

# Металловедение и термическая обработка

УДК 621.9.01 + 621.9.02

## ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ И СВОЙСТВ ТВЕРДОСПЛАВНЫХ ВСТАВОК ПОРОДОРЕЖУЩИХ РЕЗЦОВ

Ю.Д. Корягин<sup>1</sup>, Н.Т. Карева<sup>1</sup>, В.В. Мурашов<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Южно-Уральский государственный университет, г. Челябинск;

<sup>2</sup> СКБ ОАО «Копейский машиностроительный завод», г. Копейск

Рассмотрены структура и свойства вставок резцов из сплава ВК8 различных производителей. Изучен химический состав карбидных частиц и связи между ними. Проведена оценка размеров карбидных частиц в твердосплавных вставках на соответствие ГОСТ и осуществлена статистическая обработка характера изломов вставок. Приведены результаты сравнительных промышленных испытаний резцов на руднике ОАО «Уралкалий» по пластам калийных руд и каменной соли. Установлено, что стойкость породоразрушающего инструмента в значительной мере определяется массовой долей карбидной фазы и количеством зерен наиболее крупной фракции. Наличие значительного количества крупных зерен на верхнем пределе (согласно ГОСТ 4411–79) или несколько большем способствует снижению стойкости инструмента.

*Ключевые слова:* микроструктура; состав; сплав; твердость; карбид; связка; инструмент; порода; стойкость.

Металлокерамические или порошковые твердые сплавы применяются при изготовлении пластинок или вставок бурового инструмента, оснастки инструмента при обработке резанием, волок при волоочении проволоки и других целей. Известно [1], что надежность инструмента в столь сложных условиях эксплуатации в существенной мере определяется качеством изготовления материала: его составом, наличием неблагоприятных включений, в частности, свободного углерода в форме графита, присутствием большого количества пор между карбидными частицами, не устраненных на стадии спекания, размерной неоднородностью вольфрамовых карбидных частиц. Перечисленные факторы приводят к снижению стойкости инструмента в результате выкрашивания режущей кромки или его поломки [2].

Объектом исследования в настоящей работе служили три партии резцов, изготовленных различными производителями, которые предназначались для оснащения исполнительных органов проходческо-очистных комбайнов, работающих по пластам калийных руд и каменной соли с сопротивлением резанию до 450 Н/мм.

Изучались твердосплавные вставки для резцов из сплава ВК8 различных производителей (А, В, С). Определение твердости изделий осуществ-

лялось по ГОСТ 20017–74 на приборе ТК-2 алмазным конусом при нагрузке 60 кГс. На каждом образце делалось 5 замеров. Разброс значений не превышал  $\pm 0,5$  единицы. Оценка макро- и микроструктуры проводилась в соответствии с ГОСТ 4411–79.

Структура твердосплавных изделий (поверхность излома) исследовалась с помощью сканирующего электронного микроскопа фирмы JEOL JSM-6460 LV в основном в лучах вторичных электронов при увеличениях от 500 до 5000 раз.

Химический состав частиц и связи между ними определялся на основании микрорентгеноспектрального анализа с применением специальной приставки – энергодисперсионного анализатора фирмы Oxford Instruments.

Статистическая обработка структурных данных, полученных на электронном микроскопе, проводилась затем на инвертированном микроскопе Axio Observer.Dlm с помощью компьютерной программы Thixomet.

Промышленные сравнительные испытания резцов типа РС были проведены на одном из рудников ОАО «Уралкалий» на проходческо-очистных комбайнах типа «Урал-2Р».

Испытуемые вставки имеют, согласно проведенным измерениям, одинаковую твердость (табл. 1).

Таблица 1

Твердость (HRA) исследованных вставок

Изделие	Производитель			Твердость по ГОСТ 3882–74
	А	В	С	
Вставка для резца РС14 (сплав ВК8)	87	87	87	88

Их структура представлена частицами карбида вольфрама разных размеров и прослойками кобальтовой связки, о чем свидетельствуют данные микрорентгеноспектрального анализа. В спектрах рентгеновских отражений, снятых с участков, отмеченных белыми перекрестиями, присутствуют линии основных элементов – Co и W (рис. 1, 2).

