

Параметры технологии	PVD	CVD
Давление	< 10 ² Па	> 10 ² Па
Температура основы	< 500 °С	> 500 °С
Скорость осаждения	Высокая	Низкая
Структура	Аморфная – тонкокристаллическая	Кристаллическая с гранями
Сцепляемость	Труднее	Легче
Поры/трещины	Редко	Возможны
Параметры производства		
Размер партии	Маленький	Большой
Требования к оборудованию	Высокие	Низкие
Стоимость/шт.	Высокая	Низкая

Рисунок 7 – Сравнительные характеристики методов осаждения покрытий

Заключение. В работе обоснована целесообразность создания защитных покрытий на рабочих поверхностях лезвийного инструмента. Рассмотрены и систематизированы высокоэнергетические методы получения таких покрытий с применением технологий CVD, используемых для нанесения на твердосплавные, тугоплавкие подложки, и PVD–для упрочнения сталей и других инструментальных материалов. Отмечено, что конкретный метод повышения износостойкости режущих кромок инструмента подбирается с учётом условий его эксплуатации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Святкин А. В., Солдаткин С. А., Болдырев Д. А. Причины катастрофического износа лезвийного металлорежущего инструмента ТГУ, г. Тольятти, Россия, 2010. – 64-68с.
2. Грубый С. В. Разработка методологии управления режимными параметрами и процессом изнашивания инструментов как основы повышения эффективности лезвийной обработки: дис. докт. техн. наук / С.В. Грубый. –2004. - 536 с.
3. Kahlon C.S. Koenigsberger. Electric Spark toughening of cutting tools and steel components / C.S. Kahlon., H.J Baker, C.F. Noble // Int.J.Mach.Tool. Des.Res. – Great Britain, 1958 – Vol. 10. – 95–121p.
4. Tool Wear Analysis of Micro End Mills - Uncoated and PVD Coated TiAlN AlTiN in High Speed Micro Milling of Titanium Alloy - Ti-0.3Mo-0.8Ni / Bandapalli, C. [et al.]. - 626–629p.
5. А.А. Кужненко. Разработка оксидно-нитридных многослойных покрытий для режущего твердосплавного инструмента: автореф. дис. канд. техн. наук: 05.16.06 / А.А. Кужненко; Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС». – Москва 2016.
6. Паустовский, А.В. Морфология и твердость поверхностного слоя стали после ЭИЛ сплавами TiN-Ni /А. В. Паустовский, В. И. Новикова, Н. П. Мордовец. // Порошковая металлургия. – 2002. – № 1-2. – 26-30с.

УДК 621.793.79

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРИЕМЫ ПОЛУЧЕНИЯ ИНТЕГРАЛЬНЫМ МЕТОДОМ ЭИЛ С УЗВ ПОКРЫТИЙ УВЕЛИЧЕННОЙ ТОЛЩИНЫ И СПЛОШНОСТИ

доктор техн. наук, профессор Н. М. Чигринова, БНТУ, г. Минск, С. И. Ловыгин, ОХП ИСЗП ГНУ «Институт порошковой металлургии имени академика О. В. Романа», г. Минск

Резюме - в статье приведены результаты исследования комплексного влияния параметров интегральной обработки, включающей электроискровое легирование материала с последующим ультразвуковым воздействием, на динамику роста покрытия и его структуру.

Ключевые слова: интегральный метод, оплавление, ультразвук, привес, структура.

Введение. Одним из эффективных приемов повышения износостойкости металлических объектов является нанесение на их рабочие поверхности функциональных покрытий. Существенная роль в этом технологическом сегменте отводится методу электроискрового легирования (ЭИЛ). Однако при многих положительных аспектах – вариабельность составов формируемых покрытий, определяющая свойства защищаемой поверхности, высокая адгезия с основой в методе есть и существенные недостатки, сужающие область его использования. Это высокий уровень напряженности структуры покрытия, его малая сплошность и неравнотолщинность, низкое качество, ограниченная толщина (до 300 – 500 мкм) [1,2].

Проблемные вопросы в использовании указанной технологии, в частности, снижение напряженности в структуре покрытия, улучшение его качества и обеспечение равнотолщинности были решены за счет использования ультразвуковой активации материала покрытия [3].

