

УДК 621.9.025.7

Н. М. Прокопив, С. И. Джелялов, кандидаты технических наук, В. Н. Нечипоренко.

Институт сверхтвердых материалов им. В. Н. Бакуля НАН Украины, г. Киев

СТОЙКОСТНЫЕ ИСПЫТАНИЯ НОВОЙ КЕРАМИКИ ZIRCA В УСЛОВИЯХ ЧИСТОВОГО ТОЧЕНИЯ

In work results tests of new ceramics ZIRCA of tool appointment in the course of cutting the tempered chromic steel are presented.

Как известно, Украина является государством с мощной машиностроительной отраслью. Предприятия страны («Новокраматорский машиностроительный завод» (НКМЗ), «Макеевский металлургический завод», «Луцкий автомобильный завод» (ЛуАЗ), «Харьковский тракторный завод» (ХТЗ), «Мариупольский металлургический комбинат им. Ильича», «Азовмаш», «Харьковский подшипниковый завод», «Мотор сич» и т. д.) используют широкую номенклатуру труднообрабатываемых материалов, в том числе детали из металлических сплавов, легированных хромом, никелем и другими компонентами, от которых требуются высокая твердость, износостойкость и контактная прочность. Такие детали, зачастую поставляются перед эксплуатацией в закаленном виде и требуют получистовой и чистовой механической обработки. Для этой цели используется инструмент оснащенный керамикой режущего назначения. Практика применения такого инструмента свидетельствует о том, что предприятия чаще всего используют для обработки керамику оксидно-карбидного (смешанного) типа (на основе $Al_2O_3-TiC(Ti(C,N))$) [1–6], которая на отечественном рынке представлена пластинами марки ВОК-71 производства Светловодского комбината твердых сплавов и тугоплавких металлов. Наряду с этим широко применяют пластины марки СС650 (фирмы «Sandvik Coromant», Швеция), которые по химическому составу являются примерным аналогом пластин марки ВОК-71. Широкое применение инструментальной керамики указанной группы вызвано наличием у нее наиболее оптимальных физико-механических характеристик (см. таблицу) в сочетании с высокой адгезионно-химической стойкостью к большинству конструкционных материалов, применяемых в машиностроении.

Характеристики керамических материалов

Марка керамического материала	Твердость HV15, ГПа	Трещиностойкость K_{Ic} , МПа·м ^{1/2}	Теплопроводность λ , Вт/(м·К)	Прочность при изгибе R_{bm} , МПа
ZIRCA	18,3–18,7	5,2–5,6	24–26	700–750
СС650	19,0–19,2	4,1–4,4	24*	400–500*
ВОК-71	18,5–18,8	4,2–4,5	20–24*	650–750*

* – справочные данные. Другие данные измерены в лаборатории ИСМ НАН Украины.

К основным проблемам инструмента, оснащенного керамикой смешанного типа, ограничивающим его применение, относится низкая прочность [8–10]. Так, при обработке мартенситной нержавеющей стали марки AISI 410 (HRC 60) и стали EN 24 (HRC 45) [8] на задней поверхности, пластин из керамики марки СС650 наблюдается так называемый «канавочный» износ, что объясняется низкой трещиностойкостью. Кроме того, инструмент из керамического материала марки ВОК-71, применяемый при обработке серых чугунов [10], проявляет нестабильность за счет возникновения по нижней границе фаски износа на задней

поверхности большого количества проточек, свидетельствующих о скалывании режущей кромки. Проблема низкой трещиностойкости керамики проявляется также при полустойковой механической обработке деталей, склонных к поводке и короблению после термической обработки, а также при восстановлении рабочих поверхностей изношенных комплектующих (подшипниковых колец, валов для колесных пар составов, шейки коленчатых валов и др.), имеющих дефекты в виде рифлений, наплывов и других поверхностных дефектов.