В изломах при электронно-микроскопическом исследовании не наблюдались расслоения (рис. 1, 3). Не обнаружено также выделений графита (см. рис. 1, 3). Изредка встречаются темные поры размером 1,37–2,09 мкм, которые разрешаются при больших увеличениях (рис. 4).

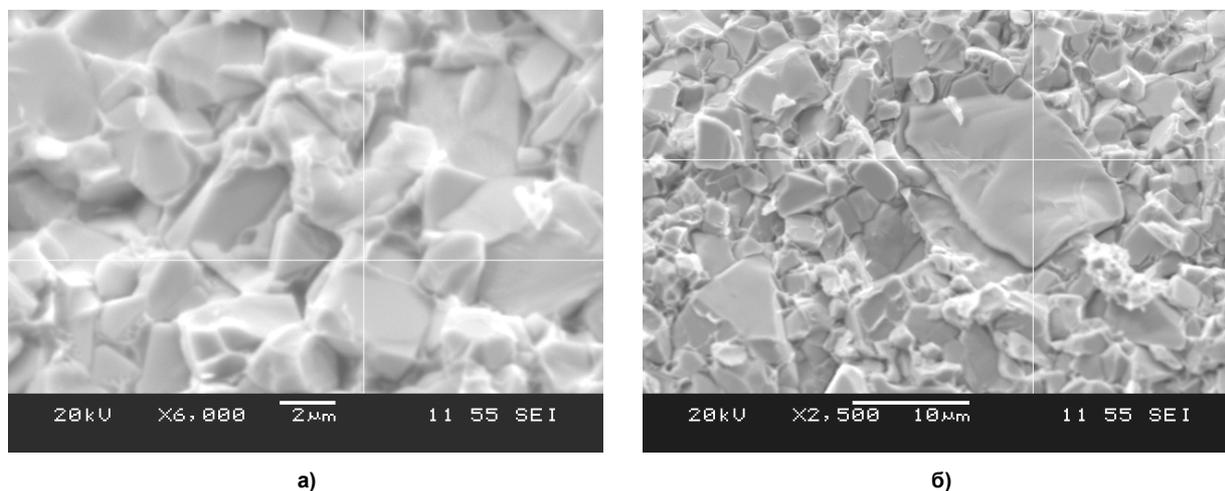


Рис. 1. Перекрестием отмечены кобальтовая связка (а) и карбид (б), с которых сняты спектры

