



учебное заведение «Донецкий национальный технический университет». – Донецк, 2010. – 34 с.

9. Пат. 64617 Украина, МПК Е 21 С 50/00. Підшипникова опора: Пат. 64617 Україна МПК Е 21 С 50/00 К.А. Зіборов, Г.К. Ванжа, В.М. Мар'єнко (Україна); ДВНЗ «НГУ», – № u 2011 05154; Заявл. 22.04.2011, Бюл. №21. – 2 с.

УДК 620.179

## ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ СВОЙСТВА ИЗНОСОСТОЙКИХ ПОКРЫТИЙ

**Е.Г. Науменко**, старший преподаватель кафедры строительной, теоретической и прикладной механики

Государственное высшее учебное заведение «Национальный горный университет», г. Днепропетровск, Украина, e-mail: [elena\\_naumenko71@mail.ru](mailto:elena_naumenko71@mail.ru)

**Аннотация.** В статье приведены примеры различных материалов для износостойких покрытий, которые используются для определенных условий эксплуатации. Даны рекомендации по выбору состава многослойного покрытия.

*Ключевые слова:* адгезия, абразивный износ, износостойкость.

## PERFORMANCE PROPERTIES OF WEARPROOF COATINGS

**O. Naumenko**, senior lecturer, Department of Structural, Engineering and Applied Mechanics

State Higher Educational Institution “National Mining University”, Dnepropetrovsk, Ukraine, e-mail: [elena\\_naumenko71@mail.ru](mailto:elena_naumenko71@mail.ru)

**Abstract.** The article provides examples of different materials for wearproof coatings which have been used in several operating conditions. Recommendations about multilayer coating structures are given.

*Keywords:* adhesion, abrasive wear, wearproofness.

**Введение.** Важным резервом существенного повышения износостойкости, эксплуатационной надежности инструментов и технологической оснастки является нанесение тонких износостойких пленок на основе нитридов и карбидов переходных металлов.

Разработанный в середине 70-х годов XX века специалистами Харьковского физико-технического института метод поверхностного упрочнения путем конденсации вещества в вакууме в условиях ионной бомбардировки, как показывает практика, не нашел должного применения в промышленности. Основными причинами такой ситуации являются следующие:

1. До настоящего времени отсутствовали научно-обоснованные методы выбора материалов износостойких покрытий для конкретных условий эксплуатации (обрабатываемый материал, инструментальный материал, вид инструмента, условий работы и др.).

2. Низкий уровень технологии производства инструментов и оснастки, а соответственно, и подготовки их под нанесение покрытий.

3. Недостаточный уровень технологической дисциплины и метрологического обеспечения при нанесении упрочняющих покрытий (состояние вакуумной системы – статический и динамический вакуум; отсутствие средств достоверной оценки температуры напыляемых изделий).

**Цель работы.** Общей целью выполненных исследований является разработка новых материалов износостойких покрытий с улучшенным комплексом эксплуатационных характеристик на основе изучения свойств тонких пленок из нитридов и карбидов переходных металлов IV, V и VI групп Периодической системы элементов Менделеева.

При выполнении исследований исходим из следующих предпосылок:

1. Универсального покрытия для разнообразных условий работы инструмента и обрабатываемых материалов нет.

2. Каждый из исследуемых материалов износостойких пленок должен обладать собственным комплексом эксплуатационных свойств (механических, адгезионных, триботехнических и термодинамических).

**Материал и результаты исследований.** Как известно, поверхностные области режущего и штамповочного инструмента работают в очень жестких условиях интенсивного воздействия обрабатываемого материала, что сопровождается такими явлениями, как упругие и пластические деформации, адгезионное взаимодействие и схватывание материала, трение, вибрация и др. Требования по свойствам, которые предъявляются к инструменту (такие как твердость, прочность, теплостойкость), также верны и для поверхностных защитных пленок. Уровень этих свойств (по крайней мере, многих из них) должен быть еще выше. Это, прежде всего, относится к теплостойкости. Важным свойством нитридов, карбидов переходных металлов является их термическая устойчивость, стабильность при высоких температурах.

Наиболее высокими температурами плавления и устойчивости обладают соединения с гранцентрированной кубической структурой. Среди переходных металлов наивысшие точки плавления и устойчивости имеют элементы VI группы, среди карбидов – производные элементов V группы, среди нитридов – производные элементов IV группы. Стабильность нитридов VI группы уменьшается от  $CrN$  к  $MoN$  и далее к  $WN$ , в то время как карбидов – в обратной последовательности [1].

Многочисленные экспериментальные данные свидетельствуют, что все значения механических свойств понижаются с повышающейся толщиной покрытия. Выбор оптимальной толщины должен основываться на учете двух противоположных факторов:

- с ростом толщины слоя ухудшаются прочностные свойства пленок, из-за хрупкости увеличивается износ. Однако с увеличением толщины пленки повышается сопротивление прежде всего абразивному износу, что обеспечивает более длительную стойкость;

- толщина покрытия оказывает влияние на радиусы режущих кромок. С ростом толщины слоя сильно увеличиваются закругления, что автоматически повышает усилия процесса резания и ухудшает качество обработанной поверхности [2].

