

УДК 621.923

АНАЛИЗ ОБРАБАТЫВАЕМОСТИ ТВЕРДОГО СПЛАВА ИЗ НАНОРАЗМЕРНЫХ ЗЕРЕН МОНОКАРБИДА ВОЛЬФРАМА

Стрельчук Р.М., канд. техн. наук,
(Харьковский национальный экономический университет)

The analysis of hard alloy machinability of nanometer-grains monocarbide tungsten. It is shown that, despite a few large coefficients grinding over conventional hard alloys, the total cost of the technological uses of the new alloy is much lower, and this allows for approaches related to engineering quality and its valuation

В настоящее время перспективы развития высоких технологий связаны с одним из основных направлений в этой области – нанотехнологиями, которые занимаются созданием наноструктур. Расширение областей применения этих технологий является важным вкладом в становлении нового технологического уклада, под которым следует понимать совокупность технологий, определяющих общий уровень экономики.

В связи с этим разработку и создание новых инструментальных материалов, а также поиск эффективных методов их использования (наноинженерия) является одним из факторов, способствующих эффективной обработке современных конструкционных материалов. Именно поэтому во всем мире резко увеличивается производство тонкодисперсных твердых сплавов. В соответствии с современной классификацией в зависимости от величины зерна карбидной фазы, тонкодисперсные твердые сплавы подразделяются на субмикронные с размером зерна 0,5–1,2 мкм, ультрадисперсные – 0,2–0,5 мкм и наноразмерные – менее 0,2 мкм; при этом задача повышения качества твердых сплавов решается в основном путем наноструктурирования. Важно отметить, что в настоящее время при разработке новых инструментальных материалов основное внимание уделяется созданию нанокompозитов на основе карбидов с металлами – связками, например WC/Co, которые значительно превосходят по прочности, износостойкости, ударной вязкости и другим физико-механическим свойствам аналогичные материалы с традиционной зернистой структурой. Высокие характеристики таких наноструктурных материалов объясняются тем, что между частицами разных фаз (например, WC и Co) формируются трехмерные контакты с более прочной структурой. Однако, следует обратить внимание, что упомянутые материалы получают механическим перемешиванием соответствующих порошков с последующим холодным прессованием и затем спеканием. Сложностью этой технологии и ее недостатком является механическое перемешивание ультрадисперсных порошков карбида вольфрама и кобальта, что не позволяет получать достаточно надежную степень однородности, а в спеченных твердых сплавах не обеспечивается наноструктурная размерность зерен [1]. Кроме того, при обработке с высокими скоростями температура в зоне резания может достигать 800 – 1000 °C; такой уровень температур резания способствует размягчению кобальтовой связки и как следствие, уменьшению твердости инструментального материала и снижению износостойкости инструмента. В связи с этим представляет интерес раз-

работанный на основе монокарбида вольфрама новый наноструктурный твердый сплав “ВолКар” [2]. Особенностью этого материала является то, что он состоит только из зерен WC, имеющих размер до 100 нм, и в его составе нет связующих материалов (кобальта, никеля и др.); исходный материал до прессования по специальной технологии представляет собой порошок WC с размерами зерен 40–70 нм. Высокие физико-механические свойства твердого сплава “ВолКар” по сравнению с известными материалами обусловлены высокодисперсными зёрнами и прочными граничными связями между ними, что объясняется малым временем и сравнительно невысокой температурой спекания [3]. По классификации наноматериалов по форме и химическому составу твердый сплав марки “ВолКар” можно отнести к следующим группам: по расположению кристаллитов и границ раздела – к четвертой группе, т.е. к равноосным, а по химическому составу – к первой группе, к наноматериалам с одинаковым химическим составом кристаллитов и границ раздела [4].

Рассматриваемый материал перспективен для применения в режущих инструментах при высокоскоростной обработке резанием различных труднообрабатываемых закаленных сталей и сплавов, и в некоторых случаях может заменить дорогостоящий инструмент из кубического нитрида бора; его физико-механические свойства представлены в таблице. Формообразование рабочих поверхностей режущих инструментов из сплава “ВолКар” можно реализовать только в процессе алмазного шлифования. При этом наиболее целесообразно с учетом свойств материала обработку производить с введением дополнительной энергии в зону шлифования, что обеспечит стабильную развитость рельефа алмазного круга. Естественно предположить, что обладая повышенными по сравнению с обычными твердыми сплавами физико-механическими свойствами, сплав “ВолКар” характеризуется особенностями взаимодействия с рабочей поверхностью круга.

