

НАДЕЖНОСТЬ И БЕЗОПАСНОСТЬ КОНСТРУКЦИЙ, ЗДАНИЙ, СООРУЖЕНИЙ И МЕХАНИЗМОВ

УДК 631.793

ОПЫТ ЭКСПЛУАТАЦИИ ДЕТАЛЕЙ ТРАНСПОРТНЫХ МАШИН, ВОССТАНОВЛЕННЫХ АКТИВИРОВАННОЙ МЕТАЛЛИЗАЦИЕЙ

М. А. БЕЛОЦЕРКОВСКИЙ, А. С. ПРЯДКО

Институт механики и надежности машин НАН Беларуси

Экономия сырьевых ресурсов, стремление повысить долговечность деталей и узлов машин, работающих в экстремальных условиях эксплуатации, защита металлоконструкций от воздействия агрессивных сред или высоких температур – все это обусловило развитие методов газотермического напыления покрытий и их широкое применение в промышленности.

Наиболее дешевыми методами как по стоимости оборудования, так и по затратам на реализацию процесса, но достаточно эффективными являются газопламенное напыление (ГПН) и электродуговая металлизация (ЭДМ). При использовании классической схемы реализации данных способов качество напыленных покрытий хотя и может удовлетворять требованиям многих ремонтных производств, остается ниже, чем у полученных более дорогим методом – плазменным напылением. Расширение технологических возможностей ГПН и ЭДМ, повышение физико-механических свойств покрытий возможно за счет применения различных приемов активирования, повышающих динамические и тепловые характеристики напыляемых частиц, уменьшающих их средний размер при распылении проволок и прутков.

В отличие от классической схемы ЭДМ при активированной электродуговой металлизации (АДМ), разработанной в ИМИНМАШ НАН Беларуси, распыление жидкого металла, образующегося в результате теплового воздействия электрической дуги, на торцы двух проволочных электродов производится струей продуктов сгорания пропано-воздушной смеси. При этом скорость струи на выходе из сопла достигает 1500 м/с при температуре 2200 К. Скоростной напор потока при АДМ составляет $23,5 \cdot 10^4$ кг/м·с², что втрое больше, чем при плазменном напылении. Это позволяет частицам расплавленного металла двигаться в потоке со скоростью свыше 500 м/с и формировать покрытия, имеющие вдвое выше прочность сцепления с подложкой, чем при ЭДМ.

Пористость АДМ покрытий, полученных распылением проволок из сталей мартенситного и аустенитного классов, не превышает 3 – 5 %. Твердость напыленных покрытий из сталей Св-08, Х18Н10Т и 40Х13 составляет HV = 2250, 3250 и 3500 МПа соответственно. Общее содержание окислов в АДМ покрытиях из сталей Св-08, 40Х13 и Х18Н10Т, определенное методом количественной металлографии, достигает уровня значений 20 – 30 об. %.

Анализ особенностей процесса АДМ и физико-механических свойств наносимых покрытий обеспечил возможность целенаправленной разработки технологий для упрочнения-восстановления быстроизнашивающихся деталей транспортных машин.

Технология и оборудование АДМ успешно используются при восстановительном ремонте коленчатых валов различных двигателей, использующихся в малолитражках, тракторах и среднегрузных автомобилях (авторемонтные предприятия городов Витебск, Гомель, Минск, Могилев, Екатеринбург, Курган, Нижний Тагил), аэродромных тягачах (720-й ремонтный завод средств обеспечения полетов ВВС МО РФ), большегрузных автомобилях типа БелАЗ и «Катерпилер» (Самарский региональный плазмотехнический центр «Плазтех»).

