

2. Соколов Г. Н., Лысак В. И. Наплавка износостойких сплавов на прессовые штампы и инструмент для горячего деформирования сталей – Волгоград : ВолгГТУ, 2005. – 284 с.
3. Кальянов В. Н., Багров В. А. Мартенситно-старееющие стали для наплавки штампов // Сварочное производство. – 2003. – № 2. – С. 35–37.
4. Геллер Ю. А., Кремнев Л. С., Линник В. А. Инструментальные мартенситно-старееющие стали системы Fe-Ni-Co-Mo // Металловедение и термическая обработка металлов. – 1976. – № 5. – С. 11–14.
5. Износостойкая наплавка ножей горячей резки металлопроката / Е. Н. Еремин, Ю. О. Филиппов, Д. Г. Покровский и др. // Заготовительные производства в машиностроении. – 2008. – № 4. – С. 17–19.
6. Лосев А. С., Еремин Е. Н., Филиппов Ю. О. Исследование влияния боридов на упрочнение мартенситно-старееющей стали // Омский научный вестник. – 2010. – № 2. – С. 131–134.
7. Лосев А. С., Еремин Е. Н. Исследование влияния боридов на структуру и свойства мартенситно-старееющей стали // Омский научный вестник. – 2011. – № 1. – С. 29–33.

Поступила 05.06.12

УДК 621.81

В.С. Панов, д-р техн. наук; **В.Н. Шуменко**, канд. техн. наук

*ФГОУ ВПО «Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС»,
г. Москва, Россия*

ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ СВОЙСТВА ТВЕРДОСПЛАВНОГО ИНСТРУМЕНТА С ПОКРЫТИЕМ НИТРИДОМ КРЕМНИЯ

Приведены результаты стойкостных испытаний при резании твердосплавных пластин марок ВК6 и ТГ10К8Б с покрытием. Полученные результаты подтверждены испытаниями на Камском автозаводе. Установлено, что покрытие из Si_3N_4 позволяет увеличить стойкость инструмента в 2–4 раза по сравнению с инструментом без покрытия и в 1,7–1,8 раза по сравнению с пластинами с покрытием TiC.

Ключевые слова: *сплав, режущий инструмент, многогранные неперетачиваемые пластины, стойкость при резании, свойства, покрытие, режим.*

Одним из основных путей развития и совершенствования твердосплавного режущего инструмента являются многогранные неперетачиваемые пластины (МНП) с износостойким покрытием.

Несмотря на то что в настоящее время более 90% режущего инструмента выпускается с покрытиями, до сих пор не разработаны единые требования к свойствам используемого для покрытия материала. В связи с тем, что ни один из используемых материалов не отвечает предъявляемым требованиям, работы в этом направлении весьма актуальны.

В настоящем исследовании в качестве покрытия был выбран нитрид кремния, который отвечает основным свойствам материала покрытия [1, 2].

В работе изучали эксплуатационные свойства твердосплавного режущего инструмента с покрытием из нитрида кремния, полученного газofазным осаждением на инструмент [3, 4]. Оптимальный режим нанесения покрытия установили следующий: температура 1000 ± 20 °С; соотношение $SiCl_4 : NH_3 = 8 : 1$; разрежение в реакционной камере $0,1\text{--}4,0 \pm 0,06$ кПа; расход газовой смеси – $100\text{--}400 \pm 10$ л/ч; скорость потока газовой смеси

изменяли от 3,0 до 13,0±1,0 м/ч. Скорость осаждения и толщину покрытия оценивали по изменению массы образца в единицу времени на единицу площади поверхности. Покрытия наносили на режущие пластины из твердых сплавов марок ВК6 и ТТ10К8Б. Полученные результаты сравнивали с результатами исследования покрытия из карбида титана. Механические, физические, трибологические и режущие свойства образцов определяли по стандартной методике для твердых сплавов [5].

Свойства взятых для испытания на стойкость твердосплавных пластин приведены в табл. 1–3.