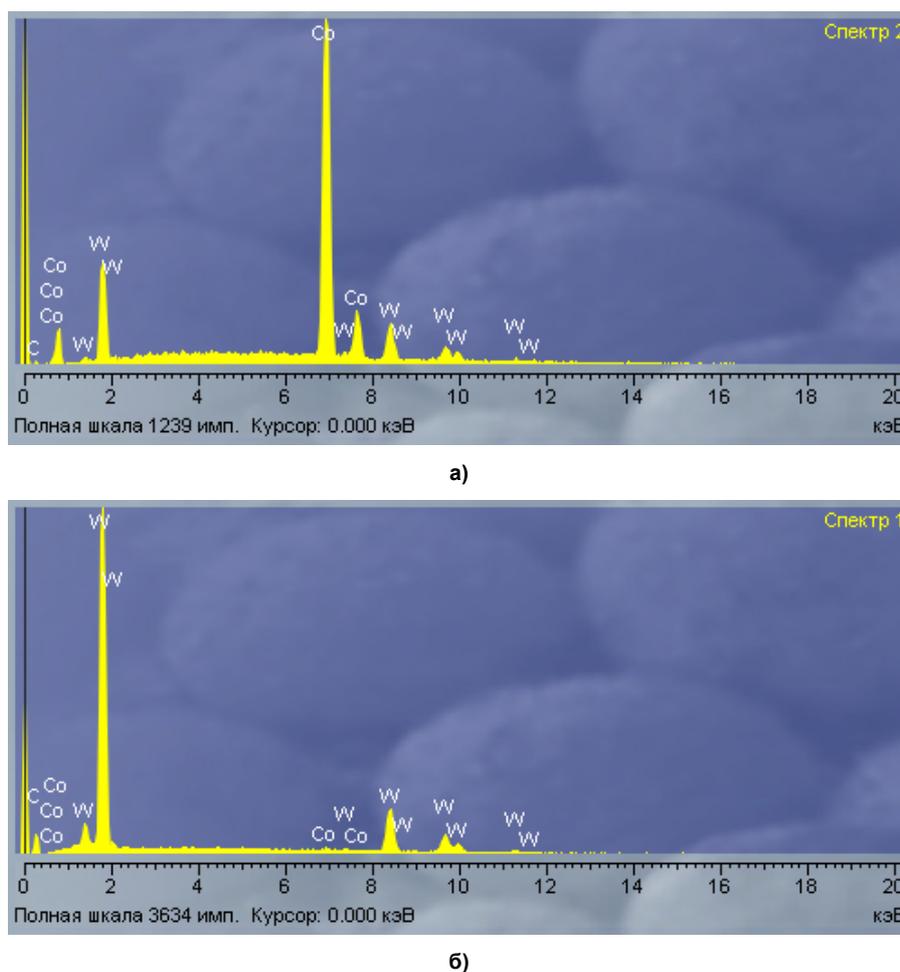


Рис. 2. Рентгеновские спектры, снятые с прослойки кобальтовой связки (а) и карбидной частицы (б)

