

© БРУ

МОДИФИЦИРОВАНИЕ ОДНОКАРБИДНЫХ ТВЕРДЫХ СПЛАВОВ ОБРАБОТКОЙ ТЛЕЮЩИМ РАЗРЯДОМ

М.А. БЕЛАЯ, В.М. ШЕМЕНКОВ

The paper gives the results of the investigation into the depth of the modified layer, the morphology of the face surface and the wear resistance of plates made of VK8 hard alloy in the initial state and after their being subjected to the treatment at different energy characteristics of the glow discharge

Ключевые слова: тлеющий разряд, твердый сплав, стойкость

1. ВВЕДЕНИЕ

Твердые сплавы как инструментальные материалы эффективно применяются в металлообработке. Твердосплавным инструментом снимается до 70 % всей стружки [1]. Однако качественные изменения в металлообработке последних лет повышают требования к работоспособности и надежности твердосплавного инструмента.

Резервы повышения износостойкости инструментальной оснастки за счет создания новых материалов в значительной степени уже исчерпаны или связаны со значительными материальными затратами. Поэтому особое значение в настоящее время приобретают вопросы, связанные с внедрением технологических процессов модифицирования рабочих поверхностей.

Одним из перспективных способов повышения износостойкости инструментов является модифицирующая обработка изделий тлеющим разрядом [2]. Устройство для его реализации представлено на рисунке 1. Оно представляет собой вакуумную камеру 1, в которой расположен анод 2 и стол катод 3 с изделием 4. При помощи откачного поста 5 и блока измерения 6 создается и контролируется разряжение в камере. Энергетические характеристики тлеющего разряда поддерживаются и контролируются при помощи высоковольтного блока управления 7.

Особенность обработки заключается в том, что она осуществляется тлеющим разрядом постоянного тока, возбуждаемом в среде остаточных атмосферных газов давлением от 1,33 до 13,33 Па, напряжением горения 1...5 кВ при плотности тока от 0,15 до 0,35 А/м², частоте импульсов 100 Гц ± 20% и отношении площади анода к площади катода от 0,01 до 0,05.

Разработанный метод по сравнению с существующими обладает рядом преимуществ. Метод позволяет повысить износостойкость всей гаммы инструментальных материалов. Отсутствуют традиционные для аналогичных видов обработки операции подогрева, нагрева и охлаждения изделий, предварительной термообработки, что приводит к повышению производительности процесса. В процессе обработки изделие нагревается до температуры 423 К, что обеспечивает сохранность его конструктивных и геометрических параметров. Отсутствие специальных устройств для подготовки рабочей среды экономически выгодно отличает предложенный метод от аналогов. Процесс модифицирующей обработки тлеющим разрядом не токсичен и отвечает самым жестким требованиям по защите окружающей среды [3].

Механизмы, приводящие к модифицирующей обработке инструментальных материалов тлеющим разрядом, сходны с процессами, протекающими при низкоэнергетической ионной имплантации, с разницей, в том, что изменение свойств поверхностных слоев твердых сплавов происходит за счет бомбардировки ионами и атомами остаточных газов, таких как азот (N₂), кислород (O₂), водород (H₂), аргон (Ar), а также распыленных атомов элементов твердого сплава. Это приводит к изменению эксплуатацион-

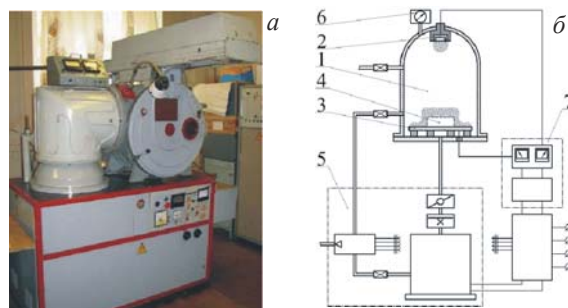


Рис. 1—Вид (а) и схема (б) установки для осуществления модифицирующей обработки

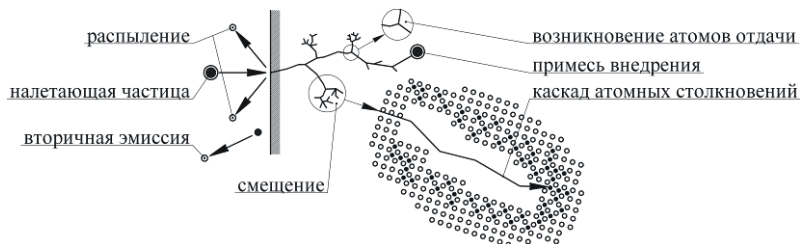


Рис. 2 – Схема процессов, имеющих место при обработке тлеющим разрядом

ных свойств твердых сплавов в условиях трибомеханического и трибохимического воздействия [4, 5].

