

УДК 621.91

## Влияние режимов резания на износостойкость инструментов с покрытием $TiB_2$ при обработке титанового сплава

Л.Ш. Шустер<sup>1</sup>, Г.С. Фокс-Рабинович<sup>2</sup>, С.В. Чертовских<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Уфимский государственный авиационный технический университет,  
ул. К. Маркса, д. 12, г. Уфа 450008, Россия

<sup>2</sup>Университет Макмастер,  
1280 Main Street West, ON L8S4L7, Гамильтон, Канада

Поступила в редакцию 19.07.2021.

После доработки 07.12.2021.

Принята к публикации 10.12.2021.

Исследовано влияние режимов резания на триботехнические характеристики и износостойкость режущих инструментов с покрытием  $TiB_2$  и без покрытия при обработке легированного титанового сплава  $TiAl6V4$ . Установлено, что при обработке сплава  $TiAl6V4$  эффективность нанесения покрытия  $TiB_2$  на твердосплавные режущие инструменты существенно зависит от условий резания. Оценки износа в сочетании с РФЭС и СЭМ-исследованиями изношенных поверхностей показывают, что инструменты с покрытием  $TiB_2$  наиболее эффективно применять при черновой токарной обработке на низких скоростях резания (45 м/мин) и большой глубине резания (2 мм) в условиях интенсивного наростообразования. Предполагается, что это связано с образованием термобарьерных плёнок  $TiC$ , а также большого количества трибооксида  $V_2O_3$ , который служит жидкой смазкой. При чистовой обработке (на финишной операции) при более высоких скоростях резания (80 и 150 м/мин), когда преобладает кратерный износ по передней поверхности резца, износостойкость инструмента с покрытием и без покрытия практически одинаковая. Это указывает на то, что не существует универсального решения для различных условий обработки легированного титанового сплава, когда доминируют разные механизмы износа.

**Ключевые слова:** износ режущего инструмента; титановый сплав  $TiAl6V4$ ; инструмент с покрытием  $TiB_2$ ; режимы резания.

**DOI:** 10.32864/0202-4977-2021-42-6-707-716

**Адрес для переписки:**

С.В. Чертовских  
Уфимский государственный авиационный технический университет,  
ул. К. Маркса, д. 12, г. Уфа 450008, Россия  
e-mail: chertovskikh@mail.ru

**Address for correspondence:**

S.V. Chertovskikh  
Ufa State Aviation Technical University,  
st. K. Marksa, 12, Ufa 450008, Russia  
e-mail: chertovskikh@mail.ru

**Для цитирования:**

Л.Ш. Шустер, Г.С. Фокс-Рабинович, С.В. Чертовских.  
Влияние режимов резания на износостойкость инструментов с покрытием  $TiB_2$  при обработке титанового сплава.  
Трение и износ.  
2021. — Т. 42, № 6. — С. 707–716.  
**DOI:** 10.32864/0202-4977-2021-42-6-707-716

**For citation:**

L.Sh. Shuster, G.S. Fox-Rabinovich, and S.V. Chertovskikh.  
[Influence of Cutting Conditions on Wear Resistance of Tools with  $TiB_2$  Coating During Titanium Alloy Machining].  
*Trenie i Iznos*.  
2021, vol. 42, no. 6, pp. 707–716 (in Russian).  
**DOI:** 10.32864/0202-4977-2021-42-6-707-716

# Influence of Cutting Conditions on Wear Resistance of Tools with TiB<sub>2</sub> Coating During Titanium Alloy Machining

L.Sh. Shuster<sup>1</sup>, G.S. Fox-Rabinovich<sup>2</sup>, and S.V. Chertovskikh<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Ufa State Aviation Technical University,  
st. K. Marksa, 12, Ufa 450008, Russia

<sup>2</sup>McMaster University,  
1280 Main Street West, ON L8S4L7, Hamilton, Canada

Received 19.07.2021.

Revised 07.12.2021.

Accepted 10.12.2021.

