ВЛИЯНИЕ ТЛЕЮЩЕГО РАЗРЯДА НА ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ СВОЙСТВА ТВЕРДЫХ СПЛАВОВ[1]

К.А. Бодяко, **В.М. Шеменков**

В статье раскрыто влияние факторов модифицирующей обработки в тлеющем разряде на твердость и износостойкость инструментов из твердых сплавов, работающих в условиях знакопеременных периодических нагрузок.

Ключевые слова: Тлеющий разряд, твердый сплав, структура, модифицирование.

Твердые сплавы как инструментальные материалы эффективно применяются в металлообработке. Твердосплавным инструментом снимается до 70 % всей стружки [1]. Однако качественные изменения в металлообработке, связанные с появлением труднообрабатываемых материалов, применение станков с числовым программным управлением, многоцелевых станков, гибких производственных систем, повышают требования к их работоспособности и надежности. Проблема может быть решена как созданием новых сплавов с заданными свойствами, так и улучшением качества наиболее распространенных из существующих путем модифицирования их структурных составляющих и повышения прочности связи между ними.

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

Традиционные способы повышения стойкости, такие как поверхностная термообработка, различные диффузионные способы, нанесение электролитических покрытий, наплавка и др. в ряде случаев не обеспечивают необходимой износостойкости или неприемлемы по другим причинам. Поэтому все большее распространение получают такие методы, как нанесение износостойких покрытий и поверхностное упрочнение изделий путем ионно-плазменной обработки. Они позволяют получать покрытия и упрочненные слои, которые служат диффузионными барьерами, уменьшают трение, износ инструмента, усилия резания и деформирования. Благодаря малой теплопроводности эти покрытия и слои защищают подложку от перегрева, снижают склонность к схватываниию с обрабатываемым материалом и налипанию его на инструмент. Наиболее широкое применение указанные способы получили для повышения износостойкости неперетачиваемых режущих пластин из твердых сплавов.

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.

Применение разработанного метода по сравнению с существующими, обеспечивает следующие преимущества: возможность получения более высокой стойкости и износостойкости; сокращение общей продолжительности процесса упрочнения в результате отсутствия ряда операций – подогрева, нагрева и охлаждения изделий, предварительной термообработки и, как следствие, повышение производительности процесса; большую экономичность, обусловленную отсутствием дополнительной, специально

[1] Статья подготовлена в ходе выполнения научно-исследовательской работы студентов на кафедрах «Металлорежущие станки и инструменты» и «Технология машиностроения»

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

подготавливаемой рабочей среды и устройства для ее приготовления; сохранность конструктивных и геометрических размеров обрабатываемых изделий; процесс не токсичен и соответствует требованиям по защите окружающей среды [3].

а) б)