Взаимодействие заряженной частицы с поверхностью модифицируемого материала приводит к активации процессов (рисунки 2), приводящих к формированию уникальных структурно-фазовых состояний в поверхностных слоях способствующих изменению эксплуатационного поведения изделий в условиях трибомеханического и трибохимического воздействия.

Ниже представлены исследования партии многогранных непорочиваемых пластин из твердых сплавов ВК8 и ТН-20 в исходном состоянии и подвергнувшихся обработке, при различных энергетических характеристиках тлеющего разряда.

2. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Проведенный металлографический анализ свидетельствует о том, что твердые сплавы являются гетерогенными материалами, состоящими из твердой фазы и связки. Так, в качестве твердой фазы исследуемого твердого сплава ВК8 в состоянии поставки используется карбид вольфрама (WC), а в качестве связующего компонента выступает кобальт (Co) (рисунки 3, а). В качестве твердой фазы сплава ТН-20 выступает карбид титана (TiC), а в качестве связующего компонента выступает никель-молибденовая связка (рисунки 4, а). Границы зерен карбидной фазы являются размытыми, а зерна имеют сложную форму.

Модифицирующая обработка твердого сплава ВК8 приводит к уменьшению размера зерен карбидной фазы. Помимо изменения размеров зерен карбида вольфрама и возникновению новых границ деления зерен твердой фазы особенно после обработки в тлеющем разряде с удельной мощностью горения $0,50 \text{ кВт/м}^2$ (рисунки 3, в), обработка также приводит к размытости межфазных границ вызванных сложным взаимодействием кобальтового и карбидного скелетов (рисунки 3, г).

Модифицирующая обработка твердого сплава ТН-20 приводит к появлению четких границ зерен карбидной фазы, особенно при обработке с удельной мощностью горения тлеющего разряда W , равной $0,20$ и $0,88 \text{ кВт/м}^2$ (рисунки 4, б и 4, г), что может быть вызвано образованием по границам зерен твердого раствора $\text{TiC}+\text{Mo}_2\text{C}$ [4], перераспределением никеля вдоль границ зерен твердой фазы и частичным переходом молибдена из твердой фазы в связующую.

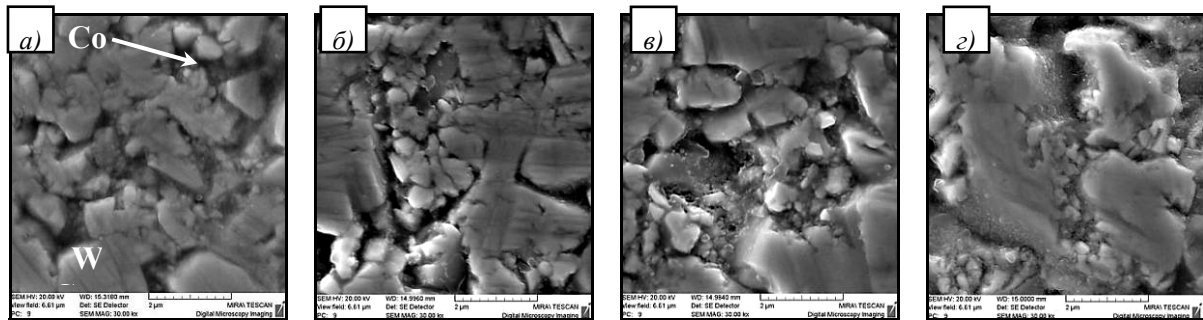


Рис. 3. Структура твердого сплава ВК8: а – в состоянии поставки б – после обработки тлеющим разрядом с удельной мощностью горения разряда $0,20 \text{ кВт/м}^2$; в – $0,50 \text{ кВт/м}^2$; г – $0,88 \text{ кВт/м}^2$

