

ПРОХОРОВА А.И., БОРИСОВА А.О.

УПРОЧНЕНИЕ ПОВЕРХНОСТИ ТИТАНОВОГО СПЛАВА ДЕТОНАЦИОННЫМ НАПЫЛЕНИЕМ ТВЁРДОГО СПЛАВА

Аннотация. В статье представлены структура и свойства детонационных покрытий, полученные напылением порошка твёрдого сплава VK20 на титановый сплав VT3-1. Высокое качество покрытия достигнуто при напылении мелкозернистого порошка (20 – 40 мкм) независимо от предварительной обработки подложки. При этом микротвёрдость покрытия достигает 15000 МПа.

Ключевые слова: детонационное покрытие, структура, микротвёрдость, адгезия, подложка, напыление порошка, пористость.

PROCHOROVA A.I., BORISOVA A.O.

SURFACE HARDENING OF TITANIUM ALLOY DETONATION COATED HARD ALLOY

Abstract. The article presents the structure and properties of detonation coatings obtained by spraying powder of a solid alloy VK20 hard alloys for titanium alloy VT3-1. High quality coverage achieved during the deposition of fine-grained powder (20 - 40 μm) regardless of pre-treatment of the substrate. While the microhardness of the coating reaches 15000 MPa.

Keywords: detonation coating, structure, microhardness, adhesion, substrate, coating powder, the porosity

Для машиностроения актуальной остаётся проблема повышения эксплуатационной надёжности и ресурса агрегатов, ответственные узлы которых продолжительное время работают в условиях циклических нагрузок и повышенных температур. В настоящее время она решается путём создания новых современных конструкций, применением материалов с повышенными физико-механическими характеристиками, а также широкого внедрения в производство прогрессивных финишных методов обработки, среди которых особая роль отводится методам нанесения на поверхность различных покрытий. При этом возможно создание изделий с уникальным сочетанием свойств, недостижимым при использовании традиционных конструкционных материалов.

Одним из перспективных способов, позволяющих решать проблемы высокотемпературной коррозии и износа в авто-, авиа- и турбостроении, нефтехимии, металлургии и других отраслях промышленности, является детонационное напыление. К его достоинству следует отнести высокую прочность сцепления (100...180 МПа) [1 - 4], высокую плотность, а также возможность нанесения любых материалов на любые поверхности деталей без изменения свойств их материала.

Суть детонационного напыления покрытий состоит в импульсном (взрывном) воздействии (до 800 м/сек) ударных волн (до 2,9 – 4,9 НМ/м²) и температуры (2500 – 6000° К) на частицы наносимого материала. В результате детонации газовой смеси, в которой находится порция порошка, частицы (порошинки) движутся к поверхности детали, при столкновении с которой эти частицы образуют плотное покрытие. Процесс нанесения происходит импульсами (выстрелами); при каждом импульсе образуется слой толщиной 1 – 7 мкм на площади 20 – 30 мм². Толщина покрытия от 20 мкм до 1 мм [5].

В данной работе сообщается о результатах экспериментального исследования

структуры и свойств покрытий, полученных детонационным напылением порошка твёрдого сплава ВК20 на поверхность титанового сплава ВТ3-1. Перед напылением поверхность сплава подвергали различным предварительным обработкам. Одну часть образцов подвергали фрезеровке, а другую – фрезеровке с последующей обработкой электрокорундом для уменьшения шероховатости поверхности. Кроме того, для нанесения покрытия использовали порошки разной зернистости: 20 – 40 мкм и 60 – 100 мкм.

На предварительно подготовленные к напылению образцы наносили слой порошка более мелкой фракции (20 – 40 мкм), который расплавлялся в кислородно-ацетиленовом пламени, а затем в мелкораспылённом виде переносился газовым потоком на поверхность сплава. Капельки материала, движущиеся со скоростью больше скорости звука в несколько раз, при ударе об образец сплющиваются, растекаются по поверхности, внедряются в её неровности и затвердевают, образуя покрытие.

Микрорентгеноспектральный анализ, проводившийся на сканирующем электронном микроскопе, выявил наличие в приграничных слоях основы и покрытия элементы обоих материалов, как вольфрама и кобальта, так и титана, что указывает на интенсивное перемешивание наносимого материала и материала подложки. Толщина нанесённых покрытий составляла 150 – 300 мкм, а их микротвёрдость достигала 15000 МПа против твёрдости подложки, которая не превышала 4500 МПа. Покрытие имеет слоистое строение, причём более мелкодисперсная и плотная структура расположена вдоль границы между покрытием и основой.

Известно, что покрытия, сформированные под действием детонационной обработки одним импульсом, имеют пористую структуру [6, 7]. Уплотнение покрытий происходит в результате их деформирования при последующих импульсах [8].

Результаты измерения твёрдости показали, что значения микротвёрдости матрицы на границе с покрытием увеличиваются до 5500 МПа по сравнению с твёрдостью исходного сплава ВТ3-1 (4500 МПа). Это можно объяснить наклёпом подложки на границе с покрытием.

При образовании покрытия происходят сложные физические и химические процессы. Рентгеноструктурный анализ показал, что в изучаемом покрытии присутствуют карбиды вольфрама, кобальт, вольфрам, а также интерметаллидные соединения (Co_7W_6 и Co_3W). Следует отметить, что содержание карбида вольфрама уменьшается с 77 до 20 % по сравнению с исходным сплавом ВК20. Можно предположить, что в процессе напыления происходит выгорание углерода из карбида вольфрама.