Указанные проблемы усугубляются тенденциями развития современного металлообрабатывающего производства: повышением скорости резания, расширением номенклатуры используемых на предприятиях труднообрабатываемых конструкционных материалов, что требует создания новых высокоэффективных материалов для обеспечения конкурентоспособного развития предприятий. Это способствует не только повышению эффективности механической обработки, но и снижению затрат на закупку импортного инструмента и расширению экспорта инструментальных материалов отечественного производства.

Для решения данной проблемы специалистами ИСМ НАН Украины был разработан новый керамический инструментальный материал марки «ZIRCA» [11], полученный при использовании реакционной технологии синтеза в системе $ZrO_2(m)-Al-C$. Состав разработанного материала ($Al_2O_3-ZrC-ZrO_2(m)-Al_2Zr$) существенно отличается от составов материалов смешанной керамики известных марок, к тому же «ZIRCA» обладает большей трещиностойкостью (K_{1c}) (см. табл. 1).

Таким образом, установление потенциальных возможностей нового инструментального материала при резании труднообрабатываемых сплавов и определение областей его рационального применения представляет научный и практический интерес

Цель настоящей работы – установить зависимость стойкости инструмента из новой керамики от времени по сравнению со стандартными материалами, изучить характер его износа в процессе точения закаленной стали ШХ15 с различными подачами и определить возможные условия его продуктивной работы.

Методика исследований.

Стойкость резцов, оснащенных многогранными неперетачиваемыми пластинами из материала марки ZIRCA, определяли на токарно-винторезном станке повышенной точности марки 1Э61М при обработке вала из стали ШХ15, закаленной до HRC 56–58. Для исследований изготовили пластины квадратной формы SNGN 120412 (рис. 1, а). Резцы затачивали на универсально-заточном станке модели ВВ-029 алмазными кругами 12А2–45° 150×150×32 АСН 20/14 В2-01-4. Шероховатость на торцах и боковых поверхностях инструмента не превышала 0,25 мм.

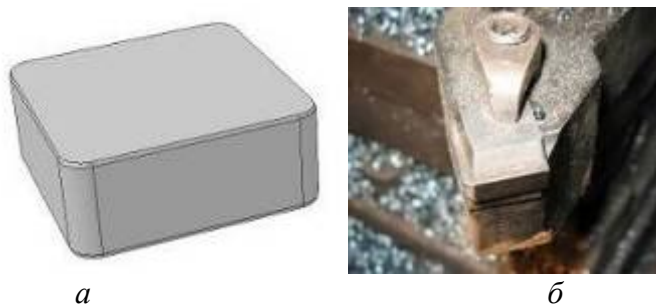


Рис. 1. Схематическое изображение режущей пластины формы SNGN 120412 (а) и внешний вид крепления пластины к державке (б)

В качестве режущего инструмента применяли резец проходной прямой правый с размером державки 25×30 мм. Режущие пластины устанавливали в стальном резцедержателе посредством механического крепления (см. рис. 1, б). Геометрические параметры режущих пластин и углы резания, которые достигались установлением пластин в резцедержателе, были следующие: $\varphi = \varphi_1 = 45^\circ$; $\gamma = -10^\circ$; $\alpha = \alpha_1 = 10^\circ$; $\lambda = 0$; $\gamma_\phi = -20^\circ$.

Для сравнения использовали стандартные пластины такой же формы марок ВОК-71 и СС650.

Износ пластин измеряли с помощью инструментального микроскопа с общим увеличением $\times 120$ и ценой деления 0,01 мм.

В качестве критерия износа резцов при точении был принят износ по задней поверхности $h_3 = 0,3$ мм (рис. 2), который измеряли с помощью инструментального микроскопа с отсчетной микрометрической головкой через каждые 5 мин при подаче $S = 0,05$ и $S = 0,1$ мм/об. и через каждые 2,5 мин при подаче $S = 0,14$ мм/об.