Таблица 1. Предел прочности при изгибе ($\sigma_{изг}$), трещиностойкость (K_{IC}) сплавов марок ВК6 и ТТ10К8Б

| Марка сплава | Тип покрытия | Толщина покрытия, мкм | Трещиностойкость K_{IC} , МПа·м ^{1/2} | $\sigma_{изг}$, МПа (кгс/мм ²) |
|--------------|-------------------------------------|-----------------------|--|---|
| ВК6 | Без покрытия | - | 8,1 | 1510 (158) |
| ВК6 | Si ₃ N ₄ | 7 | 7,4 | 1480 (152) |
| ВК6 | TiC | 7 | 6,1 | 1430 (149) |
| ВК6 | Si ₃ N ₄ +TiC | 6 + 2 | 8,0 | 1470 (151) |
| ТТ10К8Б | Без покрытия | - | 8,0 | 1610 (169) |
| ТТ10К8Б | Si ₃ N ₄ | 8 | 7,7 | 1580 (165) |
| ТТ10К8Б | TiC | 8 | 6,3 | 1550 (159) |
| ТТ10К8Б | Si ₃ N ₄ +TiC | 6 + 2 | 8,0 | 1560 (161) |

Таблица 2. Микротвердость твердых сплавов с покрытием

| Марка сплава | Тип покрытия | Толщина покрытия, мкм | Микротвердость, HV, ГПа (кгс/мм ²) |
|--------------|-------------------------------------|-----------------------|--|
| ВК6 | Si ₃ N ₄ | 8 | 18,6 (1900) |
| ВК6 | TiC | 8 | 17,9 (1830) |
| ВК6 | Si ₃ N ₄ +TiC | 6 + 2 | 18,1 (1860) |
| ТТ10К8Б | Si ₃ N ₄ | 8 | 18,5 (1890) |
| ТТ10К8Б | TiC | 8 | 18,4 (1890) |
| ТТ10К8Б | Si ₃ N ₄ +TiC | 6 + 2 | 18,3 (1890) |

Таблица 3. Коэффициент трения резцов по обрабатываемому материалу

| Марка сплавов | Коэффициент трения резцов | |
|--|---------------------------|------------|
| | по стали | по чугуноу |
| ВК6, ТТ10К8Б | 1,47–1,55 | 1,6–1,8 |
| С покрытием Si ₃ N ₄ | 0,89–0,96 | 1,05–1,15 |
| С покрытием TiC | 1,32–1,38 | 1,47–1,69 |

Лабораторные испытания режущих свойств МНП марок ВК6 и ТТ10К8Б без покрытия, с покрытиями Si₃N₄, Si₃N₄ и подслоем TiC, а также TiC проводили в соответствии с методикой, изложенной в ОСТ 48-99-76. Покрытия наносили по установленному оптимальному режиму. Для сравнения были взяты стандартные промышленные образцы МНП сплавов марок ВК6 и ТТ10К8Б. Результаты определения режущих свойств приведены в табл. 4.