Одним из главных показателей качества любых покрытий является адгезия. Определить адгезию детонационных покрытий по методу штифтов сложно, так как высокая кинетическая энергия наносимых при детонационном напылении частиц порошка является причиной заклинивания штифта из-за попадания наносимого материала в зазор между штифтом и шайбой, что сильно искажает результаты измерений. Большое влияние на адгезию покрытий оказывает величина и знак напряжений, возникающих в напылённых слоях, а на характер напряжённого состояния покрытия – физико-механические характеристики сопрягаемых материалов и условия формирования покрытий. Предварительная обработка поверхности подложки влияет на прочность сцепления покрытия с подложкой. Известно [3, 4], что чем больше шероховатость поверхности, тем выше прочность.

Микроструктурный анализ показал, что качество покрытий не зависит от предварительной подготовки поверхности образцов. Плотность покрытий высокая,

отсутствуют поры и трещины. Об отличном сцеплении покрытия с подложкой свидетельствует тот факт, что их можно сошлифовать до основания без скалывания или отслаивания от титановой подложки. Сцепление покрытия с подложкой носит механический характер, так как происходит вбивание капель в подложку. Однако ряд авторов считают [1, 3, 6] также, что в характере сцепления поверхности с подложкой имеет место микроскопический сварочный эффект.

При детонационном напылении крупнозернистого порошка (60 – 100 мкм) были выявлены существенные отличия по сравнению с покрытиями, полученными при напылении мелкозернистого порошка (20 – 40 мкм). Полученные покрытия менее качественные, в их структуре наблюдается большое количество крупных пор (10 – 15 мкм), а также трещин.

Однако, микротвёрдость этих покрытий выше и составляет 16000 – 18000 МПа. Такое повышение твёрдости связано с большим содержанием в покрытии карбидов вольфрама.

Проведённые исследования показали, что фазовый состав детонационных покрытий, а также их высокое качество не зависят от предварительной подготовки поверхности титанового сплава ВТЗ-1 при напылении на него мелкозернистого порошка (20 – 40 мкм) твёрдого сплава ВК-20. При этом микротвёрдость покрытия достигает 15000 МПа. Применение таких покрытий привело к существенному увеличению срока службы изделий из сплава ВТЗ-1.

Использование крупнозернистого порошка (60 – 100 мкм) нежелательно, так как образуются пористые покрытия с трещинами.

Важно отметить, что детонационные покрытия могут быть успешно применены не только для упрочнения титановых сплавов и сталей при изготовлении изделий, но и для восстановления изношенных частей.

Список литературы

1. Шаршоров М.Х., Харламов Ю.А. Физико-химические основы детонационно-газового напыления покрытий. М., Наука, 1978, 224 с.
2. Бартенев С.С., Федько Ю.П., Григоров А.И. Детонационные покрытия в машиностроении. Ленинград, Машиностроение, 1982, 143 с.
3. Кудинов В.В., Бобров Г.В. Нанесение покрытий напылением. Теория, технология и оборудование. М., Металлургия, 1992, 432 с.
4. Поляк М.С. Технология упрочнения. т.1, М., Машиностроение, 1995, 827 с.
5. Карунин А.Л., Бузник Е.Н., Дашенко О.А. и др./ под ред. Дашенко А.И. Технология автомобилестроения. М., Академический Проект: Трикста, 2005, 624 с.
6. Погребняк А.Д., Тюрин Ю.Н. Модификация свойств материалов и осаждение покрытий с помощью плазменных струй. // Успехи физических наук. - 2005, т. 175. - № 5. - С. 515 – 544.
7. Братушка С.Н., Соколов С.В. Влияние плазменной обработки и ионной имплантации на свойства и структурно-фазовые изменения в титановых сплавах. Сумский государственный университет. Украина, 2012, www.www. nbuv.gov. ua.
8. Прохорова А.И., Борисова А.О. Детонационные покрытия на титановом сплаве ВТЗ-1. // Технология металлов. – 2013. - №7. - С. 23 – 25.

ДАнные ОБ АВТОРАХ

Прохорова Александра Ивановна, доцент, кандидат технических наук, доцент кафедры «Материаловедения» Московского государственного машиностроительного университета (МАМИ)

Prochorova A.I., associate Professor, candidate of technical Sciences, Professor of the Department of Materials science, Moscow state engineering University (MAMI)

Борисова Алла Олеговна, старший преподаватель кафедры «Материаловедение» Московского государственного машиностроительного университета (МАМИ)

Borisova A.O., senior lecturer of the Department of materials science, Moscow state engineering University (MAMI)

РЕЦЕНЗЕНТ

Зорин Евгений Евгеньевич – профессор, доктор технических наук, профессор кафедры «Технология конструкционных материалов» Московского государственного машиностроительного университета (МАМИ). Министерство образования и науки РФ. 107023, г. Москва, ул. Б. Семёновская, д. 38.

Zorin Eugene E. - Professor, doctor of technical Sciences, Professor of the Department "Technology of construction materials", Moscow state engineering University (MAMI). The Ministry of education and science of the Russian Federation. 107023, Moscow, st. B. Semenovskaya, d. 38.