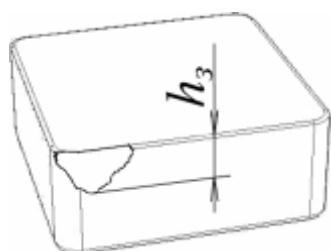
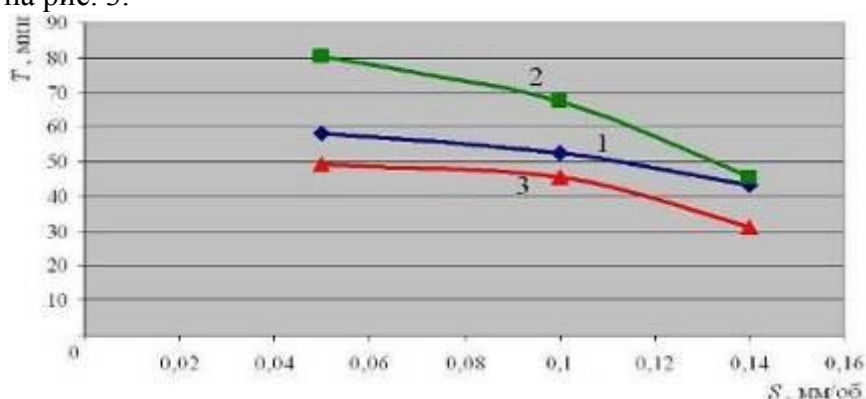


Рис. 2. Определение износа на задней поверхности режущей пластины

Точение проводили со скоростью 1,67 м/с, при глубине резания 0,25 мм во всех режимах обработки.

Результаты

Зависимости стойкости инструмента, оснащенного исследуемыми пластинами, от подачи показаны на рис. 3.



Марка инструментального материала								
ZIRCA			CC650			ВОК-71		
Подача S , мм/об								
0,05	0,1	0,14	0,05	0,1	0,14	0,05	0,1	0,14
Интенсивность изнашивания i , мкм/мин.								
5,32±0,18	5,92±0,2	7,54±0,13	3,87±0,13	4,76±0,15	7,25±0,23	6,47±0,21	7,02±0,23	10,6±0,33

Рис. 3. Зависимости T стойкости инструмента из керамических материалов от подачи S при чистовом точении стали ШХ15 (HRC 56–58) со скоростью 1,67 м/с при глубине резания 0,25 мм: 1 – ZIRCA; 2 – СС650; 3 – ВОК-71

Результаты исследований поверхностей режущих кромок рассматриваемых пластин (рис. 4) свидетельствуют о том, что инструмент в указанных условиях изнашивается вследствие абразивного истирания с образованием характерной фаски на задней поверхности.

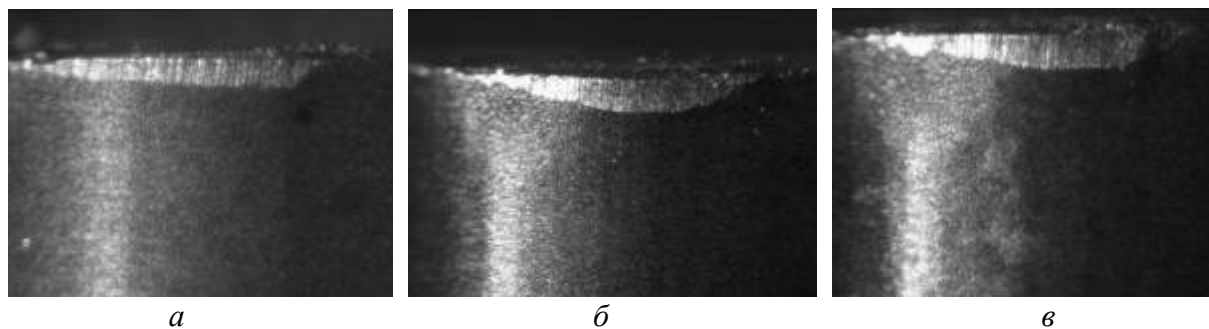


Рис. 4. Внешний вид износа на задней поверхности пластин, изготовленных из керамики различных марок, при точении стали ШХ15 с подачей 0,05 мм/об: а – ZIRCA; б – CC650; в – BOK-71

