

УДК669.08.018.25

**К. И. Шахова**, к.т.н., проф., **С. Е. Сухорукова**, аспирант, Московский государственный горный университет

E-mail: [kaftmr@msmu.ru](mailto:kaftmr@msmu.ru)

## **Повышение качества режущего инструмента с твердосплавными элементами**

*В статье рассмотрены два основных наиболее эффективных метода энергетических воздействий на твердосплавное оснащение породоразрушающего и металлорежущего инструмента: магнитно-импульсная обработка и ионное облучение. Приведены основные результаты экспериментов по облучению режущих элементов, сделаны выводы об изменении основных свойств вследствие обработки.*

**Ключевые слова:** твердый сплав, карбид вольфрама, магнитно-импульсная обработка, ионное облучение, микротвердость, породоразрушающий инструмент.

**K. I. Shakhova, S. E. Sukhorukova**

## **Improving of Quality Cutting Tools with Carbide Elements**

*The article considers two main most effective method of energy impacts on the rock-breaking equipment and carbide cutting tools: magnetic-pulse treatment and ion irradiation. There are basic results of experiments on irradiation of the cutting elements, conclusion about changes in basic properties as a result of treatment.*

**Keywords:** carbide, tungsten carbide, magnetic-pulse processing, ion irradiation, microhardness, rock cutting tools.

Для породоразрушающего и металлорежущего инструмента в качестве режущих элементов используют твердые сплавы ВК, ТК, ТТК. Эти сплавы представляют собой двухфазный композит.

Свойства двухфазных сплавов можно варьировать путем применения различных технологических приемов, которые приводят к тонким изменениям структуры [1,2]. Одним из основных способов регулирования прочности и износостойкости сплавов является изменение концентрации связующей фазы.

При одинаковом содержании кобальта физико-механические и эксплуатационные свойства сплавов в значительной мере определяются зернистостью карбидной фазы, главным образом средним размером зерен карбидов. Изменение размеров (соответственно и толщины участков кобальтовой сферы) приводит к существенным изменениям прочности, пластичности и вязкости сплавов.

Прочность, вязкость и износостойкость в вольфрамовых твердых сплавах в значительной мере должны зависеть от характера строения сплавов. Существующие в настоящее время гипотезы о строении твердых сплавов основаны на представлении о наличии сплошного карбидного каркаса с включением участков кобальта (до определенного высокого содержания связующей фазы в сплавах) или кобальтовой матрицы с включенными зернами WC, имеющими большую или меньшую степень контактирования. В качестве вероятной также рассматривается модель в виде двух, проникающих один в один каркасов [2]

В качестве методов изменения структуры и повышения качества предлагается использовать высокоэнергетические методы магнитно-импульсной обработки и ионизирующим излучением.

Для исследования были использованы сплавы ВК6 и ВК8.

Проводились дюротрические, микроструктурные и рентгенографические исследования после различных видов энергетического воздействия.

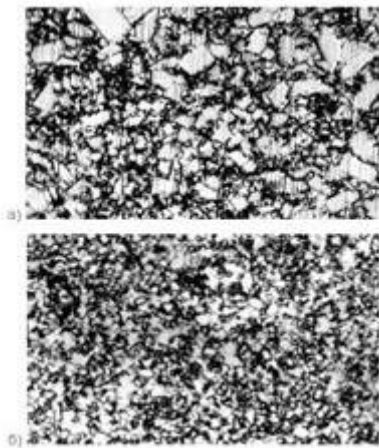
Принципиальная схема установки для проведения упрочнения МИО приведена на рис. 1.



**Рис. 1. Принципиальная блок-схема электрической части магнитно-импульсной установки**

Установка для упрочнения позволяет прикладывать к обрабатываемым деталям поля напряженностью от  $10^2$  до  $10^7$  А/м при продолжительности импульса 0.001-0.0001 сек., существенно изменяя энергию воздействия.

Взаимодействие приложенного поля с материалом детали приводит к изменению его микроструктуры. Структура твердого сплав ВК6 приведена на рис. 2:



**Рис. 2. Микроструктура твердого сплава ВК6:**

а)-в исходном состоянии б) после упрочнения МИО

Как видно из приведенных данных в результате МИО происходит увеличение дисперсности структуры за счет измельчения зерен карбида вольфрама.

Исследованию трибологических свойств твердых сплавов посвящено много работ. В работе [4] обнаружено, что в условиях абразивного изнашивания износостойкость твердых сплавов пропорциональна интенсивности напряжений  $K_{1C}$  и обратно пропорциональна среднему размеру частиц карбида  $D_{WC}$  и имеет следующий вид:

$$I_V = \alpha \frac{K_{1C}^{3/8} H^{1/2}}{D_{WC}}$$

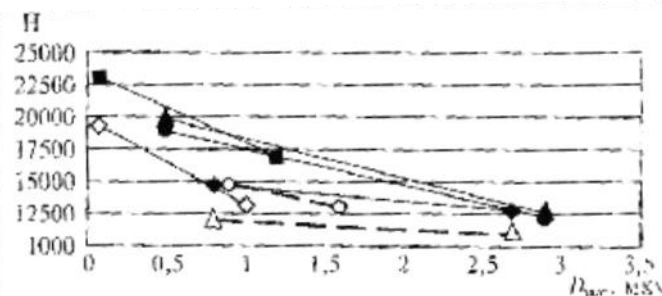
где  $\alpha$  – размерный коэффициент, получаемый экспериментально;

$K_{1C}$  – коэффициент интенсивности напряжений;

$H$  – микротвердость;

$D_{WC}$  – размер зерна карбида.