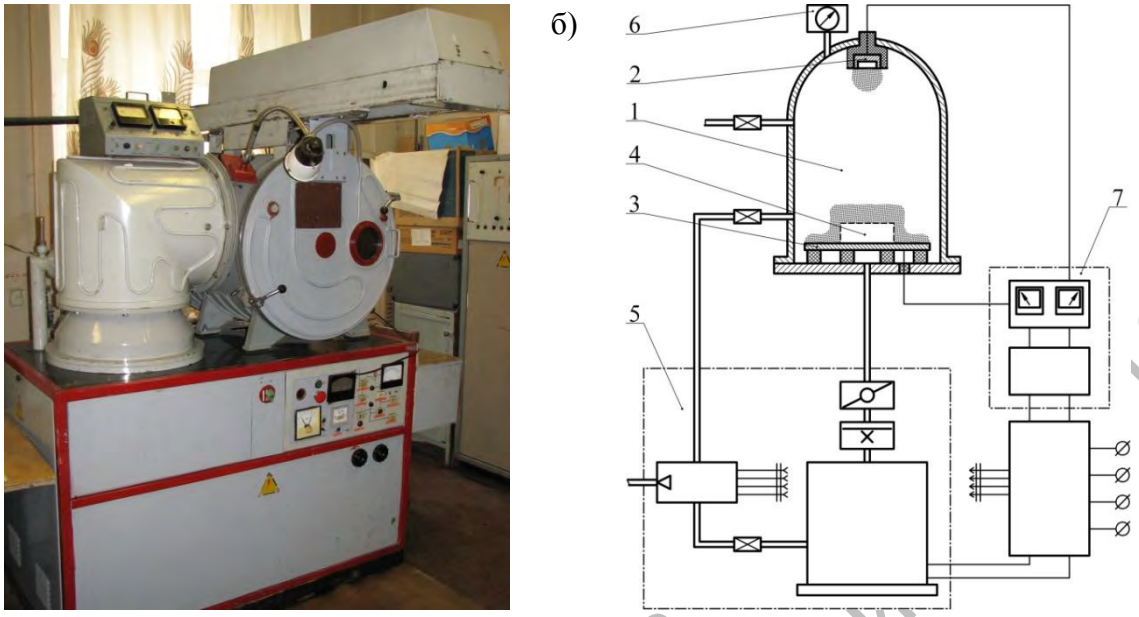

Рис.1. Вид (а) и схема (б) установки для осуществления модифицирующей обработки

Механизмы, приводящие к модифицирующей обработке сходны с процессами, протекающими при низкотемпературной ионной имплантации с той лишь разницей, что при обработке тлеющим разрядом в качестве источника ионов используется среда остаточных газов. Вследствие чего изменение свойств поверхностных слоев происходит за счет их бомбардировки ионами и атомами атмосферных газов и обрабатываемых материалов.

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

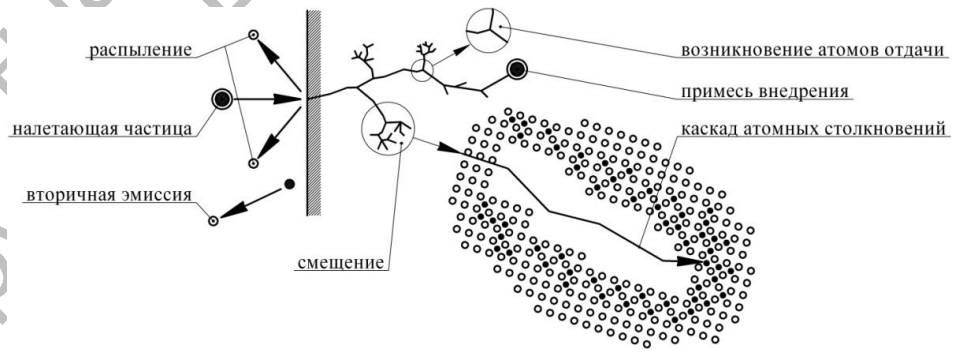

Рис. 2. Схема процессов, имеющих место при обработке тлеющим разрядом

В данной работе представлены результаты исследования процессов, протекающих в поверхностных слоях твердых сплавов, при обработке их в тлеющем разряде и влияние этих процессов на повышение твердости и износостойкости. Исследования проводились на партиях многогранных неперетачиваемых пластин из твердых сплавов ВК8 (ГОСТ 3882–84) и ТН-20 (ГОСТ 26530–85) в состоянии поставки и подвергнувшихся обработке, при различных энергетических характеристиках тлеющего разряда и времени обработки в нем.

Одной из наиболее распространенных и универсальных характеристик,

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

определяющих качество инструментального материала, возможность его применения в различных конструкциях инструментов и при различных условиях работы, является твердость.

Обработка твердых сплавов в тлеющем разряде приводит к повышению поверхностной твердости на 10…15 % (исходное значение 13450 МПа и 14350 МПа соответственно для твердого сплава ВК8 и ТН-20). Наибольшее влияние на изменение поверхностной твердости оказывают энергетические характеристики тлеющего разряда (рисунок 3), такие как напряжение U, кВ (кривая 1) и плотность тока J, А/м^2 (кривая 2). Данные характеристики оказывают сложное влияние на изменение твердости. Изменения описываются кривыми с экстремумами.