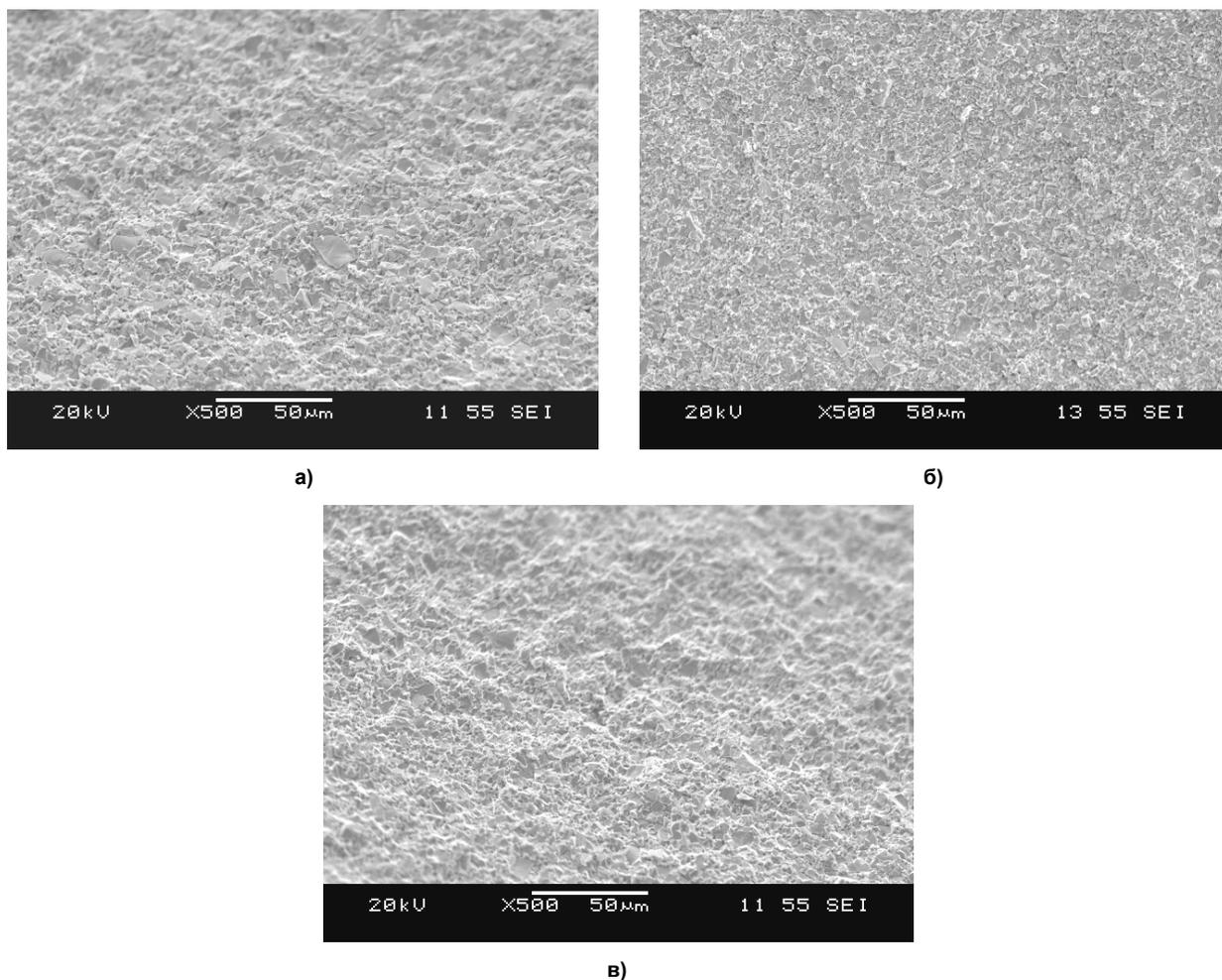


Рис. 3. Строение изломов вставок сплава BK8:  
а – производитель А; б – производитель В; в – производитель С

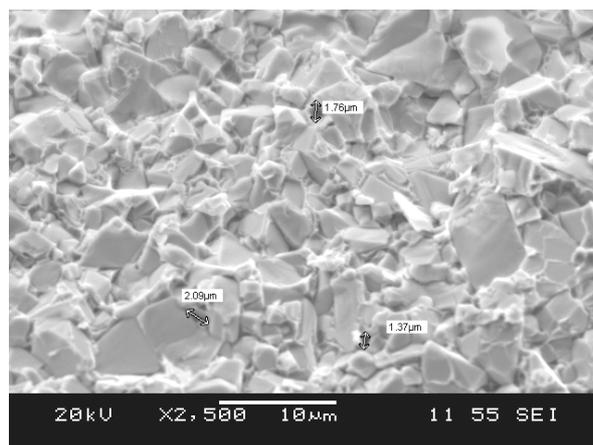


Рис. 4. Темные поры и их размеры. Образец серии А

Для оценки размеров карбидных частиц проводили съемку при больших увеличениях ( $\times 2500$ ), используя до 10 полей зрения так, чтобы в них попадали частицы разных размеров. Примеры изломов, подвергавшихся статистической обработке, приведены на рис. 5.

На основании анализа микроструктур опреде-

лялись размеры карбидов с помощью специальной программы Thixomet. На рис. 6, а показаны результаты распределения частиц согласно их размерам в одном из ранее приведенных полей зрения: зерна раскрашены по-разному в соответствии с их диаметром. Ниже (рис. 6, б) приводится гистограмма распределения зерен по их размерам.