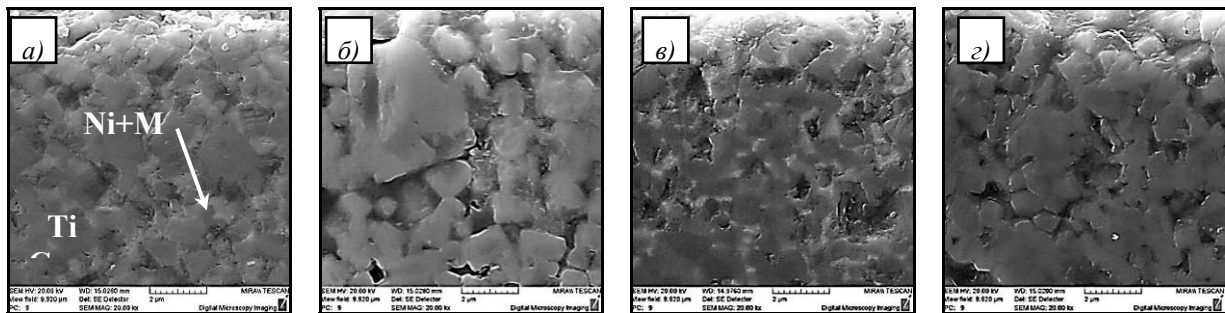


Рис. 4 – Структура твердого сплава ТН-20: а – в состоянии поставки б – после обработки тлеющим разрядом с удельной мощностью горения разряда $0,20 \text{ кВт/м}^2$; в – $0,50 \text{ кВт/м}^2$; г – $0,88 \text{ кВт/м}^2$

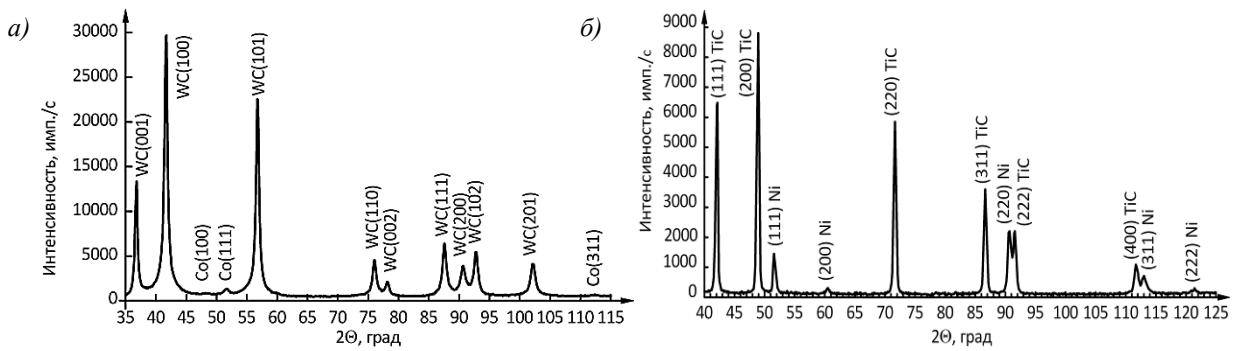


Рис. 5 – Фрагменты дифрактограмм твердого сплава BK8 (а) и ТН-20 (б) в исходном состоянии

С целью получения информации о воздействии модифицирующей обработки на структуру отдельных составляющих твердого сплава было проведено изучение дифракционных отражений карбидов вольфрама, титана, кобальта, молибдена и никеля, полученных при помощи автоматизированного рентгеновского комплекса на базе дифрактометра ДРОН-3М. Фрагменты дифрактограмм представлены на рисунке 5.

При анализе полученной дифрактограммы исходного образца сплава BK8 (рис. 3, а) видно, что она содержит две системы отражений, одна из которых принадлежит карбиду вольфрама (WC), другая – кобальту (Co). Межплоскостные расстояния и распределение интенсивности регистрируемых линий WC, за исключением отражения (101), соответствуют данным стандартной картотеки PDF.

При анализе полученной дифрактограммы исходного образца сплава ТН-20 (рисунок 5, б) видно, что фазовый состав сплава представлен карбидом титана (TiC) и никелем (Ni). Отсутствие отражений от молибдена (Mo) в исследуемом интервале углов рассеяния связано с тем, что молибден растворен в карбидной фазе [4].

В связи с малым содержанием кобальтовой связки в твердом сплаве BK8 его дифракционные линии, характеризуются низкой интенсивностью (рисунок 6, а), что приводит к определенным трудностям при выявлении механизмов протекающих при модифицирующей обработке. В результате этого был проведен рентгеноструктурный анализ сплава GIALLOY PACO-CR (EN ISO 6871-1/6871-2) с массовой долей Co 64%, в исходном состоянии и подвергнутый модифицирующей обработке (рисунок 6, б). За счет большого содержания кобальта механизмы структурно-фазовых превращений, протекающие в нем, будут более явными.