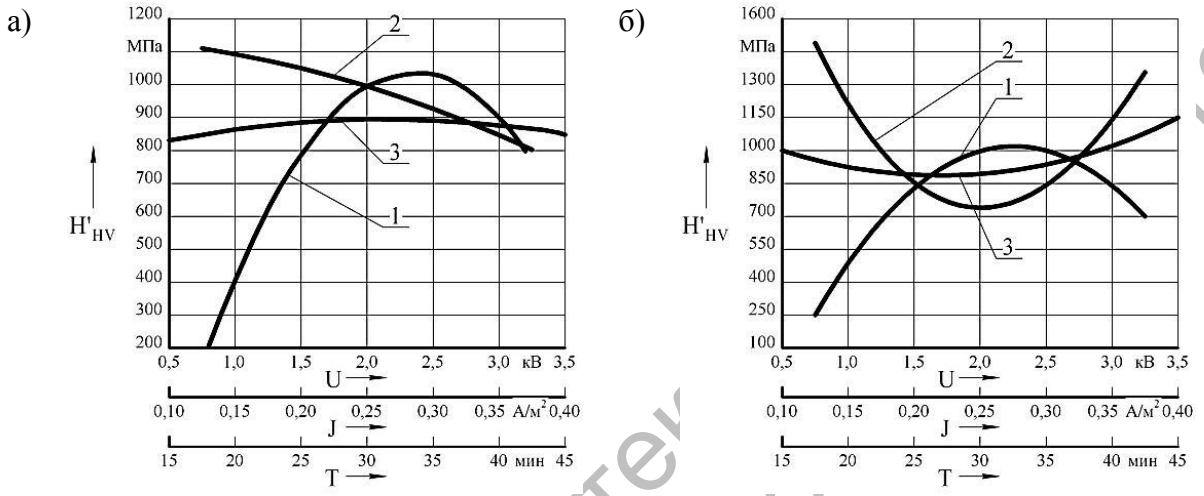

Рис.3. Зависимость приращения поверхностной твердости H′HV пластин из твердого сплава ВК8 (а) и ТН20 (б) от различных факторов модифицирующей обработки тлеющим разрядом.

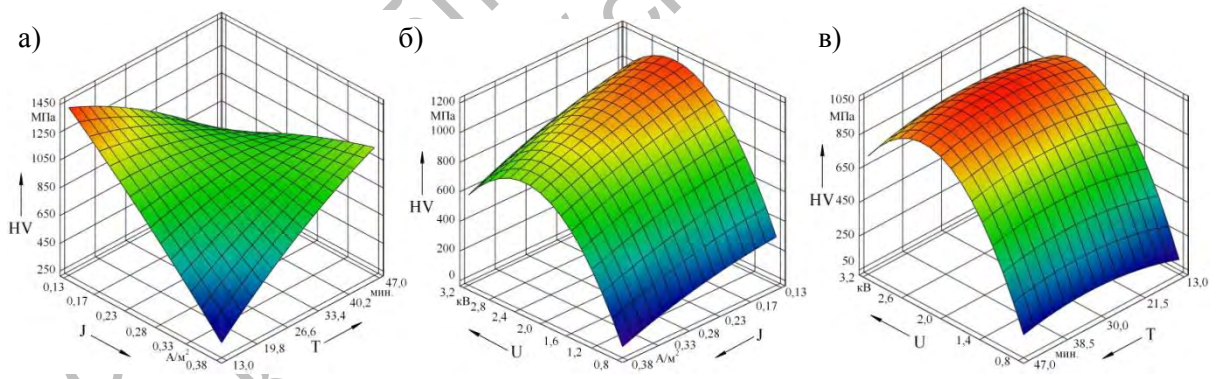

Рис. 4. Влияние плотности тока J, А/м^2, и времени обработки T, мин (а); напряжения горения тлеющего разряда U, кВ, и плотности тока J, А/м^2 (б); напряжения горения тлеющего разряда U, кВ, и времени обработки T, мин (в) на приращение поверхностной твердости пластин из твердого сплава ВК8.