Уменьшение размера зерна карбида приводит к увеличению износостойкости [5]:



**Рис. 3. Влияние размера зерна  $D_{WC}$  на твердость  $H$  сплавов:**

◆ – 6% Co; ▲ – 8% Co; ● – 10% Co; ■ – 10,1...11,7% Co; ○ – 11% Co; Δ – 12% Co; ◇ – 23,6% Co

Изменение тонкой структуры проводилось на установке ДРОН, В качестве объектов исследования использовались твердые сплавы ВК8 со следующими свойствами:

Таблица 1.

**Свойства образцов сплава ВК8.**

№ сплава	Плотность, Г/см <sup>3</sup>	Твердость, HRA	$\sigma_{изг}$ , Н/мм <sup>2</sup>
1	14.5	88.3	2413
2	14.6	87.5	2200

Исследования проводились на кобальтовом излучении с записью основных характеристик при углах от 26 до 185<sup>0</sup>.

Смещение линий в сторону больших углов  $\theta$  на рентгенограммах свидетельствует об уменьшении межплоскостных расстояний.

Анализ полученных результатов проводился по линиям 101, 101, 120, 202.

Результаты расчета изменения межплоскостных расстояний приведены в таблице 2:

Таблица 2.

**Результаты расчета изменения межплоскостных расстояний**

Материал	Состояние	$d_1$ , А <sup>0</sup>	$d_0$ , А <sup>0</sup>	$d_1-d_0$
ВК8	Исходное состояние	1.0152	1.0152	0
ВК8	после МИО	2.515	2.513	-0.002

Для расчета сжимающих напряжений использовались углы отражения  $\theta$  больше 50<sup>0</sup>. Расчет напряжений выполнен по зависимости:

$$\sigma = E / \Delta d/d,$$

где

$E$  – модуль упругости твердого сплава ВК8 /  $585 \cdot 10^3$  МПа/

$\Delta d/d$  – изменение межплоскостного расстояния

Расчет величина сжимающих напряжений показал, что они достигают величины 1170 МПа. Возникновение сжимающих напряжений в материале приводит к увеличению предела усталости:

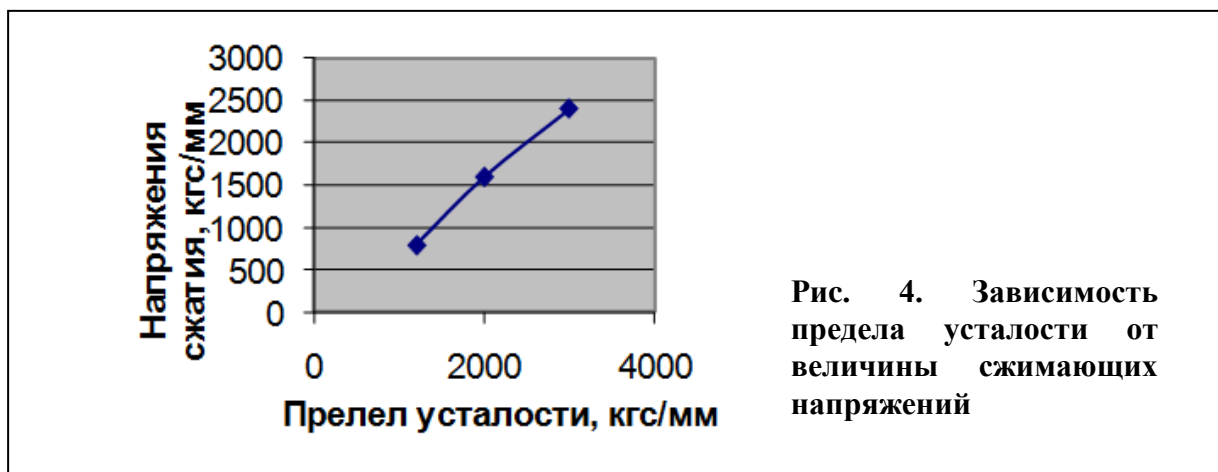


Рис. 4. Зависимость предела усталости от величины сжимающих напряжений

Таким образом, использование МИО привело к измельчению зерен

карбида и создало сжимающие напряжения.

Изменение свойств при ионном облучении проводилось с использованием радиоизотопного источника быстрых электроны Sr-90+Yt-90. Изменение свойств фиксировалось методом измерения микротвердости. Исследования выполнены на приборах немецкой фирмы LEITZ и американской INSTRON.

