УДК 622:627

Морозов Илья Павлович, аспирант,
Мнацаканян Виктория Умедовна, профессор, д.т.н.
(Университет МИСИС, г. Москва)
Ilya P. Morozov, graduate student,
Victoria U. Mnatsakanyan, professor, DSc
(NUST MISIS, Moscow)

ПОВЫШЕНИЕ РЕСУРСА ДЕТАЛЕЙ ГОРНОГО ОБОРУДОВАНИЯ НА ОСНОВЕ ПРИМЕНЕНИЯ КОМПОЗИТНЫХ ПОКРЫТИЙ

IMPROVING THE OF MINING EQUIPMENT PARTS SERVICE LIFE BASED ON THE USE OF COMPOSITE COATINGS

Аннотация

Создание покрытий методом холодного газодинамического напыления позволяет повысить служебные свойства деталей горных машин и оборудования без изменения свойств исходного материала подложки. Отсутствие существенного теплового воздействия позволяет не только сохранить начальные свойства материала, но и придать поверхностному слою изделия комплекс эксплуатационных характеристик, таких как жаропрочность, износостойкость, коррозионная, эрозионная стойкость и др. В работе предлагается одно из решений актуальной научно-практической задачи повышения износостойкости деталей трибосопряжений промышленного оборудования на основе использования композитных покрытий системы полимер-керамика. Определены важные этапы научного исследования, реализация которых позволит установить оптимальное соотношение исходных порошковых композиций для формирования покрытий заданного состава, а также рациональные технологические параметры их формирования, обеспечивающие должную адгезию покрытия с подложной и важные триботехнические характеристики. Из групп полимеров для создания композитных покрытий представляется целесообразным использовать фторопласты и полиамиды, которые обладают ценными эксплуатационными свойствами. Предварительные экспериментальные исследования покрытий системы «карбид кремния-фторопласт-4» подтвердили возможность формирования таких композиций методом ХГН.

Abstract: The creation of coatings via cold gas-dynamic spraying makes it possible to enhance the wear resistance of components used in mining machinery and equipment without altering the properties of the underlying substrate material. The paper proposes one of the solutions to the pressing scientific and practical problem of increasing the wear resistance of parts of tribo-couplings in industrial equipment, based on the use of composite coatings of the polymer-ceramic system. The key stages of the scientific research have been identified; their implementation

will make it possible to determine the optimal ratio of the initial powder compositions for forming coatings of a given composition, as well as the rational technological parameters for their formation, which ensure proper adhesion of the coating to the substrate and important tribotechnical characteristics. Among the polymer groups, it seems advisable to use fluoropolymers and polyamides for creating composite coatings, as they possess valuable operational properties. Preliminary experimental studies of coatings in the «silicon carbide–fluoroplastic-4» (PTFE) system have confirmed the possibility of forming such compositions using the Cold Gas Dynamic Spraying (CGDS) method.

Детали горных машин, испытывающих динамические и циклические нагрузки, а также другие воздействия, подвержены различным повреждениям. По этой причине одной из статей расходов горного предприятия является ремонт оборудования и закупка запасных частей для парка используемых агрегатов. При проведении ремонтов, как плановых, так и аварийных, необходимо останавливать работу оборудования, что в конечном итоге приводит к снижению эффективности предприятий (увеличивается время производства единицы продукции, расход материалов, энергии на производство единицы продукции и др.), т.к. труд персонала ремонтных бригад не создает новой стоимости, а позволяет лишь частично восполнить возможные потери предприятия.

Проблема повышения ресурса деталей горных машин и механизмов стоит особенно остро из-за специфики отрасли, прежде всего, из-за наличия значительных динамических нагрузок, совместного воздействия абразивных и коррозионных сред, а также и по причине имеющихся ограничений на покупку оригинальных запасных частей для зарубежной техники. С учётом всех этих факторов всё большее развитие получают научные исследования в области повышения износостойкости деталей. В частности, наиболее актуальным направлением является применение функциональных покрытий, обладающих комплексом ценных эксплуатационных свойств – устойчивость к различным видам изнашивания, коррозионная стойкость, стойкость к эрозии и др.

Анализируя многообразие конструкционных материалов, используемых для изготовления деталей горной техники, следует признать, что доминирующими сплавами пока еще являются легированные стали и чугуны. Данные материалы обладают комплексом важных физико-механических и технологических свойств, обеспечивающих несущую способность нагруженных узлов горного оборудования, прежде всего за счет структуры, получаемой в результате соответствующей термообработки. Однако в ряде случаев, в частности, при наличии воздействия абразивных и коррозионных сред, требуется дополнительная защита поверхностного слоя деталей функциональными покрытиями с использованием технологий, исключающих высокотемпературное воздействие на упрочняемые либо восстанавливаемые объекты для сохранения структуры основного материала, полученной в

процессе окончательной термообработки. Немаловажным является также возможность многократного повторного нанесения покрытий в полевых условиях при их полной выработке с использованием доступных по стоимости портативных устройств. В связи с этим, наряду с методами газотермического напыления, все большую популярность приобретают технологии формирования покрытий при помощи холодного газодинамического напыления (ХГН) [1, 2]. Данный метод широко применяют в авторемонте, судоремонте и других отраслях промышленности.