Основная часть. Применение ультразвуковой активации поверхности анода и катода способствует интенсификации диффузионных потоков, уплотняет поверхность подложки, на которой при ультразвуковом легировании формируется более равнотолщинный и однородный слой покрытия [4].

При проведении экспериментов использовали модернизированное оборудование – установку для электроискровой обработки покрытий «Alier-55» и устройство, генерирующее ультразвуковые колебания при помощи пьезопреобразователя (рисунок 1).



Рисунок 1 – Комбинированная установка для осуществления ЭИЛ с УЗВ

Нанесение покрытий производилось по нескольким схемам, позволяющим зафиксировать различия в механизмах структурообразования при типовом легировании стальной основы – ЭИЛ и комбинированной обработке, сочетающей электроискровой метод и дополнительное ультразвуковое легирование – ЭИЛ с УЗВ, осуществляемое на разных стадиях образования покрытий.

В качестве образцов-катодов использовались кубики размером 10x10x10 из конструкционной стали 45.

Легирующими анодами выбраны твердосплавные электроды из сплава Т15К6. Выбор этого материала обусловлен возможностью формирования гетерогенной структуры покрытий с наиболее высокой и равномерной микротвердостью по сечению – в верхних упрочненных зонах ее значения достигают 19000 – 21000 МПа, а также большой термостойкостью карбидов титана и менее интенсивным выгоранием углерода в процессе формирования электроискрового покрытия на поверхности металлической подложки. Этот выбор и более высокие характеристики поверхности при обработке стальной основы данным легирующим анодом связан с изменениями структуры покрытия, происходящими в процессе ЭИЛ, при которых образуются метастабильные фазы с аморфной и мелкокристаллической структурой при высоких скоростях охлаждения, свойственных самой природе процесса.

В комплекс комбинированной обработки ЭИЛ с УЗВ нами была введена операция оплавления покрытия, осуществляемая с частотой 22 кГц.

О механизмах и особенностях структурообразования, определяемых не только энерго-механическими режимами обработки, но в значительной степени динамикой и стабильностью процессов массопереноса, можно косвенно судить по характеру и интенсивности прироста массы образцов-катодов.

Поэтому с целью контроля происходящих при различных схемах изменений прироста массы катода был использован гравиметрический метод, при помощи весов аналитических марки АДВ-200 с погрешностью $\pm 2 \times 10^{-4}$ г. Измерение массы катода проводилось через каждую минуту легирования. Для контроля толщины полученных покрытий применялся микрометр МК 0-25 с точностью до 0,01 мм. Полученные результаты приведены на рисунке 2.



Рисунок 2 – Характер привеса образцов, полученных по разным схемам обработки

Применение в операциях «оплавления» формируемого покрытия электрода с низкой эрозионной способностью (Cu) обусловило высокую измельчаемость выступов грубого рельефа с перемещением измельченных частиц во впадины рельефа, тем самым обеспечивая выравнивание покрытия по толщине и увеличение сплошности до 85 – 90% и толщины до 5000 мкм.

Важным показателем изменений, происходящих на поверхности в процессе формирования покрытия, является ее структурное состояние. Изучение топографии поверхности сформированного электродом из сплава Т15К6 методом ЭИЛ с частотой колебания электрода 600 Гц показало присутствие в структуре покрытия частиц

с размерами до 100 мкм (рисунок 3), а после обработки поверхности методом ЭИЛ с оплавлением средний размер измельченных частиц не превышал 100 мкм (рисунок 4).