Таблица

Основные физико-механические свойства пластин из “ВолКар”

Твердость, HRA	95...97
Твердость HV , ГПа	23...25
Плотность, мг/м	14,5
Прочность при сжатии, МПа	2600...2800
Прочность при изгибе ($T = 20...900^{\circ}C$), МПа	600...800
Теплопроводность, Вт/мК	
при $22^{\circ}C$	20
при $400^{\circ}C$	30
Трещиностойкость K_{Ic} , МПа· м ^{-1/2}	8,5...12

Одним из наиболее распространенных критериев оценки этого взаимодействия является коэффициент шлифования ($K_{ш}$). Он отражает процесс резания в динамике, влияние температурно-скоростного фактора, характеризует свойства обрабатываемого материала, условия внедряемости рельефа в него, а

значит и сравнительную режущую способность круга, поскольку процесс осуществляется по упругой схеме шлифования. Рассматриваемый критерий меньше единицы и при определенных условиях обработки может приближаться даже к коэффициенту трения пары – шлифовальный круг–обрабатываемый материал [5]. Коэффициент шлифования определяется из соотношения: $K_{ш} = P_z / P_y$, где P_z – тангенциальная сила резания, Н; P_y – радиальная сила резания, Н.

Экспериментальные исследования проводились на универсально–заточном станке модели 3Д642Е, модернизированном для обработки методом алмазно–искрового шлифования (АИШ). Шлифование осуществлялось торцом круга 12А2-45° АС6 на металлической связке М1-01 с обратной полярностью подсоединением положительного полюса источника питания к алмазному кругу, а отрицательного – к обрабатываемому материалу. Источником питания являлся специальный генератор импульсов. Электрические режимы составляли: величина технологического тока $I_{ср} = 5\text{А}$, частота электроимпульсов $f = 22\text{кГц}$, скважность $n_{скв} = 2$. Изучалось влияние режимов резания – нормального давления (P_n), скорости резания (V), а также – времени шлифования (T). Для сравнения исследовался $K_{ш}$ при шлифовании пластин из твердого сплава ВК6. В условиях АИШ во всем диапазоне увеличения нормальных давлений $K_{ш}$ возрастает (рис. 1), что объясняется развитостью рабочей поверхности круга, высокой внедряемостью режущих микрокромки и, как следствие, опережающим ростом силы P_z . Дальнейшее повышение нормального давления приводит к замедлению роста силы P_z из-за некоторого притупления режущих элементов и периодически появляющейся вероятности контакта связки круга с обрабатываемым материалом. При АИШ взаимодействие обрабатываемого материала с кругом определяется в основном характером контактирования его с алмазными зернами, трение связки занимает небольшую долю в общей работе шлифования и оказывает слабое влияние на изменение силы P_z .

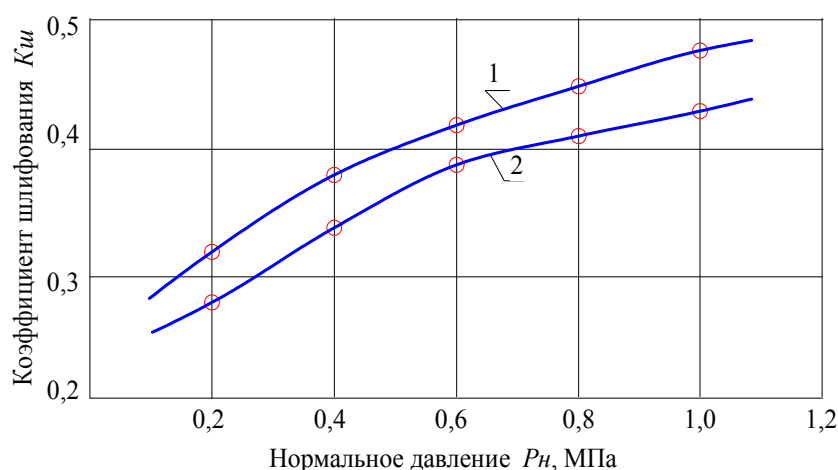


Рис. 1. Влияние нормального давления на коэффициент шлифования: 1 – ВК6; 2 – “ВолКар”; $V = 25\text{ м/с}$; круг 12А2-45° АС6 100/80 М1-01-4.