Ограничивающим фактором внедрения ХГН для упрочнения и ремонта горного оборудования, например, элементов насосов водоотливных установок, является недостаточный по спектру эксплуатационных свойств диапазон применяемых покрытий. Так, например, для увеличения ресурса деталей проточной части насосов горных предприятий требуются материалы, обладающие наряду с коррозионной стойкостью высокой износостойкостью и эрозионной стойкостью в гидроабразивной среде, что определяет необходимость проведения комплекса научных исследований по разработке принципиально новых составов покрытий, удовлетворяющих условиям эксплуатации деталей горного оборудования.

Хорошо известно, что лучшей сопротивляемостью износу обладают металлокерамические композитные материалы. Такие покрытия формируют, как правило, методом газотермического напыления, благодаря чему получают оптимальную структуру и, соответственно, высокие эксплуатационные свойства поверхностного слоя [3]. В практике ХГН, в силу особенностей данного процесса, возможность получения подобных покрытий и использования их на практике пока мало исследована, хотя в ряде работ зарубежных и отечественных авторов уже отмечены положительные результаты в том числе и по металлокерамическим композициям [4, 5]. Вместе с тем все большее внимание в настоящее время заслуживают композиты на полимерной основе. К примеру, применение таких композитов позволяет существенно увеличить ресурс рабочих колес грунтовых насосов [6]. В насосах зарубежных производителей часто рабочие колеса выполняют из композитных полимеров, что позволяет существенно увеличить долговечность ответственных узлов. В связи с этим одним из актуальных направлений исследований является разработка керамо-полимерных составов, формируемых методом ХГН. Определенные ожидания здесь связаны с возможностью применения в композитных покрытиях политетрафторэтилена (ПТФЭ) [7, 8]. Данный материал обладает высокими антифрикционными свойствами, высокой устойчивостью к различным агрессивным средам, а также термостойкостью. Также представляется целесообразным использование для композитных покрытий полиамидов.

В лаборатории ХГН НИТУ МИСИС проведена серия экспериментов, подтвердивших принципиальную возможность формирования керамополимерных композитных покрытий системы «карбид кремния – торопласт-4» на стальных подложках с использованием установки ХГН низкого давления. Подготовленные варианты покрытий различных составов

наносились при температурных режимах в пределах 150…240 ^{0}C. Установлено, что существенное значение на стабильность процесса формирования покрытия оказывает гранулометрический состав полимерного компонента. Так, увеличение размера частиц с 20 до 50 мкм при фиксированной дисперсности кармического порошка позволила выполнить напыление в стационарном режиме при стабильной подаче порошковой смеси и установленной дистанции напыления. Толщина полученных покрытий варьировалась в пределах 1,0...1,5 мм. Для достижения лучшей адгезии образцы предварительно подвергались струйно-абразивной обработке с дополнительным подогревом подложки.

Полученные положительные результаты экспериментов определили круг дальнейших задач, требующих проведения комплекса теоретико-экспериментальных исследований:

- определение оптимального соотношения компонентов исходных порошков для получения высоких эксплуатационных характеристик покрытий для условий абразивного изнашивания;
- определение оптимальных режимов формирования покрытий, обеспечивающие высокую адгезию покрытий с материалом подложки;
- проведение трибологических испытаний полученных покрытий в условиях интенсивного абразивного изнашивания.

Успешное решение поставленных задач позволит разработать комплекс технологических рекомендаций по увеличению ресурса деталей горного оборудования на этапе их изготовления и в процессе ремонтного восстановления.

Список литературы

1. А.В. Шкодкин, А.И. Каширин, О.Ф. Клюев, Т.В. Буздыгар. Газодинамическое напыление - технология наращивания металла без плавления. - Перспективные методы поверхностной обработки деталей машин. М.:ЛЕНАРД, 2019, с.254 – 287
2. Алхимов А. П., Клинков С. В., Косарев В. Ф., Фомин В. М. Холодноегазодинамическое напыление. Теория и практика. Монография — М.: Физмат-лит, 2010. — 536 с.
3. Калита В. И., Комлев Д. И. Плазменные покрытия с нанокристаллической и аморфной структурой: монография. — М.: «Лидер М», 2008. — 388 с.
4. Козлов И.А., Фомина М.А., Демин С.А., Васильев А.С. Тенденции развития порошковых материалов для нанесения защитных и функциональных покрытий методом ХГН // Труды ВИАМ. 2023. № 8 (126). Ст. 09. URL: http://www.viam-works.ru. DOI: 10.18577/2307-6046-2023-0-8-100-112
5. Хазин М. Л., Апакашев Р. А. Новые материалы для деталей горных машин // Горный информационно-аналитический бюллетень. — 2023. — № 12-1. — С. 149—163. DOI: 10.25018/0236_1493_2023_121_0_149

6. Долганов А.В., Тимухин С.А. Гидроабразивный износ насосов рудничного водоотлива: научная монография. /. — М.: Издательский дом Академии Естествознания, 2016. — 180 с.
7. А.П. Алхимов, В.Ф. Косарев, В.В. Лаврушин. Нанесение металл-полимерных покрытий методом холодного газодинамического напыления. - Физическая мезомеханика, 2002, с.101 – 108
8. Е. А. Серкова, В. В. Хмельницкий, О. Б. Застрогина Полимерные материалы для антифрикционных покрытий (обзор) // Труды ВИАМ. 2021. № 5 (99). Ст. 06. URL: https://www.viam-works.ru. DOI: 10.18577/2307-6046-2021-0-5-56-63