

11. Филлипов Е.С. О природе предкристаллизационных аномалий в жидких металлах // Изв.вузов, 1975, № 7, С. 119-124.

12. Физика и техника мощного ультразвука: Физические основы ультразвуковой технологии / под ред. Розенберга Л.Д. М., 1970, т. III.

13. Хорбенко И.Г. Ультразвук в машиностроении. М., Машиностроение, 1974, 280 с.

УДК 621.81.004.67

СОСТАВЫ ПОКРЫТИЙ И ВАКУУМНО-ПЛАЗМЕННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ УПРОЧНЕНИЯ РЕЖУЮЩЕГО ИНСТРУМЕНТА

*А.Н. Микулович – студент 5 курса БГАТУ
Научный руководитель – к.т.н., доцент В.А Лойко*

В зависимости от материала и условий эксплуатации режущего инструмента, необходимости в согласовании свойств материалов покрытия и инструмента, технологических особенностей методов нанесения к покрытиям, наносимым на режущий инструмент, предъявляется ряд требований, которые могут быть разделены на четыре категории [1]:

1. Требования, учитывающие условия работы инструмента, то есть его служебное назначение.

2. Специфические требования к инструментальному материалу с покрытием включают совместимость свойств материалов покрытия и инструмента.

3. Требования к технологическим особенностям метода нанесения покрытия такие, как формирование покрытия при температурах, исключающие кристаллизационные явления и фазовые переходы в материале инструмента.

4. Общие требования, такие, как высокая равная плотность и беспористость покрытия по поверхности и сечению, обеспечивающие защиту материала инструмента от взаимодействия с обрабатываемым материалом и газовой средой.

Наиболее широко в качестве материалов для покрытий на режущих инструментах используют карбиды, нитриды, карбонитри-

ды, бориды и силициды тугоплавких металлов IV–VI групп Периодической системы элементов (IV – титан, цирконий, гафний; V – ванадий, ниобий, тантал; VI – хром, молибден, вольфрам). Это связано с особенностями их кристаллохимического строения [2, 3].

Материала покрытия для режущего инструмента выбирается в зависимости от вида и состояния обрабатываемого материала технологических режимов резания. Любое покрытие должно обладать максимальной инертностью к обрабатываемому материалу. Поэтому необходимо учитывать тип химической связи материала покрытия. Карбиды переходных металлов проявляют более высокую адгезионную активность по отношению к металлам и сплавам группы железа, чем нитриды [2, 3]. Нитридные и карбидные покрытия широко применяются в различных отраслях промышленности, что связано с их предельными физико-механическими свойствами и устойчивостью к изнашиванию.

Одним из перспективных направлений повышения эксплуатационных свойств режущего инструмента является вакуумно-плазменная обработка в вакууме. К преимуществам вакуумных ионно-плазменных технологий относят возможность нанесения плотных покрытий с твердостью более 2 ГПа с высокой адгезией на поверхности режущих инструментов из различных инструментальных материалов, таких, как легированные углеродистые и быстрорежущие инструментальные стали, твердые сплавы типа ВК, ТК, ТТК и даже на инструментальные керамики.

Процесс позволяет создавать многокомпонентные покрытия с различными стехиометрическими композициями: нитридные, карбонитридные, оксикарбонитридные, интерметаллидные, на основе различных металлов. Кроме этого, вакуумная ионно-плазменная технология позволяет формировать оптимальный состав композиционного покрытия в зависимости от условий эксплуатации, материала основы и характера предварительной термической и механической обработки оснастки или упрочняемого инструмента. Основные физико-механические характеристики материалов покрытий, перспективных для упрочнения лезвийного режущего инструмента приведены в табл. 1 [2].

Для упрочнения режущего инструмента, предназначенного для лезвийной обработки поверхностей, которые были восстановлены методами наплавки или термического напыления, предлагается трехслойное покрытие (рис. 1).

Свойства химических соединений тугоплавких металлов

Соединение	ρ , кг/м ³	$T_{пл}$, °C	H_{μ} , ГПа	E , ГПа	α , град ⁻¹	λ , Вт/м·К
<i>TiC</i>	4930	3250	31,7	460	8,3	6,8
<i>TiN</i>	5440	2950	20,5	256	9,4	12,6
α - <i>Al₂O₃</i>	3980	2050	—	—	8,0	30,2
<i>NbC</i>	7500	3500	21,7	345	7,8	—
<i>NbN</i>	8470	2300	14,61	493	10,1	3,8
<i>ZrC</i>	6900	3330–3530	29,5	355	7,01	11,6
<i>ZrN</i>	7350	2980	15	400	7,24	28,3
<i>HfC</i>	12200	3890	28,3	359	6,9	6,3
<i>HfN</i>	1339	3310	16	—	6,9	19,1
<i>Mo₂C</i>	9180	2230	17,64	544	7,8	31,9
<i>MoC</i>	8400	2530	15	—	0,6	—
<i>Mo₂N</i>	9440	895	6,3	—	—	—
<i>Cr₂₃C₆</i>	6890	1520–1550	16,63	—	10,1	19,7
<i>Cr₇C₃</i>	6970	1530–1895	18,82	380	9,4	15,3
<i>Cr₃C₂</i>	6683	1827–1895	12,74	380	11,7	19,2
<i>Cr₂N</i>	6510	—	15,41	310	9,41	21,8
<i>CrN</i>	6140	1500	10,93	330	2,3	11,9

Примечание: ρ – плотность, $T_{пл}$ – температура плавления, H_{μ} – микро-твердость, E – модуль упругости, α – коэффициент термического расширения, λ – коэффициент теплопроводности.