Характер изменения параметров дифракционных линий (002), (111) и (200) кобальта свидетельствует о протекании в процессе модифицирующей обработке полиморфного превращения α -Co \rightarrow β -Co и β -Co \rightarrow α -Co, а изменение интенсивности дифракционных линий (002), (110) и (112) – о переориентации кристаллов α -Co.

Изменение физического уширения и интенсивности дифракционных линий Co, WC и Cr подтверждает, что воздействие тлеющего разряда приводит к уменьшению искажений, как в связующем материале, так и в твердой фазе сплавов.

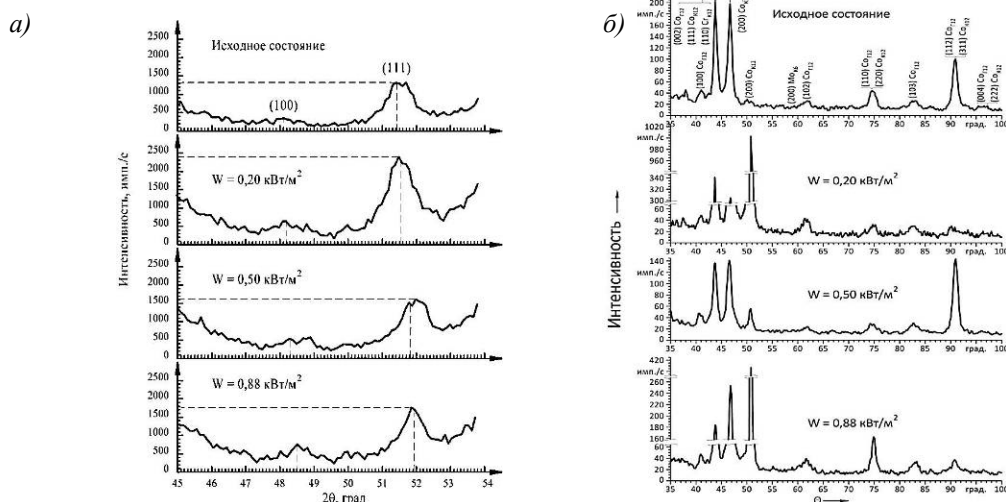


Рис. 6 – Фрагменты рентгенограмм твердого сплава BK8 (а) и сплава GIALLOY PACO-CR (EN ISO 6871-1/6871-2) (б) в исходном состоянии и после модифицирующей обработки

Таблица 1 – Межплоскостное расстояние d/n, интегральная интенсивность J, физическое уширение β дифракционных линий никеля, размер фрагментов D в его поверхностных слоях

Образец	Линия (111)					Линия (220)			Линия (222)		
	d/n, нм		J, имп	β , $\times 10^{-3}$ рад	D, нм	d/n, нм		J, имп	d/n, нм		J, имп
	эксперимент	эталон [7]				эксперимент	эталон [7]		эксперимент	эталон [7]	
Исходный	0,2060	0,2038	1317	12,7	16	0,1257	0,1252	1472	0,1026	0,1022	438
0,20 кВт/м ²	0,2049		981	18,9	11	0,1258		246	0,1026		384
0,50 кВт/м ²	0,2054		3850	5,2	38	0,1257		710	0,1027		606
0,88 кВт/м ²	0,2053		8103	4,1	50	0,1253		202	0,1027		522

Таблица 2 – Соотношение интенсивности линий никеля для различных образцов

Образец	Интенсивность дифракционных линий, %		
	(111)	(220)	(222)
Эталон	100	40	10
Исходный	100	100	16
0,20 кВт/м ²	100	18	21
0,50 кВт/м ²	100	15	18

Обработка тлеющим разрядом твердого сплава ТН-20 оказывает влияние на тонкую структуру никеля, на что однозначно указывают изменения профиля дифракционных линий и соотношение их интенсивностей (таблица 1).

Вместе с тем межплоскостные расстояния, рассчитанные по отражениям линий никеля (220) и (222), близки к литературным [7]. Это позволяет сделать однозначный вывод, что в исходном состоянии сплав характеризуется анизотропией свойств, и наибольшая степень искажения кристаллической решетки никеля происходит по плоскостям (111), (220), для которых соотношение интенсивностей отличается от эталона (таблица 2).

