

## МОДИФИКАЦИЯ ПОВЕРХНОСТИ ТВЕРДЫХ СПЛАВОВ WC/Co С ПОМОЩЬЮ ИОННОЙ ИМПЛАНТАЦИИ

И. Мрочек, Р. Гюнцель, Э. Рихтер, В. Мёллер, В. Анищик\*

Институт ионно-лучевой физики и материаловедения, Научно-исследовательский центр Розендорф, D-01314 Дрезден, Германия, факс 035112602703

\*Белорусский Госуниверситет, Минск, Беларусь

Изучение механизма процессов в твердых сплавах под воздействием ионной бомбардировки и приводящих к изменению их трибологических свойств. Ионно-лучевая модификация поверхности сплавов WC/Co проводилась с помощью однозарядных ионов B, N, O, Si, Cr, Ag, Fe, Xe с энергией 40 кэВ и флюэнсом  $10^{16}$  ион/см<sup>2</sup> при различных температурах. Изучено влияние имплантации этих ионов на микротвердость и износостойкость сплавов WC/Co. Для интерпретации полученных закономерностей проведены эксперименты с использованием методов ERDA (Elastic Recoil Detection Analysis) и XRD (X-Rays Detection). Установлена определяющая роль радиационно-стимулированных дефектов в повышении износостойкости WC/Co.

### 1. Введение

Воздействие потоков энергетических ионов на поверхность металлов и сплавов приводит к существенному изменению структуры, а следовательно, и свойств приповерхностного слоя. Улучшение прочностных свойств металлов и сплавов после имплантации отмечалось многими авторами [1-4], однако полной ясности причин этого эффекта до сих пор нет. В связи с этим представляет интерес исследование механизма сложных процессов, происходящих в твердых сплавах под действием ионной бомбардировки, а также выяснение роли этих процессов в изменении структуры и трибологических свойств.

### 2. Экспериментальная часть

В качестве объекта исследований использовался твердый сплав с размером WC-зерна до 1 мкм и 15%-ным весовым содержанием кобальтовой связки. Имплантация проводилась на установке Danfysik-1090. В качестве имплантированных ионов использовались однозарядные ионы B, N, O, Si, Cr, Ag, Fe, Xe. Энергия ионов составляла 40 кэВ при флюэнсе  $10^{16}$  ион/см<sup>2</sup>. С целью выбора оптимальных результатов и выяснения механизма упрочнения сплава ионами бора, имплантация этих ионов проводилась в интервале флюэнсов  $5 \cdot 10^{14}$  -  $5 \cdot 10^{17}$  ион/см<sup>2</sup> при различных температурах подложки - до 100°C, а также при 450°, 700° и 900°C. Интервал плотности ионного тока: от 0,05 до 4,2 мкА/см<sup>2</sup>. Распределение имплантированных атомов по глубине после имплантации определялось с помощью метода ERDA (Elastic Recoil Detection Analysis) с использованием 35 МэВ-ных ионов хлора. Для структурных исследований применялся метод рентгеноструктурного анализа (XRD) на медном излучении и при 2° и 1° скользящего пучка. Изучение микротвердости ионно-модифицированных слоев проводилось на приборе Shimadzu DVH-201 методом Виккерса в динамическом режиме при максимальной нагрузке на индентор 8г.

Износостойкость образцов измерялась в режиме сухого трения при нагрузке 100г на сферический индентор, совершающий возврат-

но-поступательные движения по исследуемой поверхности. Параметры оставляемой им канавки (характеризующие степень износа) определялись с помощью профилометра Dektak-8000.

Условия экспериментов выбирались таким образом, чтобы полученные результаты содержали информацию об изменениях в имплантированном слое, а также на глубинах, превышающих проективный пробег ионов в мишени.

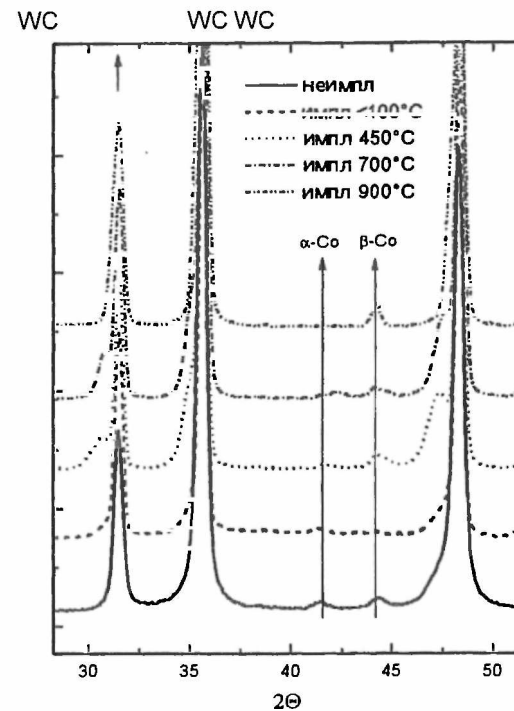


Рис.1. XRD-спектры образцов: необлученного и облученных ионами бора с флюэнсом  $5 \cdot 10^{17}$  ион/см<sup>2</sup> с энергией 40 кэВ при различной температуре.