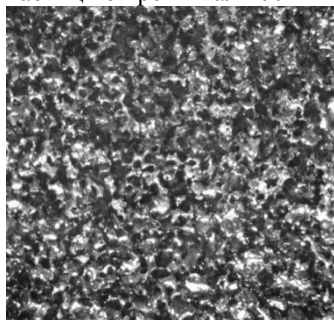


Рисунок 3– Покрытие (Т15К6), частота колебаний анода 600 Гц (x20)

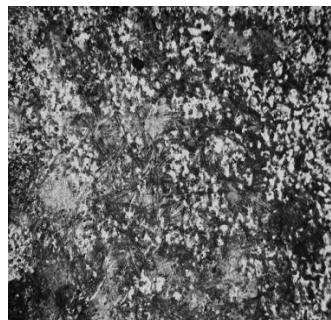


Рисунок 4– Покрытие (Т15К6) частота колебаний анода 22 кГц (x20)

Заключение. Таким образом, в результате проведения экспериментов установлено, что применение в операциях оплавления формируемого покрытия ультразвукового воздействия частотой 22 кГц позволяет производить *измельчение* материала выступов покрытия до величин в десять и более раз меньших, чем при воздействии стандартной частотой колебаний в 600 Гц. Более полное перемещение оплавленного и измельченного материала выступов во впадины рельефа формируемого покрытия, способствует увеличению сплошности и равнотолщинности покрытия. Экспериментально определено, что ведение электроискровой обработки на режимах повышенной мощности, обеспечивает массоперенос материала анода в жидко-капельной форме и оплавление неровностей профиля формируемого покрытия, а также применение ультразвукового воздействия способствует уменьшению значений растягивающих напряжений в покрытии и отодвигает порог хрупкого разрушения материала. Указанные условия благоприятны для непрерывного роста толщины электроискровых покрытий до величин, на порядок больших, чем при использовании стандартного метода [5].

ЛИТЕРАТУРА

1. Гитлевич, А.Е. Об ограничении толщины слоев, формируемых в процессе электроискрового легирования / А.Е.Гитлевич, Н.Я.Перканский, Д.А.Игнатков // Электронная обработка материалов. – 1981. – (3). – С.25–29.
2. Иванов В.И. Формирование поверхностного слоя низкоуглеродистой стали при электроискровой обработке / В.И. Иванов, Ф.Х.Бурумкулов, А.Д.Верхотуров, П.С.Гордиенко, Л.А.Коневцов // Сварочное производство. – 2012. – №11. – С.36-40.
3. Чигринова, Н.М. Интенсификация процессов микро-плазменного упрочнения и восстановления металлических изделий повышенной точности электромеханическим воздействием / Н.М. Чигринова // Дисс. на соискание уч. степ. докт. техн.наук.–Минск.–2010.– 365 с, с прилож. на 265с.
4. Иванов, В.И. Об электроискровом способе нанесения толстослойных покрытий повышенной сплошности / В.И. Иванов, Ф.Х. Бурумкулов // Электронная обработка материалов. – 2014. – 50(5). – С.7–12.
5. Чигринова, Н.М. Роль ультразвука в механизмах анодно-катодных взаимодействий при электроискровом легировании / Н.М.Чигринова, С.И.Ловыгин, В.Е.Чигринов // Наука и техника. – 2016. – Т.15, № 5. – С.380 – 390.

УДК 629.12

МЕТОДЫ ПРОДЛЕНИЯ РАБОЧЕГО РЕСУРСА МЕТАЛЛОРЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТАРИЯ ШИРОКОЙ НОМЕНКЛАТУРЫ

*доктор техн. наук Н. М. Чигринова, студентка гр. 10505117 М. С. Пристромова,
ФММП, БНТУ, г. Минск*

Резюме - в статье выполнен анализ видов износа металлообрабатывающего инструмента, осуществлен и обоснован выбор эффективного метода продления срока безремонтной эксплуатации инструмента широкой номенклатуры и назначения, приведены некоторые особенности упрочнения с помощью выбранной технологии.

Ключевые слова: износ, металлообрабатывающий инструмент, рабочий ресурс, инновации, защитные покрытия, электроискровая обработка.

Введение. На современном этапе развития машиностроения из-за роста конкуренции с каждым годом ужесточаются требования, предъявляемые к конечным изделиям, что ведёт к необходимости постоянно улучшать качество производимой продукции без потери рентабельности. Для производства деталей автомобилей, самолётов и других машин необходимо использовать различный металлорежущий инструмент. Многочисленные факторы влияют на продолжительность работы инструмента, а также усложняют ремонт, что в свою очередь предполагает большие затраты. Очевидным является то, что продление рабочего ресурса металлорежущего инструмента является важной задачей.