Сопоставление представленных в таблице 2 результатов свидетельствует о том, что воздействие тлеющего разряда оказывает значительное влияние на поверхностные слои сплава, на что указывает изменение профиля и интенсивности линии (111) никелевой связи.

3. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

При обработке твердого сплава ВК8 в тлеющем разряде с удельной мощностью горения от 0,20 до 0,88 кВт/м² происходит ряд структурно-фазовых изменений, заключающихся в формировании блочно-фрагментированной структуры карбидной фазы WC, в увеличении размера фрагментов кобальтовой связи, в изменении соотношения фаз α -Co и β -Co, а также в граничной и объемной диффузии Co в WC.

Обработка твердого сплава ВК8 в тлеющем разряде с удельной мощностью горения от 0,20 до 0,88 кВт/м² приводит к уменьшению искажений как в связующих материалах (Ni + Mo), так и в твердой фазе (TiC); перераспределению TiC по глубине; образованию по границам зерен карбидной фазы твердого раствора TiC+Mo₂C.

Указанные выше изменения, протекающие в поверхностных слоях твердосплавного инструмента, приводит к повышению поверхностной твердости от 10 до 15 % и износостойкости от 2 до 3 раз [8].

Литература

1. Металлообрабатывающий твердосплавный инструмент: справочник / В. С. Самойлов [и др.]; редкол.: И. А. Ординарцев (пред.) [и др.]. – М.: Машиностроение, 1988. – 368 с.: ил.
2. Пат. РБ № 14716 ВУ, U C 21 D 1/78. Способ упрочнения изделий из металла или сплава, или сверхтвердого или графитсодержащего материала / В. М. Шеменков, А.Ф. Короткевич; заявитель и патентообладатель Государственное учреждение высшего профессионального образования «Белорусско-Российский университет». – № 20091136; заявл. 27.07.2009. опубл. 30.08.2011. – 3 с.
3. Беляя, М.А. Структурно-фазовое модифицирование кобальтсодержащих твердых сплавов обработкой в тлеющем разряде / М.А. Беляя, Е.С. Ахралович // 46-я студенческая научно-техническая конференция: материалы конф.: тез. докл. 27 мая 2010 г. – Могилев, 2010. – С. 24.
4. Шеменков, В.М. Влияние тлеющего разряда на механические и эксплуатационные свойства поверхностного слоя однокарбидных твердых сплавов / В.М. Шеменков, Ф.Г. Ловшенко, Г.Ф. Ловшенко // Вестн. Белорусско-Российского университета, - 2011. – №4/(33). С. 117-128.
5. Шеменков, В.М. Влияние тлеющего разряда на структуру и свойства безвольфрамовых твердых сплавов / В.М. Шеменков, Ф.Г. Ловшенко, Г.Ф. Ловшенко // Современные методы и технологии создания и обработки материалов: VI Междунар. науч.-техн. конф. (Минск, 14-16 сентября 2011 г.): сб. материалов. В 3 кн. Кн. 1. Конструкционные и функциональные материалы в современной технике, методы их получения. Материалы для микро- и наноэлектроники / ред. коллегия: С.А. Астапчик (гл. ред.) [и др.]. – Минск: ФТИ НАН Беларуси, 2011. с. 396 – 406.
6. Панов, В.С. Технология и свойства спеченных твердых сплавов и изделий из них: учеб. пособие для вузов / В. С. Панов, А. М. Чувилин, В. А. Фальковский. – 2-е изд., доп. и перераб. – М.: МИСИС, 2004. – 464 с.: ил.

7. *Горелик, С.С.* Рентгенографический и электронно-оптический анализ : учеб. пособие для вузов / С. С. Горелик, Ю. А. Скаков, Л. Н. Расторгуев. – 4-е изд., доп. и перераб. – М. : МИСИС, 2002. – 360 с. : ил.
8. *Шеменков, В.М.* Влияние тлеющего разряда на эксплуатационные свойства твердых сплавов / В.М. Шеменков, Ф.Г. Ловшенко, Г.Ф. Ловшенко // Современные методы и технологии создания и обработки материалов: VII Междунар. науч.-техн. конф. (Минск, 19-21 сентября 2012 г.): сб. материалов. В 3 кн. Кн. 1. Конструкционные и функциональные материалы в современной технике, методы их получения. Материалы для микро- и нанoeлектроники / ред. коллегия: С.А. Астапчик (гл. ред.) [и др.]. – Минск: ФТИ НАН Беларуси, 2012. с. 396 – 406.