановых сплавов. Несмотря на то, что стали на основе железа относят к наименее адгезионно активным металлам, их шлифование также сопровождается адгезионными процессами [2, 3].

Одним из наиболее эффективных методов снижения адгезионной активности и температуры резания, является применение смазочно-охлаждающих технических сред, образующих

в зоне контакта абразив-металл защитные пленки смазки [4, 5]. При шлифовании титановых сплавов наибольшее влияние на показатели процесса оказывает СОЖ с присадкой калия фосфорнокислого трехзамещенного [6, 7]. В ряде случаев возникает необходимость совместного шлифования сталей и титановых сплавов.

Цель работы: исследовать влияние титановой СОЖ в присадкой калия фосфорнокислого трехзамещенного на показатели процесса шлифования сталей и сплавов на основе титана.

Методика исследования

Испытания проведены на плоскошлифовальном станке модели 3711 методом врезного шлифования. Режим обработки: $v - 37$ м/с, $v_s - 12$ м/мин, $S_t - 0,01$ мм/2х, $T - 0,5$ мм. В качестве обрабатываемых металлов использовали стали марок Сталь 10832, Сталь 40Х и титановые сплавы марок ВТ3-1, ВТ22. Длина обрабаты-

емой поверхности 100 мм, ширина 10 мм. Исследования проведены без использования СОЖ (всухую) и с охлаждением специальной СОЖ для шлифования титановых сплавов, содержащей в качестве основной присадки калий фосфорнокислый трехзамещенный. Расход СОЖ 9 л/мин. Характеристики шлифовальных кругов: 24AF60M7B, 54CF60M7B.

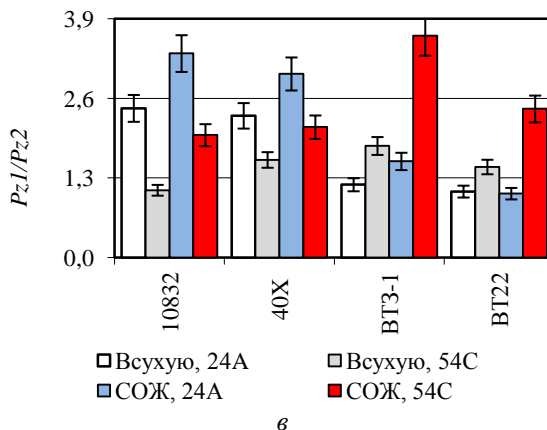
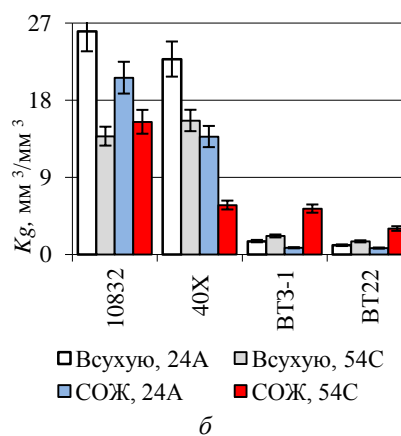
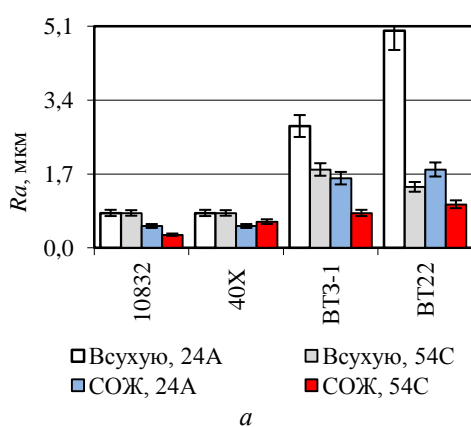
Результаты исследований

При шлифовании корундовым кругом без использования СОЖ шероховатость обработанной поверхности сталей 10832 и 40X различается незначимо (рисунок, а). Коэффициент шлифования стали 40X по сравнению с 10832 снижается на 14 % (рисунок, б).