## Abstract

The effect of cutting conditions on the tribotechnical characteristics and wear resistance of cutting tools with and without TiB<sub>2</sub> coating during processing of an alloyed titanium alloy TiAl6V4 has been investigated. It was found that when processing TiAl6V4 alloy, the efficiency of TiB<sub>2</sub> coating on carbide cutting tools significantly depends on the cutting conditions. Wear estimates in combination with XPS and SEM studies of worn surfaces show that TiB<sub>2</sub> coated tools are most efficiently used for rough turning at low cutting speeds (45 m/min) and a large depth of cut (2 mm) under conditions of intense build-up. It is assumed that this is due to the formation of thermal barrier films of TiC, as well as a large amount of tribooxide B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, which serves as a liquid lubricant. During finishing (at the finishing operation) at higher cutting speeds (80 and 150 m/min), when crater wear on the front surface of the cutter prevails, the wear resistance of the coated and uncoated tools is practically the same. This indicates that there is no one-size-fits-all solution for different machining conditions of alloyed titanium alloy when different wear mechanisms dominate.

**Keywords:** wear of the cutting tool; titanium alloy TiAl6V4; TiB<sub>2</sub> coated tool; cutting conditions.

**DOI:** 10.32864/0202-4977-2021-42-6-707-716

---

### Адрес для переписки:

С.В. Чертовских  
Уфимский государственный авиационный технический университет,  
ул. К. Маркса, д. 12, г. Уфа 450008, Россия  
e-mail: chertovskikh@mail.ru

### Address for correspondence:

S.V. Chertovskikh  
Ufa State Aviation Technical University,  
st. K. Marksa, 12, Ufa 450008, Russia  
e-mail: chertovskikh@mail.ru

---

### Для цитирования:

Л.Ш. Шустер, Г.С. Фокс-Рабинович, С.В. Чертовских.  
Влияние режимов резания на износостойкость инструментов с покрытием TiB<sub>2</sub> при обработке титанового сплава.  
Трение и износ.  
2021. — Т. 42, № 6. — С. 707–716.  
**DOI:** 10.32864/0202-4977-2021-42-6-707-716

### For citation:

L.Sh. Shuster, G.S. Fox-Rabinovich, and S.V. Chertovskikh.  
[Influence of Cutting Conditions on Wear Resistance of Tools with TiB<sub>2</sub> Coating During Titanium Alloy Machining].  
*Trenie i Iznos*.  
2021, vol. 42, no. 6, pp. 707–716 (in Russian).  
**DOI:** 10.32864/0202-4977-2021-42-6-707-716

## Список использованных источников

1. **Veiga C., Davim J.P., and Loureiro A.J.R.** Properties and Applications of Titanium Alloys: A Brief Review // *Rev. Adv. Mater. Sci.* — 2012 (32), 133—148
2. **M'Saoubi R., Axinte D., Soo S.L., Nobel C., Attia H., Kappmeyer G., Engin S., and Sim W.M.** High Performance Cutting of Advanced Aerospace Alloys and Composite Materials // *CIRP Ann. Manuf. Technol.* — 2015 (64), 557—580
3. **Cherukuri R. and Molain P.** Lathe Turning of Titanium Using Pulsed Laser Deposited, Ultra-Hard Boride Coatings of Carbide Inserts // *Mach. Sci. Technol.* — 2003, no. 7, 119—135
4. **Arrazola P.-J., Garay A., Iriarte L.-M., Armendia M., Marya S., and Le Maitre F.** Machinability of Titanium Alloys (Ti6Al4V and Ti555.3) // *J. Mater. Process. Technol.* — 2009 (209), 2223—2230
5. **Ikuta A., Shinozaki K., Masuda H., Yamane Y., Kuroki H., and Fukaya Y.** Consideration of the Adhesion Mechanism of Ti Alloys Using a Cemented Carbide Tool During the Cutting Process // *J. Mater. Process. Technol.* — 2002 (127), 251—255
6. **Hatt O., Crawford P., and Jackson M.** On the Mechanism of Tool Crater Wear During Titanium Alloy Machining // *Wear.* — 2017 (374—375), 15—20
7. **Zhang S., Li J., Deng J., and Li Y.** Investigation on Diffusion Wear During High-Speed Machining Ti-6Al-4V Alloy with Straight Tungsten Carbide Tools // *Int. J. Adv. Manuf. Technol.* — 2009 (44), 17—25
8. **Misochenko A.A., Chertovskikh S.V., Shuster L.Sh., and Stolyarov V.V.** Influence of Grain Size and Contact Temperature on the Tribological Behaviour of Shape Memory Ti49.3Ni50.7 Alloy // *Tribology Letters.* — 2017 (65), no. (4):131, 1—7
9. **Шустер Л.Ш., Мигранов М.Ш., Чертовских С.В., Садыкова А.Я.** Триботехнические характеристики титана с ультрамелкозернистой структурой // *Трение и износ.* — 2005 (26), № 2, 208—214
10. **Чертовских С.В., Шустер Л.Ш., Столяров В.В.** Триботехнические свойства нитинола, полученного интенсивной пластической деформацией // *Трение и износ.* — 2005 (26), № 1, 80—83