Таблица 4. Режущие свойства твердых сплавов

| Марка сплава | Тип покрытия | Обрабатываемый материал | Режим обработки | Величина износа, мм | Средняя стойкость, мин | Коэффициент стойкости, $K_{ст}$ |
|--------------|-------------------------------------|-------------------------|----------------------------|---------------------|------------------------|---------------------------------|
| ВК6 | Без покрытия | Чугун марки С4 28-48 | $v = 150$ м/мин (скорость) | 0,8 | 11,5 | 1,0 |
| ВК6 | Si ₃ N ₄ | | $t = 1,0$ мм (глубина) | 0,54 | 36,8 | 3,7 |
| ВК6 | TiC | | $s = 0,2$ мм/об (подача) | 0,58 | 27,6 | 2,4 |
| ВК6 | Si ₃ N ₄ +TiC | | | 0,53 | 40,0 | 3,8 |
| ВК6 | Без покрытия | Чугун марки С4 32-52 | $v = 200$ м/мин (скорость) | 0,5 | 6,5 | 1,0 |
| ВК6 | Si ₃ N ₄ | | $t = 1,0$ мм (глубина) | 0,5 | 14,0 | 2,1 |
| ВК6 | TiC | | $s = 0,2$ мм/об (подача) | 0,5 | 13,5 | 2,0 |
| ВК6 | Si ₃ N ₄ +TiC | | | 0,5 | 14,0 | 2,1 |
| ТТ10К8Б | Без покрытия | сталь марки 50 | $v = 160$ м/мин (скорость) | 0,84 | 18,4 | 1,0 |
| ТТ10К8Б | Si ₃ N ₄ | | $t = 1,0$ мм (глубина) | 0,3 | 46,0 | 2,5 |
| ТТ10К8Б | TiC | | $s = 0,2$ мм/об (подача) | 0,3 | 53,4 | 2,9 |
| ТТ10К8Б | Si ₃ N ₄ +TiC | | | 0,3 | 54,9 | 3,0 |
| ТТ10К8Б | Без покрытия | сталь марки ЭИ-654 | $v = 60$ м/мин (скорость) | 0,83 | 7,0 | 1,0 |
| ТТ10К8Б | Si ₃ N ₄ | | $t = 1,9$ мм (глубина) | 0,5 | 14,0 | 2,0 |
| ТТ10К8Б | TiC | | $s = 0,2$ мм/об (подача) | 0,5 | 14,5 | 2,0 |
| ТТ10К8Б | Si ₃ N ₄ +TiC | | | 0,5 | 13,5 | 1,9 |

Как следует из данных табл. 4, средняя стойкость пластин марки ВК6 при точении чугуна марки С4 28-48 с покрытием TiC составляла 2,4, а с Si₃N₄ - 3,7. При точении чугуна С4 32-52 стойкость пластин со всеми покрытиями приблизительно одинакова, однако в 2–4 раза превышает стойкость пластин без покрытия. Аналогичные данные получены при точении образцов из марок стали 50 и ЭИ-654. Следовательно покрытие с нитридом кремния позволяет повысить стойкость резцов в 2,0–3,5 раза.

Для производственных испытаний была выпущена укрупненная партия МНП из сплавов марки ВК6 форморазмера 2008-1260 и марки ТТ10К8Б форморазмера 2008-1057 согласно ТУ 19-4206-95-80. Испытания проводили на КАМАЗе. Осуществляли операцию предварительного обтачивания чугунных гильз цилиндров автомобильных двигателей в соответствии с установленным на заводе режимом обработки для сплава марки ВК6: скорость резания $V = 85$ м/мин, подача на оборот $S = 0,3$ мм/об, глубина резания $t = 5,0$ мм.

Результаты испытаний приведены в табл. 5.

Таблица 5. Режущие свойства сплава ВК6, испытанного на Камском автозаводе

| Марка сплава | Средняя стойкость T_{cp} , мин | Средний износ, мм | $K_{ст} = \frac{T_{cp}}{T_{cp.эт}}$ | Обрабатываемый материал |
|---------------------------|----------------------------------|-------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|
| ВК6 с покрытием Si_3N_4 | 52–59 | 0,6–0,8 | 1,7–1,9 | Специальный чугун ($HB = 230–250$) |
| ВК6 без покрытия | 25–32 | 1,0–1,65 | 1,0 | |

Коэффициент стойкости пластин с покрытием Si_3N_4 составлял 1,7–1,9 по сравнению с контрольными пластинами без покрытия.

Испытания пластин из сплавов марки ТТ10К8Б по ряду причин перенесены на неопределенный срок.

Результаты исследований режущих свойств твердосплавных МНП с покрытиями Si_3N_4 , Si_3N_4 с подслоем TiC свидетельствуют, что в случае применения таких МНП стойкость режущего инструмента увеличивается в 2–4 раза по сравнению со стойкостью инструментов без покрытия.