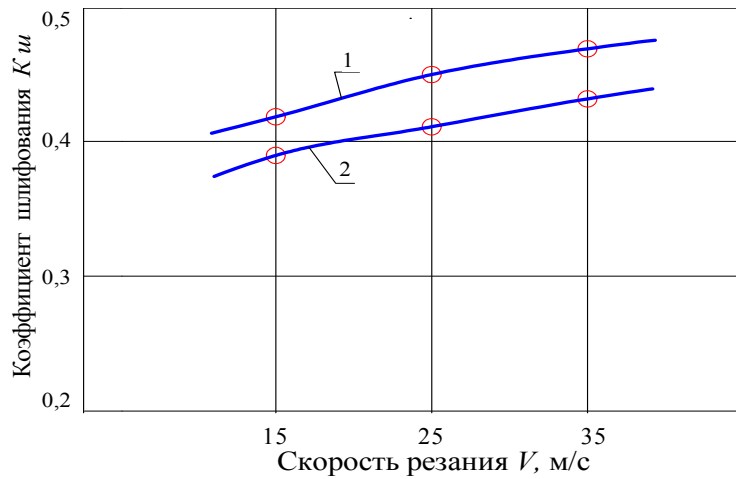


Рис. 2. Влияние скорости резания на коэффициент шлифования: 1 – ВК6; 2 – “ВолКар”; $P_H=0,8$ МПа; круг 12A2-45° AC6 100/80 M1-01-4.

Изменение скорости резания от 15 до 35 м/с оказывает весьма незначительное влияние на $K_{ш}$ (рис. 2), что связано с постоянством сил резания при алмазно-искровом шлифовании, и может быть объяснено практически мало изменяющимся значением коэффициентов трения алмаза с обрабатываемым материалом при повышении скорости шлифования. Известно, что при точении материалов, не вступающих во взаимодействие с алмазом, и когда практически имеет место чистый контакт его с обрабатываемым материалом, силы резания с увеличением скорости также не изменяются [6].

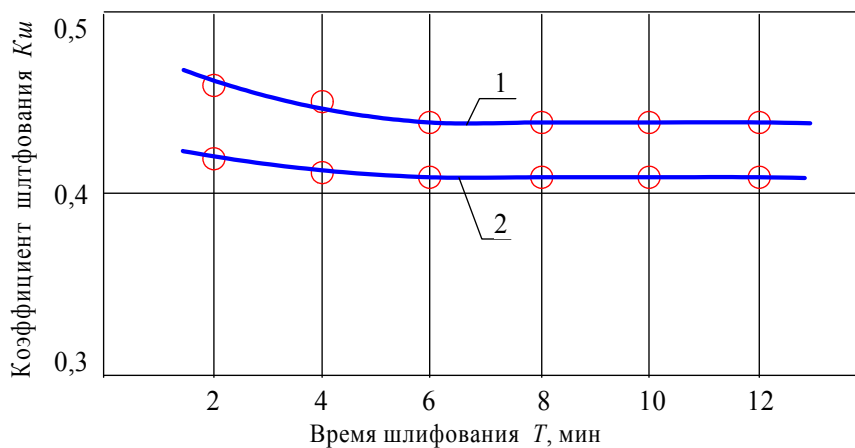


Рис. 3. Влияние времени шлифования на коэффициент шлифования: 1 – ВК6; 2 – “ВолКар”; $P_H=0,8$ МПа; $V=25$ м/с; круг 12A2-45° AC6 100/80 M1-01-4.

Поскольку алмазно-искровое шлифование обеспечивает активную самозатачиваемость режущего рельефа и рабочая поверхность круга практически не засаливается [7], то при шлифовании твердого сплава “ВолКар” также как и обычных твердых сплавов коэффициент шлифования $K_{ш}$ в течении длительного промежутка времени практически не изменяется (рис. 3). Только в условиях шлифования, когда режущая поверхность приобретает устойчивый характер, и круг работает в режиме самозатачивания при весьма незначительном контакте связки с материалом. При алмазно-искровом шлифовании режущая способность