Электронная библиотека Белорусского государственного университета

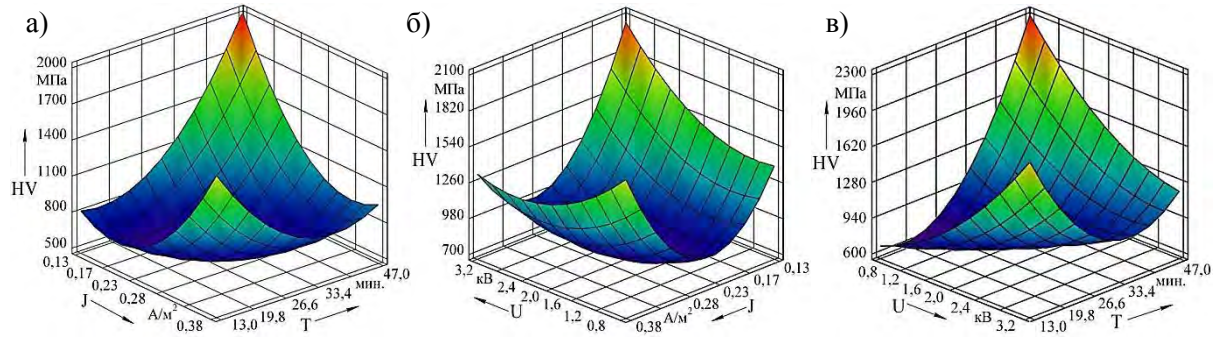

Рис. 5. Влияние плотности тока J, А/м^2, и времени обработки Т, мин (а); напряжения горения тлеющего разряда U, кВ, и плотности тока J, А/м^2 (б); напряжения горения тлеющего разряда U, кВ, и времени обработки Т, мин (в) на приращение поверхностной твердости пластин из твердого сплава ТН-20.

Время обработки Т, мин. (кривая 3) совместно с энергетическими характеристиками тлеющего разряда оказывает сложное влияние на повышение твердости, которое можно выразить при помощи полинома второй степени, отвечающим требованию ротатабельности (рисунок 4 и 5).

В дальнейшем для наглядности представляемых результатов энергетические характеристики тлеющего разряда заменены одной, такой как удельная мощность горения W, кВт/м^2

$$W = j \cdot U, \tag{1}$$

где j – плотность тока, А/м^2;
U – напряжение горения тлеющего разряда, кВ.

Основной характеристикой инструментальных материалов является износостойкость, т.е. сопротивляемость истиранию обрабатываемым материалом, которая проявляется в сопротивлении материала контактной усталости.

Обработка твердых сплавов тлеющим разрядом с определенными технологическими характеристиками вызывает повышение их износостойкости при различных видах лезвийной обработки всего спектра материалов от 1,5 до 3 раз [5]. Причем модифицирующая обработка приводит к относительно равномерному износу на всем протяжении резания до достижения критического износа (рисунок 6 и 7).

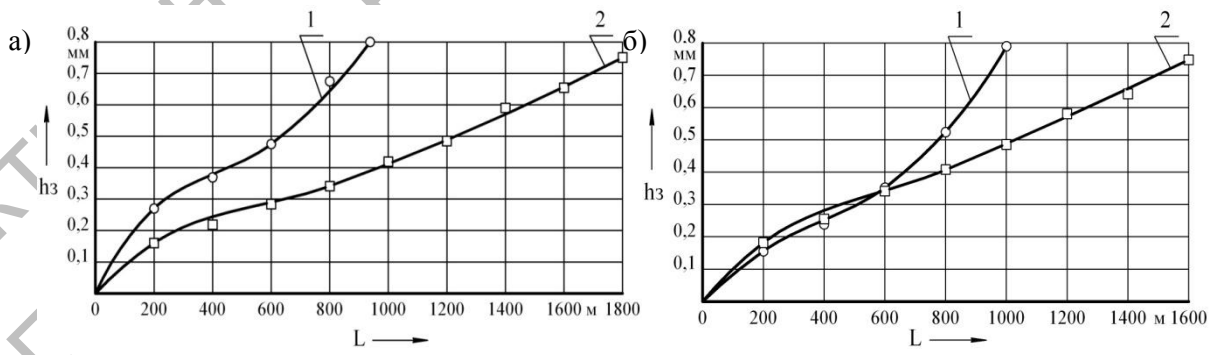

Рис. 6. Износ инструмента из твердого сплава ВК8 в состоянии поставки (1) и обработанного тлеющим разрядом (2) при обработке серого чугуна СЧ 20 (а) и стали 45 (б).