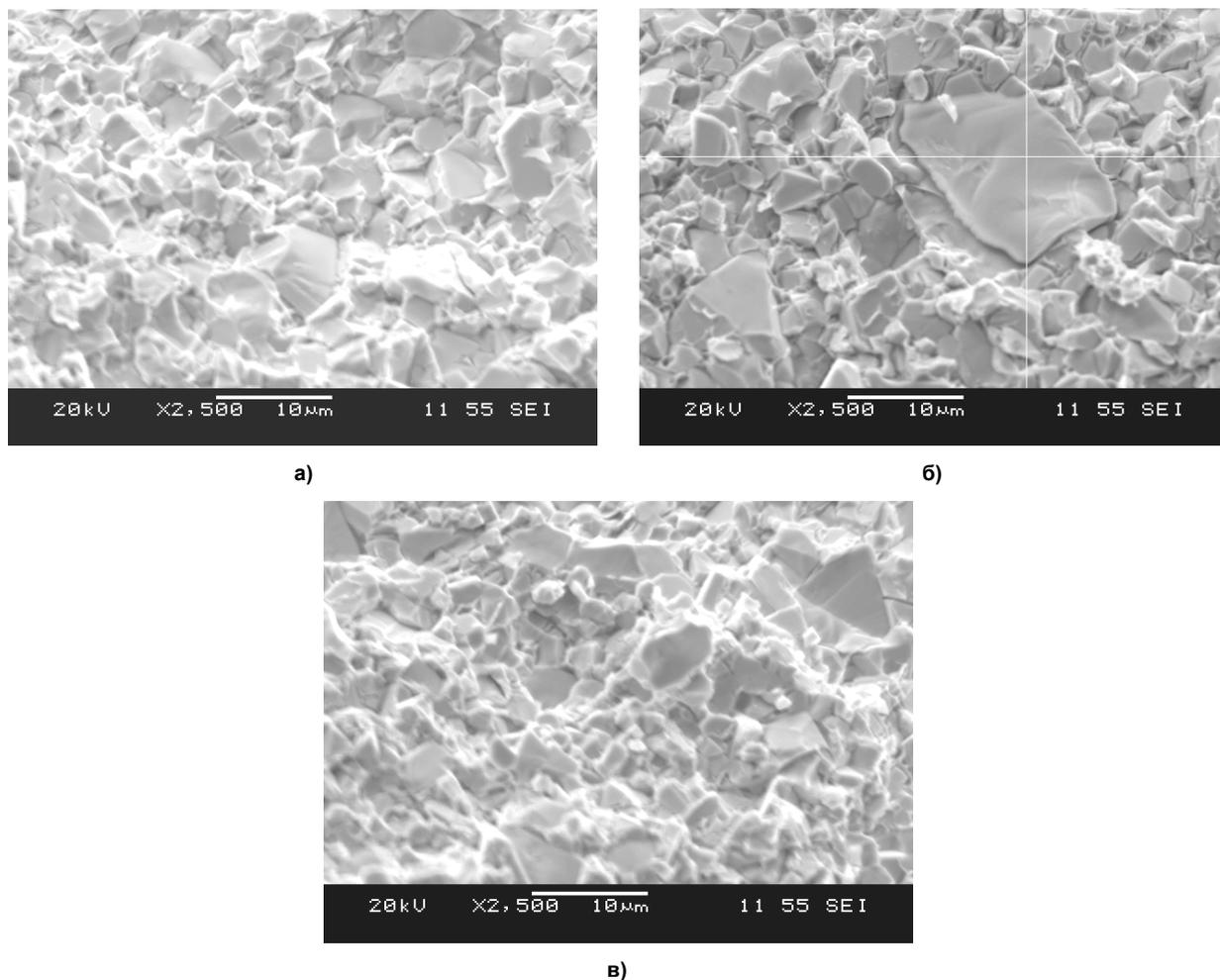


Рис. 5. Строение изломов вставок сплава ВК8:  
а – производитель А; б – производитель В; в – производитель С

