

требности в анолите. В случаях отсутствия в стоках бактерицидных загрязнений, их электрохимическая обработка проводится без межэлектродной перегородки.

Выводы.

1. Очистка сточных вод машинных дворов сельскохозяйственных организаций предпочтительна применением метода электрохимической обработки с разделением катодной и анодной камер диафрагменной перегородкой. Для обеззараживания сточных вод от бактерицидной микрофлоры может использоваться продукт электрохимической активации – анолит с  $pH = 3$ , концентрацией в нем активного хлора 2...3 мг/л. Устойчивое обеззараживание сточных вод с колииндексом 5000-15000 достигается при смешивании их в равных объемах с анолитом.

2. Так как состав загрязнений сточных вод постов мойки меняется в течении года, зависит от сезонности работ сельскохозяйственной техники, электрохимическая обработка стоков должна быть дифференцирована с учетом этого, что позволит уменьшить энергетические затраты на очистку.

## **ВАКУУМНО-ПЛАЗМЕННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ УПРОЧНЕНИЯ ИНСТРУМЕНТА ПОКРЫТИЯМИ НА ОСНОВЕ ТВЕРДЫХ РАСТВОРОВ НИТРИДОВ ПЕРЕХОДНЫХ МЕТАЛЛОВ**

Кулешов А.К., БГУ, г. Минск

Соболь В.Р., Козик В.А., УО БГАТУ, г. Минск

**Введение.** Современные требования к эксплуатационным характеристикам твердосплавного инструмента такие как: увеличение времени работы инструмента, повышения скорости резания, уменьшение энергопотребления на изготовление единицы продукции ставят актуальной задачей поиска новых упрочняющих инструмент покрытий на основе многокомпонентных нитридных систем образующих твердые растворы друг с другом или покрытий представляющих комбинацию фаз металлов и твердых фаз нитридов металлов [1,2]. Наибо-

лее перспективными являются композитные системы из нитридных фаз с включениями металлов формируемые с помощью вакуумно-дугового осаждения плазменного потока металла в атмосфере азота. Вариация концентрации металлической компоненты позволяет в широких пределах изменять внутренние механические напряжения в покрытиях на основе нитридов металлов, их адгезию и износостойкость [3,4].

Целью данной работы являлось установление взаимосвязи между твердостью, износостойкостью и формируемым фазовым и элементным составом вакуумно-плазменных покрытий на твердом сплаве Т15К6 синтезированных методом конденсации из плазменной фазы в остаточной атмосфере азота при совмещении плазменных потоков металлов (Zr и Mo) и (Cr и Mo), (Ti и Cr) и (Zr и Ti).

**Методика эксперимента.** Покрытия формировались на твердом сплаве с помощью конденсации атомов металла из плазменной фазы катодной дуги с использованием плазменных потоков одного или одновременно двух металлов в атмосфере азота  $10^{-1}$  Па при токах горения металлических катодов 100 А (Ti, Cr, Zr) и 150 А (Mo). Толщины покрытий не превышала 5 мкм.

Фазовый состав сформированных покрытий исследовался при помощи дифрактометра ДРОН 4.0 в геометрии Брегга-Брентано. Элементный состав определялся методом рентгеноспектрального анализа на растровом электронном микроскопе LEO 1455 VP. Измерения твердости методом Виккерса проводилось на микротвердомере ПМТ-3 путем вдавливания алмазной пирамидки при нагрузках 1-2 Н. Во время производственных испытаний оценивалось количество деталей обработанных одной гранью резца до выхода его из строя при получистовой и чистовой обработке деталей из Ст.3 на токарных станках 16А20 с ЧПУ.

**Результаты и обсуждение.** При одновременном использовании плазменных потоков двух металлов Zr и Mo происходит, как это следует из представленных на (рис.1 а) данных рентгеноструктурного анализа, формирование одной фазы - твердого раствора (Zr,Mo)N имеющего г.ц.к. структуру. Подтверждением формирования фазы твердого раствора является положение дифрак-

ционного максимума новой фазы лежащего между дифракционными пиками соответствующих нитридов металлов ZrN и Mo<sub>2</sub>N (см. рис.1 а). Из данных рентгеноспектрального микроанализа следует, что твердый раствор имеет состав (Zr<sub>52</sub>Mo<sub>48</sub>)N.

При получении покрытий на основе системы Cr-Mo-N (рис. 1 а) происходит формирование нескольких фаз - твердого раствора (Cr, Mo)N с кубической структурой, имеющего текстуру (220) характерную для CrN, а также Cr и Mo. Концентрации Cr и Mo в растворе составляют значения 61 и 39

% соответственно. Применение плазменных потоков металлов Ti и Zr позволяет получить покрытие на основе одной фазы - твердого раствора (Ti<sub>72</sub>Zr<sub>28</sub>)N с кубической структурой, имеющей текстуру (111) (рис.1 б). В случае Ti и Cr образуется двухфазная система: твердый раствор (Ti,Cr)N с текстурой (200) и Cr (рис.1 б).