Поэтому, в зависимости от условий эксплуатации инструмента, оптимальная толщина покрытия является различной. Установлено, что оптимальная толщина покрытия нитрида титана для быстрорежущего инструмента, работающего на операции точения конструкционных сталей, является: по передней поверхности 4 мкм, по задней поверхности 2 мкм.

Важным свойством износостойких пленок является прочность сцепления их с инструментальной основой. Адгезия пленок обуславливается взаимодействием между атомами покрытия и подложки. Одним из основных факторов, определяющих прочность сцепления пленок, является температура подложки в процессе нанесения покрытия. Выполненные исследования показывают, что наиболее высоким комплексом эксплуатационных свойств обладают пленки, полученные при температуре 500 – 550 °С, т.е. близкой к зоне термического разупрочнения инструментальной стали.

Износ режущего инструмента с покрытием зависит, прежде всего, от прочности сцепления пленки с поверхностью инструмента, уровня адгезии с обрабатываемым материалом, прочностных и термодинамических свойств поверхностных слоёв. Интенсивность изнашивания определяется адгезионными и адгезионно-усталостными явлениями в зоне контакта режущего инструмента с обрабатываемым материалом. (Под адгезионным износом инструмента понимают отрыв силами адгезии мельчайших частиц инструментального материала в процессе трения с обрабатываемым материалом) [3]. Совершенно устранить износ, возникающий в условиях совместного пластического деформирования между инструментальным и обрабатываемым материалом невозможно.

**Вывод.** Вполне очевидно, что реализовать весь комплекс полезных эксплуатационных свойств в покрытии неизменного химического состава невозможно. Практической реализацией исследований является разработка многослойных износостойких пленочных покрытий, удачно сочета-

Ющих необходимые эксплуатационные свойства (рис.1): высокую прочность сцепления с инструментальной основой; минимальное схватывание с обрабатываемым материалом; высокие твердость, прочность, термостойкость каждого из компонентов покрытия.

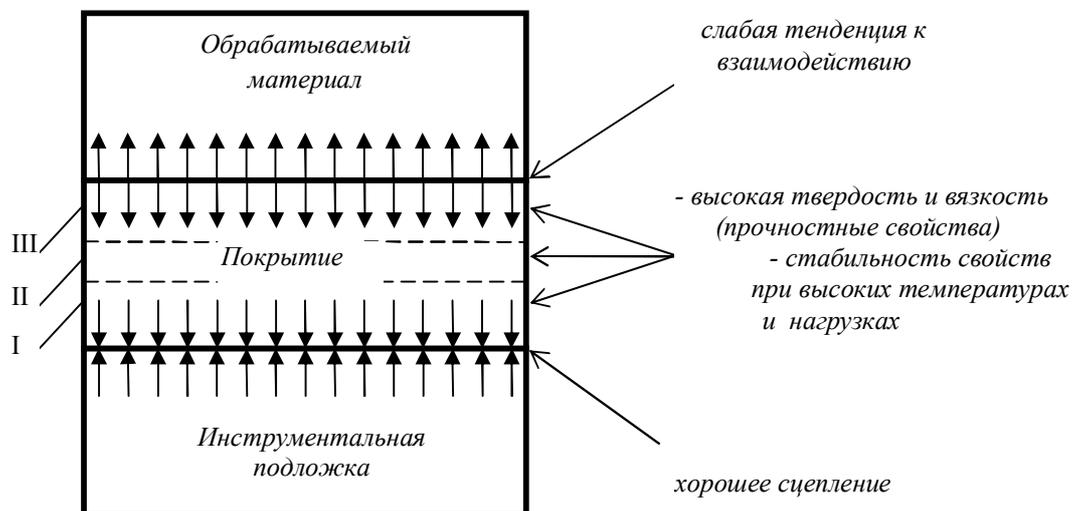


Рисунок 1 – Схема износостойкого покрытия с улучшенными служебными свойствами: I – нижний, прилегающий к инструментальной основе, слой покрытия; II – переходный слой; III – верхний слой покрытия, контактируемый с обрабатываемым материалом

В задачу дальнейших исследований должно входить изучение характера и уровня адгезионных связей между всевозможными материалами тугоплавких износостойких покрытий и различными обрабатываемыми материалами. На основании этих исследований и при учете других, не менее важных свойств, следует разработать такие материалы покрытий, которые имеют максимальный запас износостойкости в данных условиях эксплуатации.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Сальников А.С. Износостойкость нитридных пленок/ Сальников А.С.// Металловедение и термическая обработка металлов. – 1993. – № 5. – С. 2 – 5.
2. Науменко Е.Г. Исследование фазового состава износостойких нитридов/ Е.Г. Науменко, А. С. Сальников // Тез. междунар. науч.-техн. конференции "Проблемы механики горно-металлургического комплекса", Д.: НГУ, 2002.– С. 49 – 50.
3. Сальников А. С. Атомно-энергетическая модель трения / Сальников А. С.// Металловедение и термическая обработка металлов. – 1993. – № 7. – С. 27 – 32.