## References

1. **Veiga C., Davim J.P., and Loureiro A.J.R.** Properties and Applications of Titanium Alloys: A Brief Review // *Rev. Adv. Mater. Sci.* — 2012 (32), 133—148
2. **M'Saoubi R., Axinte D., Soo S.L., Nobel C., Attia H., Kappmeyer G., Engin S., and Sim W.M.** High Performance Cutting of Advanced Aerospace Alloys and Composite Materials // *CIRP Ann. Manuf. Technol.* — 2015 (64), 557—580
3. **Cherukuri R. and Molain P.** Lathe Turning of Titanium Using Pulsed Laser Deposited, Ultra-Hard Boride Coatings of Carbide Inserts // *Mach. Sci. Technol.* — 2003, no. 7, 119—135
4. **Arrazola P.-J., Garay A., Iriarte L.-M., Armendia M., Marya S., and Le Maitre F.** Machinability of Titanium Alloys (Ti6Al4V and Ti555.3) // *J. Mater. Process. Technol.* — 2009 (209), 2223—2230
5. **Ikuta A., Shinozaki K., Masuda H., Yamane Y., Kuroki H., and Fukaya Y.** Consideration of the Adhesion Mechanism of Ti Alloys Using a Cemented Carbide Tool During the Cutting Process // *J. Mater. Process. Technol.* — 2002 (127), 251—255
6. **Hatt O., Crawford P., and Jackson M.** On the Mechanism of Tool Crater Wear During Titanium Alloy Machining // *Wear.* — 2017 (374—375), 15—20
7. **Zhang S., Li J., Deng J., and Li Y.** Investigation on Diffusion Wear During High-Speed Machining Ti-6Al-4V Alloy with Straight Tungsten Carbide Tools // *Int. J. Adv. Manuf. Technol.* — 2009 (44), 17—25
8. **Misochenko A.A., Chertovskikh S.V., Shuster L.Sh., and Stolyarov V.V.** Influence of Grain Size and Contact Temperature on the Tribological Behaviour of Shape Memory Ti49.3Ni50.7 Alloy // *Tribology Letters.* — 2017 (65), no. (4):131, 1—7
9. **Shuster L.Sh., Migranov M.Sh., Chertovskikh S.V., Sadykova A.Ya.** Tribotechnical characteristics of titanium with an ultrafine-grained structure // *Friction and wear.* — 2005 (26), № 2, 208—214 (in Russian)
10. **Chertovskikh S.V., Shuster L.Sh., and Stolyarov V.V.** Tribotechnical Properties of Nitinol Obtained by Severe Plastic Deformation // *Friction and Wear.* — 2005 (26), no. 1, 80—83 (in Russian)

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@tut.by](mailto:FWJ@tut.by)