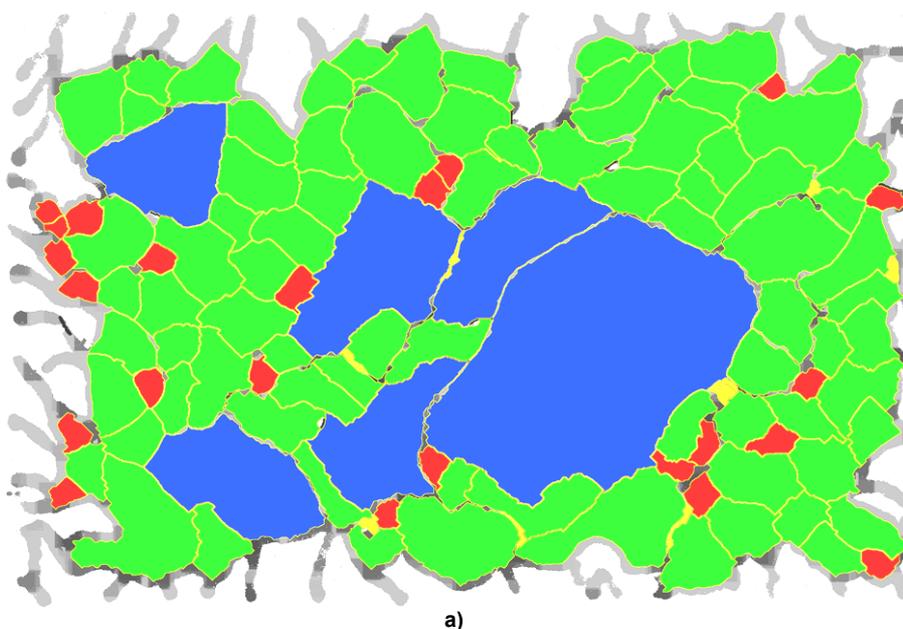
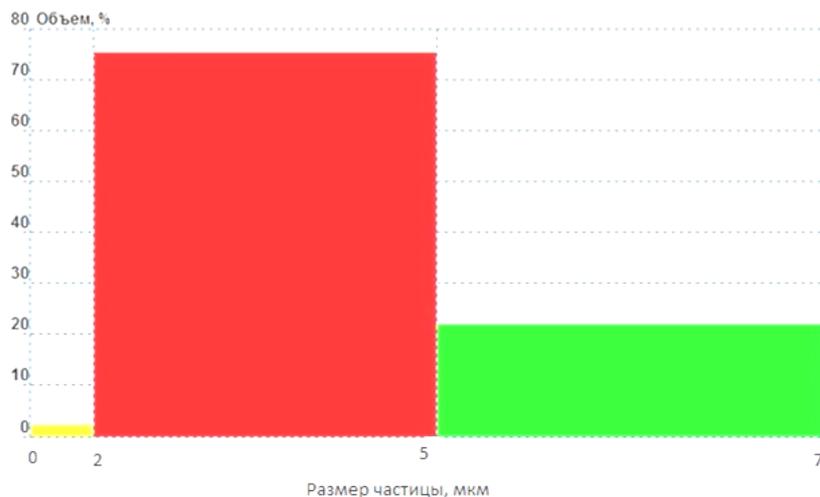


Рис. 6. Распределение карбидных зерен по размерам в одном из полей зрения  
твердого сплава серии А (см. также с. 114)



б)

Рис. 6. Окончание

Статистические данные распределения по размерам карбидных частиц в изученных материалах в сравнении с требованиями ГОСТ 4411–79 приведены в табл. 2.

Судя по результатам исследования, все изделия, в основном, соответствуют требованиям ГОСТ.

Промышленные сравнительные испытания резцов разных серий проводились на одном из рудников ОАО «Уралкалий» на проходческо-очистных комбайнах типа «УРАЛ-2Р», работающих по пластам калийных руд и каменной соли, по программе и методике, составленным на основании требований ГОСТ Р 51047–97 и РД 12.25.144–89 [3, 4].

Испытания проводились на резцах разных серий, при этом установка резцов производилась на

режущие диски через один. Основные параметры и размеры резцов типа РС-14 приведены в табл. 3. Замена образцов осуществлялась после потери резца или полного износа твердосплавной вставки, а также в результате изгиба или поломки державки. В период испытания замена потерянных или вышедших из строя резцов резцами другого типа не проводилась.

В результате испытания установлено, что наиболее износостойкими оказались резцы партии А, расход которых составил 66 шт. на 1000 т породы, расход резцов С – 77 шт., а резцов В – 86 шт.

Сопоставляя результаты испытаний с характеристиками микроструктуры твердосплавных вставок, следует заметить, что стойкость породоразрушающего инструмента в значительной мере определяется массовой долей карбидной фазы оп-

Таблица 2

Характеристика микроструктуры (WC) вставок из сплава ВК8 разных производителей

Изделие	Сплав	Основное количество зерен		Крупные зерна	
		Величина, мкм	Количество, % не менее	Величина, мкм	Количество, % не более
А	ВК8	1–2	50/59	6–20	10/9
В	ВК8	1–2	50/60	6–20	10/15
С	ВК8	1–2	50/53	6–20	10/10

Числитель – по ГОСТ 4411–79, знаменатель – результаты исследования.

Таблица 3

Характеристика испытываемого инструмента

Наименование основных параметров	Норма		
	А	В	С
Длина резца, мм	105		
Диаметр твердосплавного изделия, мм	14		
Угол заострения, град.	60		
Посадочный диаметр державки	25		
Материал державки	Сталь 35ХГСА		
Материал твердосплавной вставки	ВК8		
Масса резца, кг	0,35		

ределенной крупности и количеством наиболее крупных зерен. Наличие значительного количества крупных карбидных частиц способствует снижению стойкости инструмента.