кругов на металлической связке сохраняется практически постоянной в течение длительного промежутка времени. Результаты исследований показывают, что при шлифовании твердого сплава “ВолКар” имеет место несколько большие значения $K_{ш}$ по сравнению со сплавом ВК6, что вызовет незначительное увеличение удельной себестоимости шлифования $C_{ш}$. Однако, следует иметь в виду, что удельная себестоимость шлифования и заточки не отражает качественное состояние изделий и инструмента в реальных условиях эксплуатации; потребителя интересует надежность приобретенной продукции и, в конечном счете, экономическая целесообразность ее применения. Проблему качественного результата следует рассматривать не только при изготовлении изделий и инструментов, но и в процессе их эксплуатации [8]. Высокая износостойкость, определяющая значительно большую длину пути резания при точении труднообрабатываемых материалов способствует тому, что суммарная технологическая себестоимость (C_m) использования наноструктурного твердого сплава “ВолКар” существенно ниже. Например, длина пути резания (L) при точении закаленной стали ХВГ ($HRC\ 55\dots 58$) на чистовых режимах резания ($V = 110$ м/мин; $S = 0,075$ мм/об; $t = 0,2$ мм) с критерием износа режущего инструмента $h_z = 0,4$ мм составила: $L=1350$ м для наноструктурного твердого сплава “ВолКар”, а для сплава ВК6 – $L=1050$ м; суммарная технологическая себестоимость с учетом удельной себестоимости шлифования соответственно составляет: $C_m=236,05$ коп/мин – для твердого сплава “ВолКар” и $C_m=328,10$ коп/мин – для сплава ВК6. Изложенный подход отвечает развивающимся в последнее время тенденциям, связанным с инжинирингом качества [9].

Заметим также, что шероховатость поверхности сплава “ВолКар” после шлифования меньше, чем традиционных твердых сплавов. Например, при шлифовании наноструктурного сплава “ВолКар” $Ra=0,32$ мкм ($P_H=0,8$ МПа, $V=25$ м/с; круг 12A2-45⁰ АС6 100/80 М1-01-4), а – сплава ВК6 при таких же условиях $Ra=0,47$ мкм. Более высокая твердость рассматриваемого материала при его взаимодействии с режущей поверхностью алмазных кругов способствует образованию значительно большего количества субмикрочастиц на каждом зерне, чем при шлифовании других материалов; кроме того нанозернистая структура материала также способствует снижению шероховатости обработанной поверхности.

Таким образом, можно констатировать существенное преимущество нового наноструктурного твердого сплава «ВолКар» при его использовании в качестве режущих пластин по сравнению с традиционными твердыми сплавами.

Список литературы: 1. Боровский Г.В. Инструментальное производство в России / Г.В. Боровский. – М.: «ВНИИинструмент», 2008. – 160 с.: ил. 2. United States Patent № 6,617,271 В1 МКИ С04 В35/36. Tungsten carbide cutting tool materials / Gevorkian E., Kramer M., Kodash V. – Заявл. 08.09.2003; Оpubл. 17.03.2005 – 14р. 3. Геворкян Э.С. Горячее прессование нанопорошков монокарбида вольфрама при нагревании электрическим током / Э.С. Геворкян, Л.А. Тимофеева, В.А. Чишкала, П.С. Кислый // Наноструктурное материаловедение. – Киев, 2007. – № 1. – С. 103-108. 4. Лякишев Н. П. Нанокристаллические структуры – новое направление развития конструкционных материалов / Н.П. Лякишев // Вестник Российской Академии наук. – 2003. – Т. 73. – № 5. 5. Муцянко В. И. Коэффициент шлифования как критерий оценки про-

цесса / В.И. Муцялко, В.И. Островский // Тр. ВНИИАШ. – 1965. – № 1. – С. 64–67. **6.** Зубарь В. П. Исследование особенностей трения синтетических поликристаллических алмазов с конструкционными материалами / В.П. Зубарь, В.К. Крюков, В.В. Алмосов // Резание и инструмент. – 1975. – Вып. 13. – С. 54-58. **7.** Узунян М. Д. Высокопроизводительное шлифование безвольфрамовых твердых сплавов / М.Д. Узунян, Ю.С. Краснощек. – М.: Машиностроение, 1988. – 83 с. **8.** Харрингтон Дж. Х. Управление качеством в американских корпорациях / Харрингтон Дж. Х. – М.: Экономика, 1990. – 271 с. **9.** Современные концепции качества за рубежом. – М.: Госстандарт РФ, 1992. – 56 с.