Электронная библиотека Белгородского университета

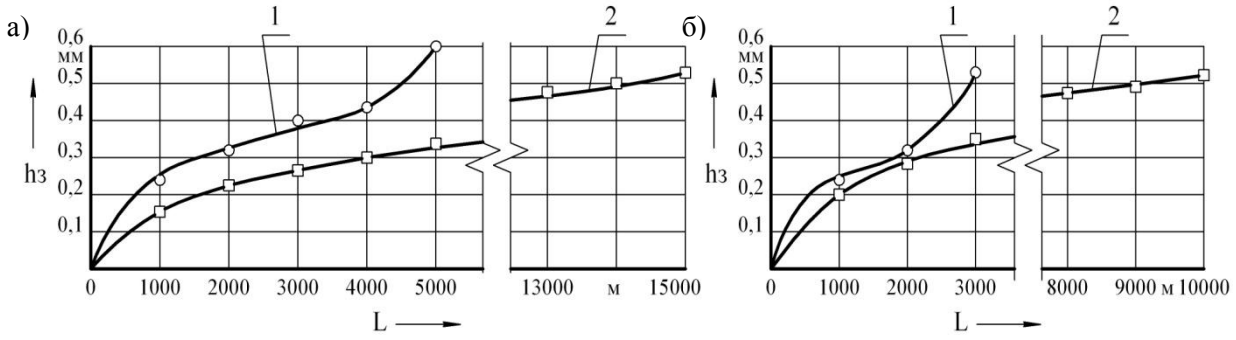

Рис. 7. Износ инструмента из твердого сплава ТН-20 в состоянии поставки (1) и обработанного тлеющим разрядом (2) при обработке серого чугуна СЧ 20 (а) и стали 45 (б).

Модифицирование твердых сплавов в большей степени эффективна при лезвийной обработке материалов с образованием элементной или суставчатой стружки, снижающей площадь контакта с передней поверхностью и тем самым уменьшающей износ по ней (рисунок 8). Износ по передней поверхности ведет к интенсивному удалению модифицированного слоя, что нежелательно. Таким образом, глубина модифицированного слоя является одним из важнейших элементов, влияющих на износостойкость инструментальных материалов, и требует детального исследования.

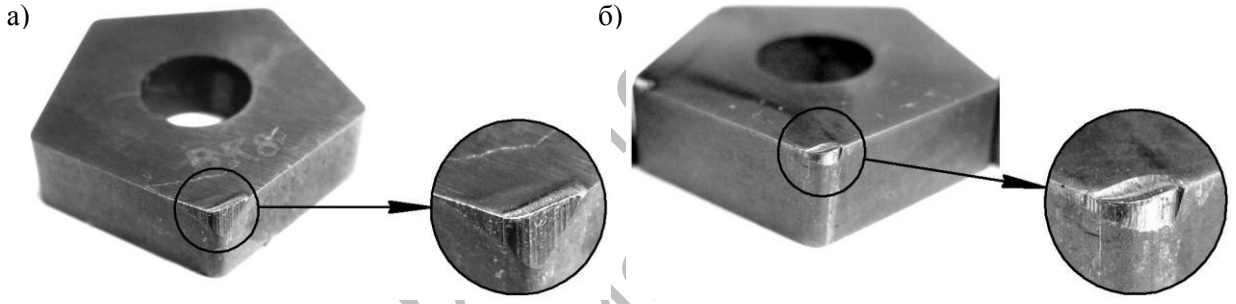

Рис. 8. Износ пластин при обработке серого чугуна СЧ 20 (а) и стали 45 (б)

Полученные данные показывают, что поверхностный слой у твердых сплавов ВК8 и ТН-20, находящихся в состоянии поставки глубиной до 50 мкм отличается от основного пониженными значениями твердости (рисунок 9, б и 10, б). Данная особенность объясняется скоплением кобальтовой или никелевой связки у поверхности (рисунок 9, а и 10, а), связанное с тем, что при спекании твердосплавных инструментов, происходит образование капельной фазы связки, которая под действием давления и капиллярного эффекта выдавливается к поверхности [4].