В таб. 3 приведены режимы обработки:

Таблица 3.

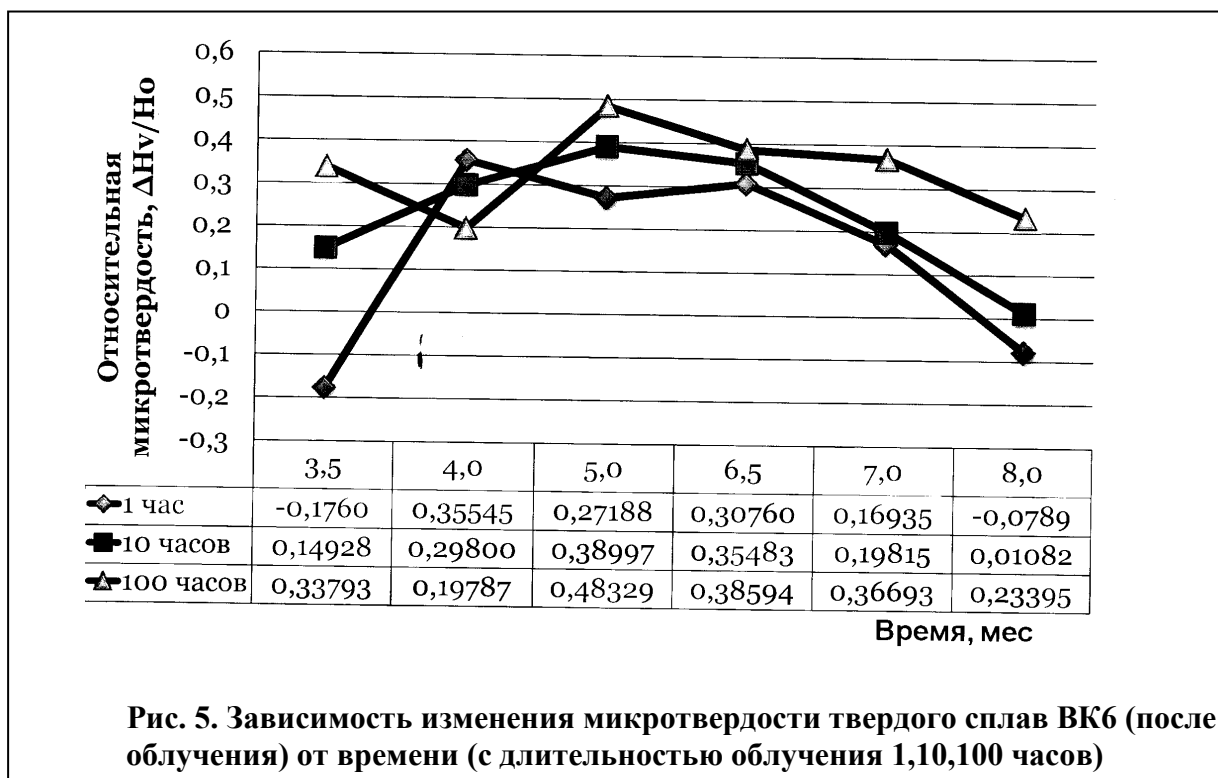
**Режимы ионной обработки и измерения полученных результатов.**

Материал	Твердый сплав ВК6, ВК8
Нагрузка при измерении микротвердости	От 100 до 1000г
Источник	Sr-90+Yt-90
Поток	$10^9$ и $10^{12}$ эл/см <sup>2</sup> сек
Продолжительность облучения	От 1 до 316 час

При использовании облучения особый интерес представляет сохраняемость эффекта увеличения микротвердости.

Для установления этого нами проведены исследования изменения микротвердости при различных дозах облучения в течении восьми месяцев.

Полученные данные приведены на рис. 5.



**Рис. 5. Зависимость изменения микротвердости твердого сплава ВК6 (после облучения) от времени (с длительностью облучения 1,10,100 часов)**

Как видно из рисунка, наилучшие результаты по сохранению твердости соответствуют 100-часовому облучению.



**Рис. 6. Зависимость относительной микротвердости твердого сплав ВК6 (после облучения длительностью 100 часов) от времени**

### Вывод

Проведенные исследования позволяют утверждать что оба метода повышения качества твердого сплава как МИО, так и ионное облучение могут быть рекомендованы для повышения качества твердосплавных режущих элементов.

### Список литературы:

1. **Третьяков В.И.** Металлокерамические сплавы. М.: Металлургиздат. 1962.
2. **Креймер Г. С.** Прочность твердых сплавов. М.: Металлургия. 1966.
3. **Чапорова И.Н., Чернявский К.С.** Структура спеченных твердых сплавов. М.: Металлургия. 1975, 248с.
4. **Wayne S.E., Baldeod J.S and Buljans S.I** / Trigology Transfctijns v.33 1999, P. 611-617
5. **Прожега М.В.** Трение и смазка в машиностроении №5, 2007, с. 17-23.