Поскольку покрытия, полученные методом АДМ, могут работать в условиях ударно-абразивного изнашивания, этот метод является одним из немногих, позволяющих наносить стальные слои на опорные алюминиевые катки по сопрягаемой с гребнем трака поверхности вместо установки сталь-

ной реборды (используются в легких гусеничных тягачах). Была разработана новая конструкция опорного катка, в которой на контактирующей с гребнем трака поверхности и на части цилиндрической поверхности диска наносится АДМ-покрытие, состоящее из стального наружного слоя толщиной 3 – 4 мм и внутреннего – толщиной 0,1 – 0,3 мм, обеспечивающего адгезионную прочность покрытия с основой 70 МПа. При этом износостойкость повышена в 3 раза, а затраты на изготовление снижены на 40 %. Две машины, снаряженные напыленными опорными катками, прошли полтора гарантийных пробега. Опорный каток с напыленным покрытием демонстрируется в единственном в России музее сварки им. Н.Г.Славянова (г. Пермь).

Расширяется диапазон использования АДМ при ремонте специализированного транспорта и технологического оборудования. На ремонтном предприятии при рудоуправлении №1 г. Солигорска восстанавливаются рабочие гидроцилиндры шахтных комбайнов Урал-10А, Урал-612, ПК-8МА, «Электро» и транспортно-отгрузочных конвейерных комплексов.

Технологии АДМ нашли применение в судостроении и судоремонте. На Западном СРЗ (г. Клайпеда) выполняется антикоррозионная защита деталей палубного оборудования и оснастки, внутренних поверхностей балластных емкостей и цистерн, при этом горячее цинкование значительной части деталей по согласованию с норвежским заказчиком было заменено нанесением АДМ-покрытий.

УДК 534.014:539.4:621.9

ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЕ СМЕЩЕНИЕ И ИЗНАШИВАНИЕ МЕТАЛЛОПОЛИМЕРНЫХ ТРИБОСОПРЯЖЕНИЙ

П. Н. БОГДАНОВИЧ

Белорусский государственный университет транспорта

Значительная часть трибосопряжений эксплуатируется в условиях перехода от статического к динамическому фрикционному контакту, сопровождающегося предварительным смещением. Величина предварительного смещения δ в несмазываемых металлополимерных парах трения составляет десятки микрон, что на порядок выше, чем при трении металла по металлу. При низкоскоростном трении эта особенность полимерных композитов может привести к неравномерному разрушению поверхности трения и возникновению автоколебаний. В результате снижается долговечность трибосистемы в целом.

Поэтому при разработке материалов для трибосопряжений, работающих в режиме периодического перехода от статического к динамическому контакту, важно иметь данные о корреляции между интенсивностью их изнашивания и предварительным смещением.

В качестве объекта исследования выбирались нанесенные на стальную пластину покрытия из композиций, содержащих модифицированную эпоксидную смолу ЭД-20, графит, полиэтиленполиамин и соли жирных кислот. Покрытия отверждались при температуре $T = 20^\circ\text{C}$ в течение 24 часов. Контртело – цилиндр диаметром 24,5 мм и высотой 32 мм – выполнялось из стали ШХ-15. Длина дорожки трения составляла 40 мм. Испытания проводились на специально разработанных установках и машине трения МПТ-1, реализующей возвратно-поступательное скольжение контртела по поверхности покрытия.

Поверхность полимерного композита тел при возвратно-поступательном скольжении индентора изнашивается неравномерно. Распределение износа по длине l дорожки трения и механизмы ее разрушения определяются режимами нагружения и механическими свойствами композита. В зонах реверса разрушение идет преимущественно вследствие появления, развития и пересечения микротрещин, расположенных перпендикулярно вектору скорости скольжения. Возможно образование крупных частиц, что приводит к интенсивному изнашиванию покрытия в этих зонах.

Серединный участок дорожки трения также подвергается в основном усталостному разрушению. Однако здесь частицы износа образуются вследствие роста микротрещин вдоль борозд скольжения и выхода их на край этих полос, сопровождающегося скалыванием небольших объемов материала. Ориентация трещин в направлении скольжения, по-видимому, вызвана склонностью эпоксидного полимера к хрупкому разрушению, что обуславливает одинаковую вероятность роста тре-