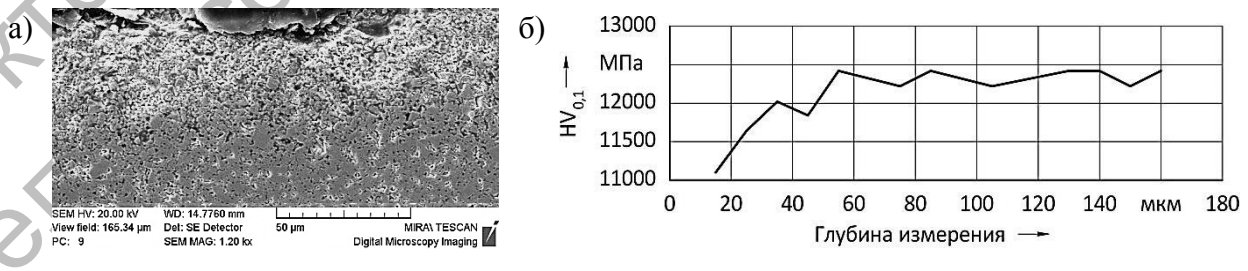

Рис.9. Структура (а) и микротвердость (б) поверхностного слоя твердого сплава ВК8 в состоянии поставки.

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

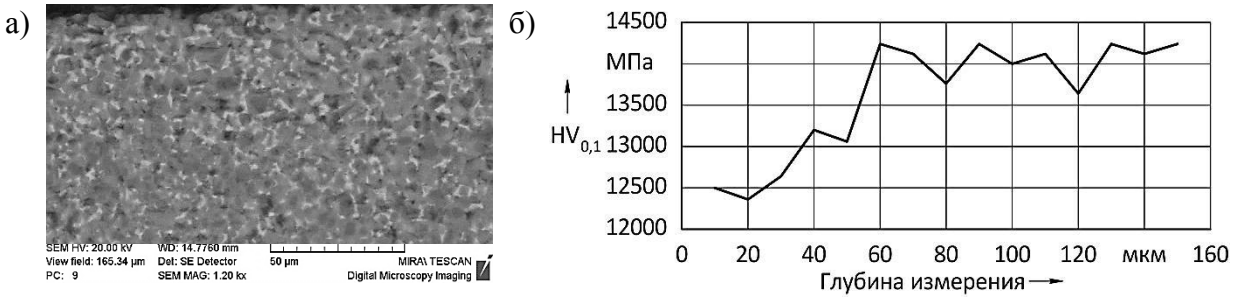

Рис. 10. Структура (а) и микротвердость (б) поверхностного слоя твердого сплава ТН-20 в состоянии поставки.

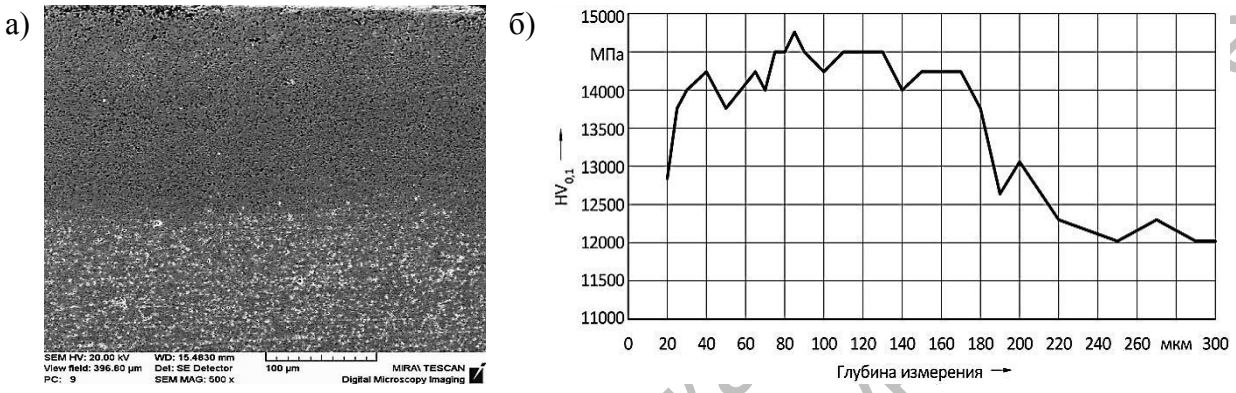

Рис. 11. Структура (а) и микротвердость (б) поверхностного слоя твердого сплава ВК8 после обработки с удельной мощностью горения разряда 0,88 кВт/м^2