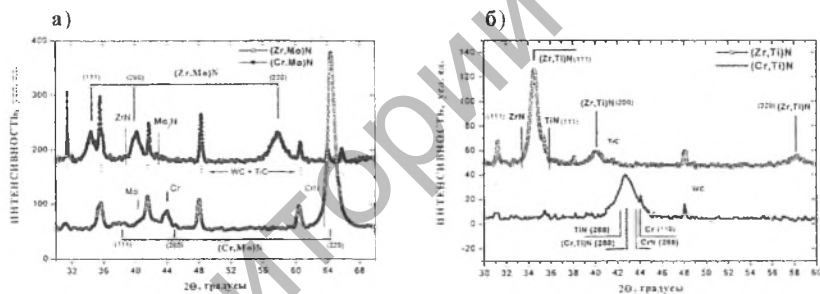


Рис. 1. Участки рентгенограмм покрытий на твердом сплаве Т15К6, сформированных совмещением плазменных потоков металлов (а) - Zr и Mo, Cr и Mo (б) – Zr и Ti, Cr и Ti в атмосфере азота

Результаты измерения твердости всех типов покрытий, полученных на сплаве Т15К6, представлены на рис.2 а. Однофазные твердые растворы (Zr<sub>52</sub>Mo<sub>48</sub>)N и (Ti<sub>72</sub>Zr<sub>28</sub>)N обладают наибольшей твердостью превышающей твердость соответствующих одинарных нитридов ZrN, TiN, Mo<sub>2</sub>N. Твердость

покрытий состоящих из фаз нитрида и металлов:  $(Cr,Mo)N + Cr$  и  $(Ti,Cr)N + Cr$  не превышает твердости нитридов  $Mo_2N$  или  $TiN$ .

Результаты производственных испытаний различных типов покрытий на твердом сплаве представлены на рис.2 б. Во время производственных испытаний оценивалось количество деталей обработанных одной гранью резца до выхода его из строя при полустрогальной и чистовой обработке деталей из Ст.3 на токарных станках 16A20 с ЧПУ. Износостойкость в производственных условиях режущего инструмента с покрытиями на основе твердых растворов нитридов металлов  $(Cr,Ti)N$  и  $(Ti,Zr)N$  превышает максимальную стойкость инструмента с одинарными нитридными покрытиями в 1,3-1.5 раза.

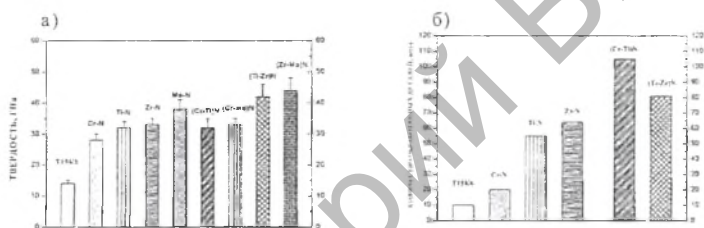


Рис. 2. Твердость (а) и результаты производственных испытания (б) инструмента Т15К6 с покрытиями на основе одинарных и двойных нитридов металлов Cr, Ti, Zr, Mo, сформированных методом КИБ на твердом сплаве Т15К6.

**Заключение:** Совмещение ионно-плазменных потоков двух металлов (Zr и Mo), (Cr и Mo), (Ti и Cr), (Ti и Zr) в остаточной атмосфере азота позволяет формировать твердые растворы на основе соответствующих нитридов металлов:  $(Zr_{52}Mo_{48})N$ ,  $(Cr,Mo)N$ ,  $(Ti,Cr)N$  и  $(Ti_{72}Zr_{28})N$ . Износостойкость режущего инструмента с покрытиями из твердых растворов нитридов металлов  $(Cr,Ti)N$  и  $(Ti,Zr)N$  превышает максимальную стойкость инструмента с одинарными нитридными покрытиями  $TiN$ ,  $ZrN$  в 1,3-1.5 раза.

Литература

1. Верещака А.С., Третьяков И.П. Режущие инструменты с износостойкими покрытиями. -М.: Машиностроение, 1986. - с.192.

2. Мрочек Ж.А., Вершина А.К., Ивашенко С.А. Плазменно-вакуумные покрытия - Мн., - 2004 – 368 с.-

3. Uglov V.V., Anishchik V.M., Zlotski S.V., Abadias G., Dub S.N. // Surface and Coatings Technology, 2005, Vol. 200, Issues 1-4. P. 178-181.

4. Holleck H. Binäre und ternäre carbide- und nitridsysteme der übergangsmetalle, Gebrüder Borntraeger Berlin, 1984, 318 p.

## **ГЕОМЕТРИЯ И СОПРОТИВЛЕНИЕ СИСТЕМЫ "ЭЛЕКТРОД-ПОЧВА" ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО КУЛЬТИВАТОРА**

Ляпин В.Г., ФГОУ ВПО НГАУ, г. Новосибирск

Электрическое повреждение сорных растений реализуется электротехнологическими культиваторами (ЭТК), рабочим органом которых является электродная система (ЭС). В качестве примера на рисунке приведена одна из классификаций электродов и ЭС ЭТК. Проанализировав ЭС с точки зрения химии и электротехнологии, следует отнести к их параметрам следующие признаки: число фаз; форма, размеры, число и материал электродов; расположение электродов и расстояние между ними; электрическая схема соединения. Материал электродов является источником создания электронов и ионов в межэлектродном промежутке (МЭП). Определяющими для ЭС ЭТК являются вольтамперные характеристики, улучшение которых обусловлено рациональным выбором соотношений геометрии ЭС, их массогабаритных показателей.