Из данных рис. 3 следует, что стойкость разработанной керамики марки ZIRCA при подаче 0,05 мм/об. в 1,2 раза превышает стойкость пластин марки BOK-71; при этом она в 1,4 раза ниже стойкости инструментов из керамики марки CC650.

Было установлено, что с увеличением подачи с 0,05 до 0,1 мм/об. период стойкости пластин из керамики марок ZIRCA и BOK-71 уменьшается, при этом пластины марки CC650 характеризуются наибольшей, в сравнении с другими марками, интенсивностью изнашивания. Это свидетельствует о большей чувствительности последней к повышению подачи, и, соответственно температурно-силовой нагрузки на режущий клин инструмента, что, вероятно, объясняется более низкими прочностными показателями керамики шведского производства (см. таблицу).

Последующее увеличение подачи с 0,1 до 0,14 мм/об. приводит к снижению периода стойкости пластин по сравнению с обработкой при подаче 0,05 мм/об. в 1,4 раза для инструмента из керамики марок ZIRCA и BOK-71, и в 1,9 раза – из керамики CC650. Однако, как следует из данных рис. 3, влияние увеличения подачи на интенсивность изнашивания и соответственно снижение периода стойкости инструмента, оснащенного режущей керамикой марки ZIRCA, минимально (см. рис. 3). С увеличением подачи изменяется характер изнашивания пластин как из керамики марки BOK-71 (рис. 5, а), так и марки CC650 (рис. 5, б).

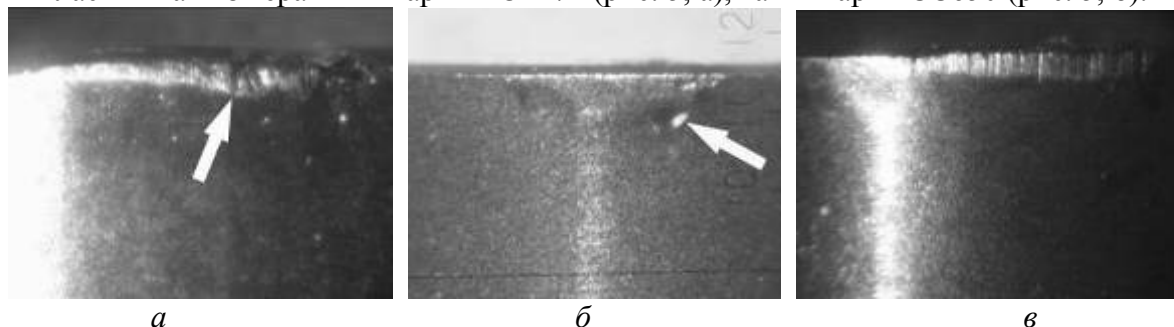


Рис. 5. Внешний вид износа на задней поверхности пластин, изготовленных из керамики различных марок, при точении стали ШХ15 с подачей 0,14 мм/об: а – BOK-71; б – CC650; в – ZIRCA.

Как следует из данных рис. 5, а, б, изнашивание инструмента из керамики марок CC650 и BOK-71 сопровождается хрупким разрушением режущей кромки с выкрашиванием фрагментов материала на отдельных ее участках. Характерное отличие изнашивания режущей поверхности инструмента, оснащенного режущей керамикой марки ZIRCA, состоит в том, что она изнашивается в течение всего периода стойкости равномерно без скалывания (рис. 4, в). Это, вероятно, объясняется тем, что керамика марки ZIRCA имеет наиболее высокую прочность и трещиностойкость, что обуславливает ее преимущества в таких условиях обработки.