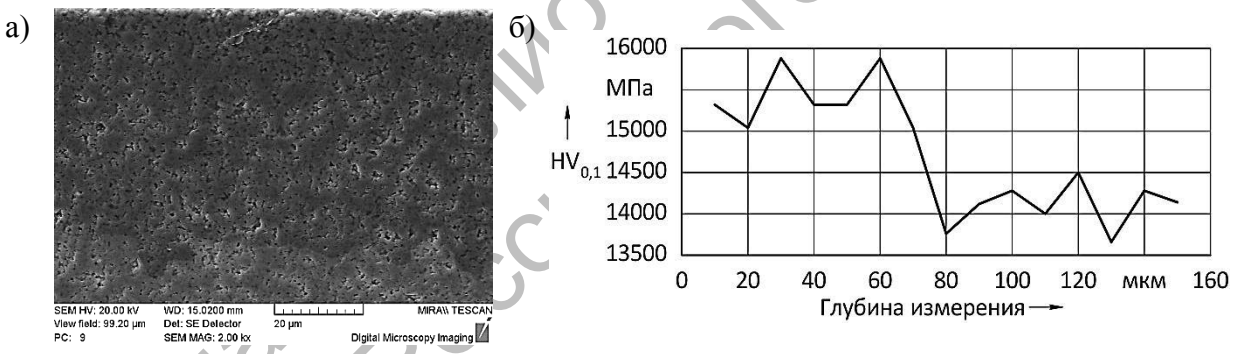

Рис. 12. Структура (а) и микротвердость (б) поверхностного слоя твердого сплава ВК8 после обработки с удельной мощностью горения разряда 0,88 кВт/м^2

После воздействия тлеющего разряда на твердый сплав глубина модифицированного слоя в зависимости от технологических параметров обработки и вида сплава может достигать величины 220 мкм для сплава ВК8 (рисунок 11) и 70 мкм для сплава ТН-20 (рисунок 12). Формирование разных глубин модифицированного слоя объясняется эффектом дальнодействия, а также наличием у твердого сплава ВК8 пор уменьшающих эффект экранирования налетающих заряженных частиц [6].

Заключение

Обработка твердых сплавов тлеющим разрядом приводит к повышению их поверхностной твѐрдости от 10 до 15 % и износостойкости от 2 до 3 раз.

Литература

1. Металлообрабатывающий твердосплавный инструмент: справочник / В. С. Самойлов [и др.].; редкол.: И. А. Ординарцев (пред.) [и др.]. – М.: Машиностроение, 1988. – 368 с.: ил.

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

2. Пат. РБ № 14716 BY, 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. *Ходырев, В. И.* Прогрессивные электрофизические методы упрочнения твердосплавного инструмента / В. И. Ходырев, А. Ф. Короткевич, В. М. Шеменков // Вестн. МГТУ. – 2002. – № 2. – С. 159–163.
4. *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.
5. *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 //Весн. Белорусско-Российского университета, - 2011. – №4/(33). С. 117-128.
6. Эффекты дальнодействия в ионно-имплантированных металлических материалах / А. Н. Диденко, [и др.], – Томск: Изд-во НТЛ, 2004. – 328 с.: ил.

Бодяко Константин Александрович
Студентка машиностроительного факультета
Белорусско-Российский университет, г. Могилѐв
Тел.: +375 (29) 627 65 66
Шеменков Владимир Михайлович
Зав. кафедрой «Технология машиностроения», канд. техн. наук, доцент
Белорусско-Российский университет, г. Могилѐв
Тел.: +375 (44) 740 06 64

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета