

ФОРМИРОВАНИЕ ПОКРЫТИЙ НА ОСНОВЕ ЖЕЛЕЗА С УЛЬТРАДИСПЕРНЫМИ АЛМАЗАМИ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ПРОЧНОСТИ ДЕРЕВОРЕЖУЩИХ ИНСТРУМЕНТОВ

В рамках настоящего исследования проведено изучение метода электролитического осаждения железных покрытий, модифицированных ультрадисперсными алмазами (УДА), на поверхность строгальных ножей, изготовленных из стали марки 60С2А. Результаты экспериментальных данных свидетельствуют о значительном увеличении микротвёрдости обработанной поверхности до значений 820 НВ, что обуславливает улучшение механических и эксплуатационных характеристик инструмента. Применение данной технологии демонстрирует потенциал для повышения износостойкости и долговечности режущего инструмента.

При механической обработке древесных материалов экстрактивные вещества и диоксид кремния, присутствующие в структуре древесины, интенсифицируют процессы коррозии и механического износа стальных лезвий, используемых в режущих аппаратах [1]. Это приводит к снижению эксплуатационного ресурса фрезерных инструментов и уменьшению общей эффективности технологических процессов. В связи с этим, наряду с разработкой новых твердых сплавов и быстрорежущих сталей, значительное внимание уделяется методам повышения износостойкости и сохранения геометрической стабильности режущих кромок в условиях интенсивной эксплуатации [1, 2]. Одним из перспективных направлений является создание функциональных покрытий, включая нанокompозитные, многослойные, градиентные и многокомпонентные системы [1]. В частности, гальванические покрытия на основе Fe, Cr и Ni уже доказали свою эффективность в улучшении эксплуатационных характеристик инструментов [2]. Особый интерес представляет технология электролитического осаждения железа с ультрадисперсными алмазами (УДА), которая широко применяется в промышленности для создания покрытий с повышенной твёрдостью и износостойкостью [2].

Целью работы является разработка технологии электролитического нанесения железных покрытий, модифицированных ультрадисперсными алмазами, на строгальные ножи из стали 60С2А, а также исследование их морфологии и физико-механических свойств.

Для нанесения упрочняющих покрытий использовался метод гальванического осаждения. Образцы из закалённой стали 60С2А предварительно подвергались подготовке, включающей обезжиривание в 10%-ном растворе NaOH при температуре 60°C с последующей

промывкой горячей дистиллированной водой. Для удаления оксидных плёнок проводилась обработка 50%-ным раствором HCl с последующей промывкой дистиллированной водой.

Электролитическое осаждение осуществлялось из сульфатного электролита при температурах 20, 30 и 40°C и плотностях тока 5, 10, 15 и 20 А/дм². В качестве модифицирующих добавок использовались ультрадисперсные алмазы марок «Colin 450» (НПО ЗАО «Синта», Минск) и «УНМ 99» (Санкт-Петербург) с концентрацией в электролите 1–5 г/л. После завершения процесса осаждения образцы промывались горячей водой для удаления остатков электролита. Триботехнические свойства полученных покрытий исследовались методом скрейч-тестирования, что позволило оценить их износостойкость и адгезионную прочность.

Подготовленные образцы после завершения процессов обезжиривания, травления и электролитического осаждения подвергались сушке для удаления остаточной влаги. Высушенные образцы использовались для проведения комплексного анализа механических свойств и морфологии полученных покрытий. Исследование морфологии поверхности проводилось с использованием методов сканирующей электронной микроскопии (Рис. 1), что позволило визуализировать структуру покрытий и оценить их однородность.

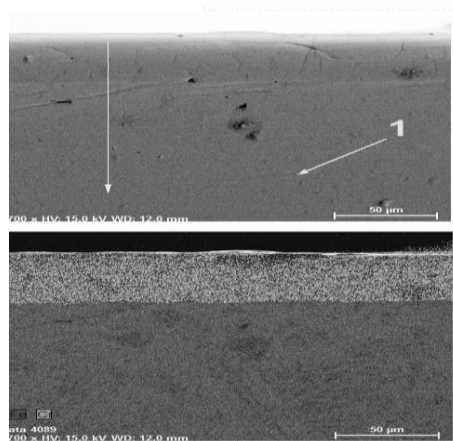


Рисунок 1 – Морфология электролитически осаждённого железа, полученного с использованием УДА марки «Colin 450» при плотности тока 15 А/дм²

Результаты проведённых исследований демонстрируют, что при плотности тока 15 А/дм² происходит формирование железной матрицы с повышенной механической прочностью, что подтверждается значениями микротвёрдости в диапазоне 450–570 HV⁵⁰. Совокупная микротвёрдость композитного покрытия и подложки из стали 60С2А достигает 520–670 HV²⁵. Введение ультрадисперсных алмазов (УДА) в концентрации 1 г/л в электролит приводит к существенному увели-

чению микротвёрдости покрытия до 820 HV²⁵. Указанный эффект обусловлен процессом инкорпорации частиц УДА в железную матрицу, что также вызывает увеличение микрошероховатости поверхности до значений 2,0–3,8 мкм (R_a).

Шероховатость покрытий, полученных из электролита без добавления УДА, варьируется в пределах 1,6–2,0 мкм (R_a). Добавление ультрадисперсных алмазов марок «УНМ 99» и «Colin 450» в состав электролита способствует увеличению шероховатости до 2,0–3,8 мкм (R_a). Полученные значения шероховатости соответствуют требованиям для последующих технологических операций, включая магнитоимпульсную обработку и нанесение ионно-плазменных покрытий на основе нитридов тугоплавких металлов, таких как титан (Ti), молибден (Mo), цирконий (Zr) и хром (Cr).

Результаты скретч-тестирования свидетельствуют о высокой прочности Fe-УДА (Colin 450) покрытия: разрушение покрытия начинается после 1000 м истирания. Характер разрушения соответствует типу, характерному для процессов сжатия и растяжения. На основании визуального анализа установлено, что критическое разрушение покрытия наблюдается при 2500 м. Согласно данным скретч-теста, Fe-УДА покрытия демонстрируют высокую адгезионную прочность к подложке.

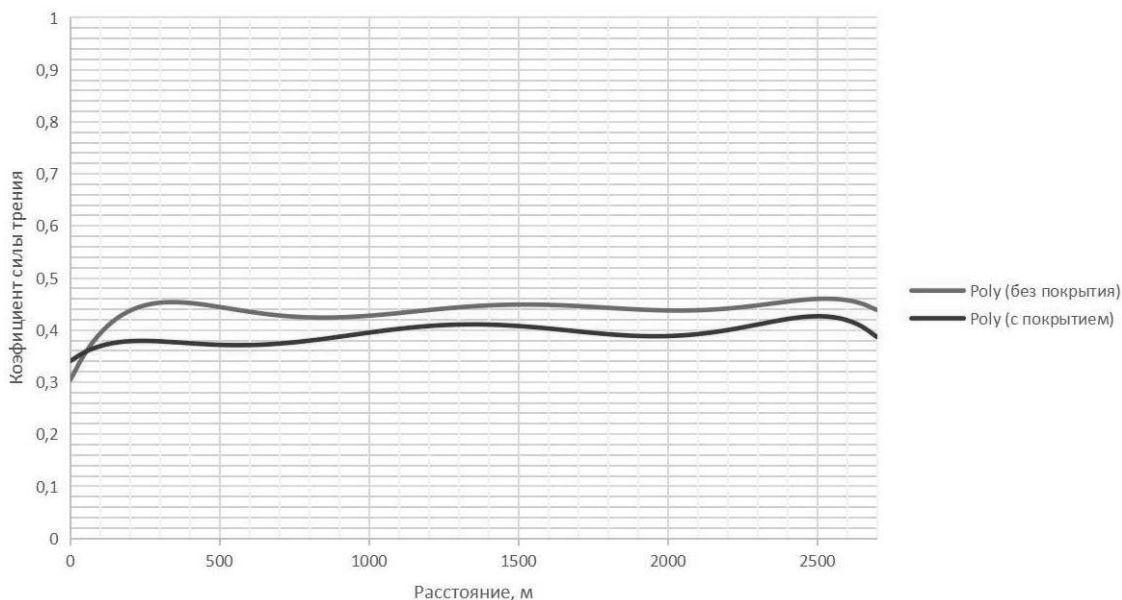


Рисунок 2 – Результаты исследования трибологических свойств (коэффициент трения) и износостойкости железных покрытий с ультрадисперсными алмазами (УДА) при плотности тока 15 А/дм², полученных из сульфатного электролита. Концентрация ультрадисперсных алмазов марки «Colin 450» в электролите составила 1 г/л

Fe-УДА покрытие, нанесённое на поверхность лезвий строгальных ножей, включает фазы α -Fe и Fe₃ C. Покрытие повторяет рельеф поверхности основы, что обеспечивает высокую степень адгезии.

Данные особенности структуры и морфологии покрытия подтверждают его устойчивость к механическим нагрузкам и износу, что делает его перспективным для применения в условиях повышенных эксплуатационных требований.

На основании визуальных наблюдений можно сделать вывод, что для данного покрытия разрушение начинается при 2500 м. Характер разрушения покрытия можно описать как скалывание [76]. С точки зрения скретч-теста Fe-УДА покрытия демонстрируют хорошую адгезию к подложке.

Внедрение технологии создания железных покрытий с использованием УДА в машиностроение, с последующим нанесением ионно-плазменных покрытий из нитридов тугоплавких металлов (таких как Ti, Mo, Zr, Cr и других), позволит снизить материалоёмкость и обеспечить импортозамещение в отраслях деревообработки и станкостроения.

Освоение в технологическом процессе предприятий концерна «Беллесбумпром» и других отраслях машиностроения технологии формирования композиционных железных покрытий с УДА с последующим нанесением ионно-плазменных слоев из нитридов тугоплавких металлов (Ti, Mo, Zr, Cr и др.) для восстановления и упрочнения дереворежущего инструмента из дорогостоящих сталей обеспечит увеличение ресурса их работы, будет способствовать созданию новых материалов, а также решению задач снижения материалоемкости, импортозамещения в деревообрабатывающей промышленности, станкостроении.

ЛИТЕРАТУРА

1. Эффективность применения TiN-, ZrN-, Ti-Zr-N- и Ti- покрытий на твердосплавных резцах при обработке ламинированных древесностружечных плит концевыми фрезами / А.А. Гришкевич [и др.] // Труды БГТУ. Сер. VI, Физ.-мат. науки и информатика. Минск, 2008. Вып. XVI. С. 52-54.
2. Шлугер М.А. Гальванические покрытия в машиностроении. Справочник в 2-х томах Т.1. / М.А. Шлугер, Л.Д. Ток. – М.: Машиностроение, 1985. 240 с.