### 3. Результаты и обсуждение

На основе данных структурного (XRD) анализа обнаружены изменения в гексагональной кристаллической решетке карбида вольфрама во всех образцах после имплантации.

На рис.1 в качестве примера приведены рентгенограммы образцов, имплантированных ионами бора с энергией 40 кэВ и флуэнсом  $5 \cdot 10^{17}$  ион/см<sup>2</sup> при различной температуре. Рост параметров решетки максимален при 450°C-имплантации. В этом случае расчеты показали увеличение объема элементарной кристаллической ячейки карбида вольфрама на 3,5%. Однако, этот эффект на повышении трибологических характеристик решающим образом не сказался.

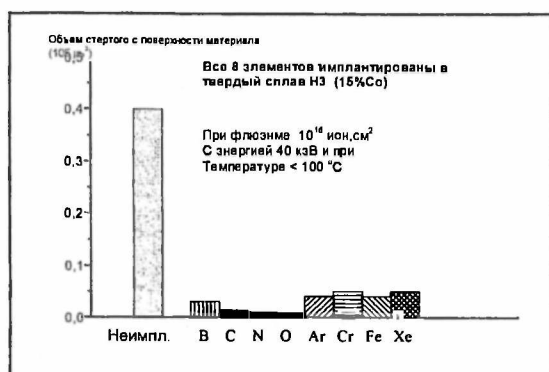


Рис.2. Количество материала, удаленного с поверхности при испытаниях на истирание.

При дальнейшем изучении поверхностных свойств имплантированных образцов уста-

новлено, что интервал флуэнсов с данной энергией ионов, при котором наблюдается рост износостойкости WC/Co, составляет  $10^{15}$ - $10^{16}$  ион/см<sup>2</sup>. Замечено, что в случае имплантации различных ионов при  $t < 100^\circ\text{C}$ , полученные результаты сравнимы между собой (Рис.2). Это позволяет предположить, что главную роль в изменении износостойкости WC/Co играет плотность радиационно-стимулированных дефектов и степень обусловленных ими искажений кристаллической решетки.

Планируется более детальное изучение механизмов упрочнения при высокотемпературной имплантации.

#### Список литературы

1. G.Dearnaley, // in „Science of Hard Materials“ ed. R.K.Viswanadham, D.J.Rowcliffe and J.Gurland (Plenum Press, NY, 1983), p.467
2. S.Bartolucci Luyckx, J.P.F.Sellscop // Journal of Materials Science Letters, 1988.-V.7-p.265
3. P.J. Wilbur, J.A. Davis, D.L. Williamson, J.J. Vajo, R. Wie. // Surface and Coatings Technology,-1997.-V.96-p.52
4. Y. Yoshida, A. Matsumura, K. Higeta, T. Inoue, S. Shimizu, Y. Motonami, M. Sato, T. Sadahiro and K. Fujii, // Nucl. Instr. and Meth.-1991.-B59/60-p.962.

#### Acknowledgments

This work was supported by the EC, contract BRPR CT97-0380.

### ION ASSISTED SURFACE MODIFICATIONS OF HARD METALS

I.Mrotschek, R.Günzel, E.Richter, W.Möller, V.Anishchik\*

*Institute for Ion Beam Physics and Materials Research, Forschungszentrum Rossendorf, Dresden, Germany*

*Forschungszentrum Rossendorf e.V., P.O.Box 51 01 19, D-01314 Dresden, Germany*

*Tel. +49-351-2602339, +49-351-2603326, Fax +49-351-2602703, Fax +49-351-2602703*

*e-mail i.mrotschek@fz-rossendorf.de, e-mail*

*\*Belarus State University, Minsk, Belarus*

To explain the improvement of life time of WC/Co compounds the knowledge of depending on optimal implantation parameter is very important. Experiments to test beam line ion implantation in cemented tungsten carbide at a temperature  $< 100^\circ\text{C}$  were performed using the following elements - B, N, O, Si, Cr, Ar, Fe, Xe. The ion fluence had a chosen of  $1 \cdot 10^{16}$  cm<sup>-2</sup> at an energy level of 40 keV. Specifically using boron, ion implantation to find the optimal results were measured between the following dose of  $5 \cdot 10^{14}$  to  $5 \cdot 10^{17}$  cm<sup>-2</sup>. Tribological tests were defined to investigate the change of hardness and wear. Concentration profiles were investigated by Elastic Recoil Detection Analysis (ERDA) using a 35 MeV Cl-ion beam. The X-raying Detection Analysis (XRD) has shown that after implantation it can be observed that there is a broadening of the XRD tungsten carbide peaks towards smaller angles. This study demonstrates that the hardness and wear characteristics of the WC/Co hard metal can be improved by ion implantation some ions fluences of  $10^{15}$  –  $10^{16}$  cm<sup>-2</sup>. Up to this point in time, whilst are no new phases of formation obtained, it is possible, that increased it mechanical properties is case of deposition radiation-induced defects.