Согласно принятой методике исследований радиальная подача шлифовального круга осуществляется на двойной ход стола. Перед контактом с заготовкой на каждом встречном движении стола (рабочий ход) шлифовальный круг опускается на 10 мкм. В результате упругих деформаций в системе станка происходит отжим в паре заготовка-инструмент. В связи с этим, снижается глубина

шлифования и объем удаляемого металла. Оставшаяся часть металла удаляется на обратном попутном движении стола (холостой ход). Обратный ход стола происходит без подачи круга, поэтому его можно рассматривать, как чистовой проход.

О соотношении фактических глубин шлифования на рабочем ходе стола, выполняемом с подачей абразивного инструмента, и холостом ходе можно судить по отношению $Pz1 / Pz2$. (рисунок, в). При шлифовании сталей без СОЖ отношение $Pz1 / Pz2$ изменяется в диапазоне 2,3–2,4. Это означает, что горизонтальная составляющая силы резания на попутном движении стола без подачи круга в 2,3–2,4 раза меньше, чем на встречном движении стола с радиальной подачей круга. В данном случае вполне обосновано движение стола на обратном проходе без подачи можно рассматривать, как чистовой проход. Значимого различия отношение $Pz1 / Pz2$ на сталях 10832 и 40X не имеет. Поэтому данный фактор не будет оказывать существенного влияния на шероховатость обработанной поверхности.



Влияние среды и материала абразивного инструмента на среднее арифметическое отклонение профиля Ra (а), коэффициент шлифования Kg (б), отношение составляющих силы резания Pz1/Pz2 (в)

Изменение коэффициента шлифования на 14 % также не оказывает ощутимого влияния на шероховатость обработанной поверхности. Поэтому при шлифовании сталей 10832 и 40X получены одинаковые значения параметра Ra (см. рисунок, *a*).

С использованием СОЖ, по сравнению со шлифованием всухую, Ra на сталях снижается в 1,6 раза с 0,8 до 0,5 мкм. Коэффициент шлифования также снижается: на стали 10832 – в 1,3 раза, на 40X – в 1,7 раза.

С использованием охлаждения отношение сил возрастает до 3,3. Поэтому, несмотря на снижение Kg , при шлифовании с использованием СОЖ благодаря очевидному снижению температуры в зоне резания и интенсивности адгезионного взаимодействия, уменьшению фактической глубины шлифования на чистовом проходе без радиальной подачи происходит снижение шероховатости обработанной поверхности.

Отношение сил на встречной и попутной подачах при шлифовании титановых сплавов корундовым кругом $Pz1/Pz2=1,1-1,2$.

При шлифовании сплавов ВТ3-1 и ВТ22 корундовым кругом с использованием СОЖ шероховатость обработанной поверхности по сравнению со шлифованием всухую снижается, соответственно, в 1,7 и 2,8 раз. Коэффициент шлифования также снижается, соответственно, в 1,9 и 1,6 раз. Тем не менее, на обработанной поверхности также образуются прижоги, хотя и в меньшей степени, чем при шлифовании всухую.

Одной из возможных причин снижения Kg корундовым кругом с переходом от шлифования всухую к использованию СОЖ может быть эффект термоудара [8].

СОЖ оказывает существенное влияние на интенсивность адгезионного взаимодействия карбида кремния с титановым сплавом [4]. Тем не менее, при шлифовании инструментом из корунда эффективность от действия СОЖ не в состоянии конкурировать с влиянием высокой интенсивности физико-химического взаимодействия корунда с титановым сплавом.

По сравнению с корундовым инструментом коэффициент шлифования всухую сталей кругом из карбида кремния в 2 раза меньше. Шероховатость обработанной поверхности при шлифовании кругом из карбида кремния и корунда одинакова. Отношение сил $Pz1/Pz2$ при шлифовании кругом из карбида кремния сталей 10832 и 40X в 2,2 и 1,5 раз меньше. Например,

при шлифовании стали 10832 кругом из карбида кремния $Pz1/Pz2=1,1$, то есть составляющая $Pz2$ на обратном проходе без радиальной подачи всего на 10 % меньше, чем на проходе с подачей 0,01 мм. При шлифовании корундовым кругом без СОЖ отношение $Pz1/Pz2=2,4$.

При обработке без СОЖ титановых сплавов кругом из карбида кремния Kg сплава ВТ22 в 1,7 раза меньше по сравнению со сплавом ВТ3-1. Коэффициент шлифования сплава ВТ3-1 по сравнению со сталями 10832 и 40X снизился, соответственно, в 6,6 и 9,2 раз, сплава ВТ22 – в 7,4 и 10,4 раз. С переходом от шлифования всухую к использованию СОЖ Kg сплава ВТ3-1 увеличился в 2,5 раза, сплава ВТ22 – в 2,0 раза. Таким образом, только при шлифовании титановых сплавов переход от шлифования всухую к обработке с использованием специальной «титановой» СОЖ обеспечивает повышение коэффициента шлифования. При шлифовании более труднообрабатываемого титанового сплава ВТ22 коэффициент шлифования возрастает в меньшей степени, чем на сплаве ВТ3-1.

Шероховатость обработанной поверхности сплава ВТ3-1 почти на 30 % больше, чем сплава ВТ22. С переходом от шлифования всухую к использованию СОЖ Ra на сплавах ВТ3-1 и ВТ22 снижается, соответственно, в 2,2 и 1,4 раз.

Выводы

При шлифовании с радиальной подачей на двойной ход стола введен показатель: отношение составляющей силы резания при движении стола с радиальной подачей шлифовального круга к одноименной составляющей силы резания на обратном движении стола без подачи, позволяющий сделать сравнительную оценку фактической глубины резания на данных движениях стола станка.

При шлифовании сталей и титановых сплавов корундовым кругом переход от шлифования всухую к охлаждению специальной «титановой» СОЖ сопровождается снижением коэффициента шлифования и шероховатости обработанной поверхности.

Многokратное увеличение коэффициента шлифования с использованием «титановой» СОЖ происходит при обработке титановых сплавов на основе титана кругом из карбида кремния. Из титановых сплавов ВТ3-1 и ВТ22 наибольшее влияние СОЖ оказывает на показатели процесса шлифования менее труднообрабатываемого сплава ВТ3-1.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Manoj, K. S.* Application of eco-friendly nanofluids during grinding of Inconel 718 through small quantity lubrication / K. S. Manoj, R. Madarkar, S. Ghosh, P. V. Rao // Journal of Cleaner Production. 2017. Vol. 141. PP. 1359-1375.

2. *Quing, M.* Comparative investigation on wear behavior of brown alumina and microcrystalline alumina abrasive wheels during creep feed grinding of different nickel-based superalloys / M. Quing, D. Wenfeng, G. Yulong, X. Jihua // Wear. 2019. Vol. 426. PP. 1624-1634.

3. *Chaudhari, A.* Surface integrity characterization of austenitic, martensitic and ferritic stainless steel under different grinding process / A. Chaudhari, A. S. Awale, A. K. Chakrabarti // Materials Research Express. – 2019. – Vol. 6 (11).

4. *Носенко, В. А.* Шлифование адгезионно-активных металлов / В. А. Носенко. – М. : Машиностроение, 2000. – 262 с.

5. *Носенко, С. В.* Влияние СОТС и твердости круга на коэффициент шлифования и шероховатость поверхности при обработке титанового сплава / С. В. Носенко, В. А. Носенко, Л. Л. Кременецкий, Н. Д. Сердюков // Международный научно-исследовательский журнал. 2015. № 12. С. 156–161.

6. *Носенко, В. А.* Выбор характеристики абразивного инструмента и СОЖ для глубинного шлифования / В. А. Носенко, Н. Ф. Егоров, М. П. Волков // Вестник машиностроения. – 1989. – № 5. – С. 17–21.

7. *Носенко, В. А.* Технология шлифования : монография / В. А. Носенко, С. В. Носенко; ВПИ (филиал) ГОУВПО ВолгГТУ. – Волгоград: ИУНЛ ВолгГТУ. – 2011. – 425 с.

8. *Носенко, В. А.* Роль охлаждающих свойств среды в изнашивании абразива / В. А. Носенко, Г. И. Саютин // Абразивы. – 1975. – № 3. – С. 5–6.