Рис. 1. Состав и расположение слоев многослойного покрытия режущего инструмента: 1 – нитрид, 2 – карбид-нитрид, 3 – карбид

Первый слой толщиной 0,5–1,5 мкм предназначен для снижения трения по обработанной поверхности детали и стружке в процессе лезвийной обработки, представляет собой тонкий и высокоплотный слой химически индифферентного к металлам группы железа нитрид металла с достаточно высокими физико-механическими характеристиками (табл. 1). Ближайший к поверхности основы инструмента 3-й слой, толщиной 2–5 мкм, представляет собой твердый карбид того же металла (табл. 1) и обеспечивает защиту рабочих поверхностей инструмента. Промежуточный многофункциональный слой 2 (рис. 1) толщиной 1–3 мкм из карбид-нитрида переменного состава [3] обеспечивает надежную связь 1-го и 3-го слоев и выполняет барьерную, теплоотражающую функцию. Такие покрытия можно наносить в одном технологическом цикле на установке «Булат-6».

Перед нанесением покрытия инструмент устанавливается на технологической оснастке в вакуумной камере установки «Булат». Откачивающая система установки обеспечивает рабочий вакуум в камере 0,1 Па. После откачки в нее с помощью вентили тонкого натекания напускался аргон до давления 0,5–1 Па, и проводится очистка поверхности потоком ионов аргона, ускоренных до энергии 0,1–4 КэВ, для чего между электродами и устанавливалась разность потенциалов 0,1–4 кВ. Далее камера снова откачивалась до давления 10^{-3} Па, и подается реакционный газ или смесь газов до давления $(8 \times 10^{-2}) - (3 \times 10^{-1})$ Па. При этом ионизированные атомы металла основы покрытия и заряженные конгломераты частиц с высокой скоростью устремляются к поверхности инструмента, где в результате плазма-химических реакций происходит прямой синтез материала упрочняющего слоя.

Одной из трудно разрешимых проблем плазменно-вакуумной технологии упрочнения режущего инструмента является присутствие в плазменном потоке расплавленных частиц, которые при осаждении на поверхность образуют мягкие и химически активные включения чистого металла, снижающие триботехнические характеристики и интегральную твердость упрочняющего слоя. Предложенные ранее учеными Харьковского ФТИ устройства очистки плазменного потока от расплавленных частиц, основанные на эффекте поворота заряженной (ионной) компоненты потока в криволинейном магнитном поле, не отвечают предъявляемым требовани-

ям, т.к. при нанесении покрытий на основе металлов IVa–VIa групп Периодической системы требуют создания значительных криволинейных стационарных магнитных полей (потребляют много электроэнергии), ненадежны и снижают выход металла основы покрытия до 20–50% за счет потерь наиболее ценной для формирования слоя ионной компоненты плазменного потока. Значительно лучшими характеристиками обладают разработанная в УО «БГАТУ» система очистки плазменного потока от твердых и расплавленных макрочастиц, основанная на более эффективном использовании принципов плазмооптики (рис. 2), обеспечивая выход образующих покрытие материалов не ниже 70% [3].



Рис. 2. Установка «Булат-6», оснащенная системой плазмосепарации с эффективным использованием плазмооптики

Плазменно–вакуумная технология нанесения тонких износостойких слоев высокопрочных химических соединений металлов IVa–VIa групп Периодической системы элементов (карбидов, нитридов, оксидов и их композиций) на поверхности инструмента из известных инструментальных материалов (твердых сплавов, быстрорежущих и низколегированных углеродистых сталей) является перспективным направлением упрочнения инструмента для обработки резания восстановленных поверхностей. Однако для более широкого промышленного применения требуются не только углубленная проработка новых материалов покрытий, совершенствование технологии, так и создание более современных конструкций устройств для нанесения упрочняющих слоев.

ЛИТЕРАТУРА

1. Лойко, В.А. Вакуумно-плазменные технологии в ремонтном производстве / В.А. Лойко и [др.]. – Минск: Издательство УО «БГАТУ», 2007. 192 с.

2. Косолапова, Т.Я. Свойства, получение и применение тугоплавких соединений. Справочное издание / Т.Я. Косолапова [и др.]; под общ. ред. Т.Я. Косолаповой.–Москва: Металлургия, 1986.–928 с.

3. Лойко В.А, Семин Е.В., Микулович А.Н. Вакуумно-плазменная технология упрочнения лезвийного режущего инструмента / В.А. Лойко и [др.]. В сборнике материалов научно-практической конференции «Современные проблемы освоения новой техники, технологий, организации технического сервиса в АПК» на 21-й Международной выставке «Белагро-2011», г. Минск, 8-12 июня 2011 г. – Минск: ГИВЦ Минсельхозпрода, 2012..

УДК 631.173.4

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ОЧИСТКИ ОБЪЕКТОВ РЕМОНТА

Д.Ю. Жданович – студент 5 курса БГАТУ

Научный руководитель – к.т.н., доцент В.В. Мирутко

Наличие загрязнений на поверхностях машин, сборочных единиц и деталей препятствует обнаружению дефектов, проведению контрольных и регулировочных работ, снижает производительность труда, качество проведения технического обслуживания, ремонта и консервации.

На постах очистки объектов ремонта большинстве коллективных хозяйств республики Беларусь из-за отсутствия эффективных очистных сооружений неочищенные стоки, загрязненные токсичными и инфицированными веществами, такими как нефтепродукты, ядохимикаты, патогенные бактерии и вирусы, сбрасываются, как правило, в овраги и лощины. Они загрязняют почву и рядом расположенные водные системы, крайне отрицательно влияя на растительные и живые организмы.

Установлено, что для ухудшения вкусовых качеств рыб достаточно присутствие в воде 0,1 мг/л нефтепродуктов. Сброс же стоков содержащих тетраэтилсвинец ядохимикаты и поверхностно-активные вещества вообще запрещен.