#### Литература

1. Конструкционные материалы: справ. / под ред. Б.Н. Арзамасова. – М.: Машиностроение, 1990. – 688 с.

2. Панов, В.С. Технология и свойства спеченных твердых сплавов и изделий из них / И.С. Панов, А.М. Чувилин. – М.: Изд-во МИСИС, 2001. – 216 с.

3. ГОСТ 4411–79. Изделия твердосплавные для горного инструмента. – М.: ИПК Изд-во стандартов, 1998. – 7 с.

4. ГОСТ Р 51047–97. Резцы для очистных и проходческих комбайнов. – М.: ИПК Изд-во стандартов, 1997. – 24 с.

**Корягин Юрий Дмитриевич**, д-р техн. наук, профессор, заведующий кафедрой физического металловедения и физики твердого тела, Южно-Уральский государственный университет, г. Челябинск; koriaginyd@susu.ac.ru.

**Карева Надежда Титовна**, канд. техн. наук, доцент кафедры физического металловедения и физики твердого тела, Южно-Уральский государственный университет, г. Челябинск; karevant@susu.ac.ru.

**Мурашов Вадим Владимирович**, начальник бюро перегружателей, конвейеров и режущего инструмента, СКБ ОАО «Копейский машиностроительный завод», г. Копейск; kmz@kopemash.ru.

Поступила в редакцию 19 января 2015 г.

## INVESTIGATION OF STRUCTURE AND PROPERTIES OF CEMENTED CARBIDE INSERTS OF ROCK CUTTING TOOLS

*Yu.D.Koryagin, South Ural State University, Chelyabinsk, Russian Federation, koriaginyd@susu.ac.ru,  
N.T. Kareva, South Ural State University, Chelyabinsk, Russian Federation, karevant@susu.ac.ru,  
V.V. Murashov, Kopeysk Machine Building Works, Kopeysk, Russian Federation, kmz@kopemash.ru*

The object of the paper is the structure and properties of cutter inserts made of VK8 cemented carbide alloy of various producers. Chemical composition of carbide particles and the binder between them was studied. Carbide particle size was estimated and compared to the State Standard requirements. Fracture types of inserts were statistically treated. Results of comparative industrial tests of cutters at the JSC "Uralkaliy" in potassium ore and rock salt layers are presented. It was established that durability of rock destroying tools is determined to a great extent by the mass fraction of carbide phase and the number of most coarse grains. Great number of coarse grains (at the upper limit permitted by State Standard 4411-79 or even more) deteriorates durability of tools.

*Keywords: microstructure; composition; alloy; hardness; carbide; binder; tool; rock; durability.*

#### References

1. *Konstruktsionnye materialy* [Structural Materials]. B.N. Arzamasov (Ed.). Moscow, Mashinostroenie Publ., 1990. 688 p.

2. Panov V.S., Chuvilin A.M. *Tekhnologiya i svoystva spechennykh tverdyykh splavov i izdeliy iz nikh* [Technology and Properties of Cemented Carbide Products]. Moscow, MISiS Publ., 2001. 216 p.

3. *GOST 4411-79. Izdeliya tverdospлавnye dlya gornogo instrumenta* [State Standard 4411-79. Cemented Carbide Products for Mining Tools].

4. *GOST R 51047-97. Reztsy dlya ochistnykh i prokhodcheskikh kombaynov* [State Standard 51047-97. Cutters for Face and Heading Mining Machines].

Received 19 January 2015

#### ОБРАЗЕЦ ЦИТИРОВАНИЯ

Корягин, Ю.Д. Исследование структуры и свойств твердосплавных вставок породорезущих резцов / Ю.Д. Корягин, Н.Т. Карева, В.В. Мурашов // Вестник ЮУрГУ. Серия «Металлургия». – 2015. – Т. 15, № 3. – С. 110–115.

#### FOR CITATION

Koryagin Yu.D., Kareva N.T., Murashov V.V. Investigation of Structure and Properties of Cemented Carbide Inserts of Rock Cutting Tools. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Metallurgy*, 2015, vol. 15, no. 3, pp. 110–115. (in Russ.)