Таким образом, испытания новой керамики на стойкость в условиях чистового точения стали марки ШХ15 показали, что инструмент из керамики марки ZIRCA проявляет наилучшую стабильность при обработке на всех рассмотренных подачах, о чем свидетельствует

абразивный износ на задней поверхности пластин без участков хрупкого разрушения режущей кромки. Стойкость инструментов из материала марок ZIRCA и CC650 при подаче 0,14 мм/об. различается несущественно, стойкость пластин марки ВОР-71 – в 1,4 раза ниже. Это определяет область применения керамики марки ZIRCA и свидетельствует о целесообразности ее использования при чистовом точении стали марки ШХ15 (*HRC* 56–58) с более высокой подачей, чем при использовании известных аналогов.

Литература

1. Каталог Sandvik Coromant. Токарный инструмент. – Дания: Stibo Graphik, 2000. – 130 р.
2. Панов В. С. Современная инструментальная керамика. Составы и области применения (обзор) // Инструмент. світ. – 2007. – №1(33). – С. 30–33.
3. Васин С. А., Верещака А. С. Резание материалов. Термомеханический подход к системе взаимосвязей при резании. – М.: Изд-во МГТУ, 2001. – 448 с.
4. Панов В. С., Чувилин А. С. Технология и свойства спеченных твердых сплавов и изделий из них. : Учеб. пособие для вузов. – М.: Изд-во МИСИС, 2001, 428 с.
5. Осипова И. И., Шведков Е. Л. Режущая керамика. 1985–1990 гг. // Порошковая металлургия. – 1992. – № 9. – С. 31 – 45.
6. Керамические инструментальные материалы / Г.Г. Гнесин, И.И. Осипова, Г.Д. Ронталь и др.; под ред. Г. Г. Гнесина. – К.: Техника, 1991. – 338 с.
7. Прокопий Н. М., Дзелялов С. И. Режущая керамика. Состояние и перспективы развития // Вісн. Сумськ. Держ. Ун-ту. Сер. Технічні науки (Машинобудування). – 2005. – № 9(81). – С. 129–134.
8. Kumar A. Senthil, Durai A. Raja and Sornakumar T. Wear behavior of alumina based ceramic cutting tools on machining steels // Tribology Intern.. – 2006. – V. 39. – Is. 3.– P. 191–197.
9. Kumar A. Senthil, Durai A. Raja, Sornakumar T. The effect of tool wear on tool life of alumina-based ceramic cuttingtools while machining hardened martensitic stainless steel // Journ. of Mater. Proces. Technology. – 2006. – V. 173. – P. 151–156.
10. Кузин В. В. Работоспособность режущих инструментов из нитридной керамики при обработке чугунов. // Вестн. машиностроения. – 2004. – № 5. – С. 39–43.
11. Дзелялов С. І. Закономірності формування структури та властивостей керамічного матеріалу інструментального призначення в системі ZrO_2-Al-C . – Автореф. дис. ... канд. техн. наук; спец. 05.03.01 «Матеріалознавство». – К., 2008. – 20 с.

Поступила 09.06.09

УДК 621.793

В. И. Зеленин¹, Н. Г. Третяк¹, В. А. Лукаш², Н. М. Прокопий² кандидаты технических наук, **М. А. Полещук¹, Е. В. Зеленин¹, П. М. Кавуненко¹, И. М. Попович¹,**

¹Институт электросварки им. Е. О. Патона НАН Украины, г. Киев,

²Институт сверхтвердых материалов им. В. Н. Бакуля НАН Украины, г. Киев

ИНСТРУМЕНТЫ ДЛЯ НАПЛАВКИ МЕДИ ТРЕНИЕМ С ПЕРЕМЕШИВАНИЕМ

The paper presents the design of the tool and materials, hard tungsten-containing alloys of VK type, for manufacture of the work tool for the process of friction stir welding (FSW).