Выводы

1. Изучены физические, механические и трибологические свойства МНП из твердого сплава марок ВК6 и ТТ10К8Б с покрытиями Si_3N_4 , Si_3N_4 с подслоем TiC в сравнении с аналогичными свойствами сплавов без покрытия и с покрытием TiC.

2. Приведены результаты испытаний МНП с покрытием Si_3N_4 и без него при точении чугуна и стали по стандартной методике.

3. Применение МНП с покрытием из нитрида кремния позволяет повысить стойкость режущего инструмента 2–4 раза по сравнению со стойкостью режущих инструментов без покрытия.

4. Полученные результаты подтверждают перспективность применения Si_3N_4 в качестве износостойкого покрытия на твердом сплаве при точении чугуна и стали.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, проект № 10-08-00016.

Наведено результати стійкісних випробувань при різанні твердосплавних пластин марок ВК6 і ТТ10К8Б з покриттям. Отримані результати підтверджені випробуваннями на Камському автозаводі. Встановлено, що покриття з Si_3N_4 дозволяє збільшити стійкість інструмента в 2–4 рази в порівнянні з інструментом без покриття і в 1,7–1,8 рази в порівнянні з пластинами з покриттям TiC.

Ключові слова: *сплав, ріжучий інструмент, багатогранні непереточеванні пластини, стійкість при різанні, властивості, покриття, режим.*

The results of tests of resistance to cutting in cutting grades of carbide plates and ВК6 ТТ10К8В coated. The results are confirmed by tests at the Kama Automobile Plant. Found that the coating of Si_3N_4 can increase tool life by 2–4 times compared to the uncoated tool and 1,7–1,8 times compared with plates coated with TiC.

Key words: *alloy cutting tools, polyhedral unresharpen plates, resistance to cutting, properties, coating mode.*

Литература

1. Керамические инструментальные материалы // Г. Г. Гнесин, И. И. Осипова, Г. Д. Ронталь и др.; под ред. Г. Г. Гнесина. – К.: Техника, 1991. – 338 с.
2. Инструментальная керамика на основе наноразмерных порошков / В. И. Румянцев, А. С. Осмаков, С. С. Орданьян и др. // Инструментальный світ. – 2010. – № 4 (48). – С 13–16.
3. Емяшев А. В. Газофазная металлургия тугоплавких соединений. – М.: Металлургия, 1987. – 207 с.
4. Панов В. С., Чувилин А. М., Фальковский В. А. Технология и свойства спеченных твердых сплавов и изделий из них. – М.: МИСиС, 2004. – 462 с.
5. Третьяков В. И. Основы металловедения и технологии производства спеченных твердых сплавов. М.: Металлургия, 1976. – 528 с.

Поступила 19.01.12

УДК 621.762

Е. А. Левашов, акад. РАЕН¹, **А. А. Зайцев**¹, **В. В. Курбаткина**¹, кандидаты технических наук; **С. И. Рупасов**¹, **П. А. Логинов**¹; **В. Н. Шуменко**, канд. техн. наук, **В. А. Андреев**², канд. физ.-мат. наук

¹ФГОУ ВПО «Национальный исследовательский автономный технологический университет «МИСиС», г. Москва, Россия

²ЗАО «Кермет», г. Москва, Россия

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПРЕССОВАНИЯ

Проанализирована модель процесса уплотнения связующего материала с абразивными частицами.

Ключевые слова: связка, абразивные частицы, канатная пила.



Рис. 1. Общий вид канатной пилы

Одним из видов применяемых для резки инструментов является канатная пила, изображенная на с режущими элементами перлинами (рис. 1).

Перлины изготовляют с использованием методов порошковой металлургии. К материалу связки, режущему зерну и его режущим кромкам предъявляются определенные требования.

Общий вид перлины после прессования показан на рис. 2.



Рис. 2. Общий вид перлины после прессования