

## АНАЛИЗ МАТЕРИАЛОВ, ПРИМЕНЯЕМЫХ ДЛЯ НАНЕСЕНИЯ ПОКРЫТИЙ РАЗЛИЧНЫМИ МЕТОДАМИ

Скобло Т.С., д.т.н., профессор, Харьяков А.В., инженер,  
Науменко А.А., к.т.н., Мартиненко Д.А., студент

(Харьковский национальный технический университет сельского хозяйства  
имени Петра Василенко)

*В работе проанализированы материалы, которые используются для восстановления деталей путем нанесения покрытий различными методами. Приведена область применения покрытий в зависимости от химического состава. Установлены наиболее оптимальные материалы для использования при плазменно-порошковой наплавке.*

Для обеспечения необходимых потребительских свойств деталей и стабильной работы машин и оборудования необходимо обеспечить получение в процессе их ремонта рабочего слоя высокого качества. Это возможно путем выбора эффективных материалов, параметров и технологии восстановления, которые бы не оказывали влияния на изменение линейных размеров при обработке, не требовали бы последующей правки, не изменяли бы структуры и свойств материала детали (в том числе и предварительно упрочненной сердцевины) и обеспечивали необходимые условия эксплуатации сопряжения.

Целью работы является анализ существующих материалов для нанесения покрытий плазменно-порошковым методом и их влияние на достижение требуемых свойств.

По практическому использованию покрытия, наносимые плазменным методом, могут быть разделены на следующие основные группы и подгруппы [1]:

- покрытия для обеспечения повышенной износостойкости деталей в парах трения (при газоабразивном, гидроабразивном износах, усталостном разрушении поверхностных слоев, при фреттинг-коррозии, коррозионно-механическом износе);
- покрытия для защиты от разрушения при высоких температурах: в окислительных и других агрессивных средах, при высокотемпературной эрозии, в расплавах металлов и шлаков, в условиях воздействия интенсивных тепловых потоков;
- покрытия со специальными электрофизическими и оптическими свойствами: электропроводные, электроизолирующие и экранирующие, с магнитными свойствами, светоотражающие, а так же с высокой степенью черноты;
- покрытия для создания саморегулирующихся зазоров;
- покрытия для восстановления размеров изношенных деталей.

Материалы, применяемые для покрытий, различают по составу и свойствам. В США было принято их деление на четыре группы по химическому составу [2, 3]: 1) низколегированные на железной основе (от 2 до 12% легирующих элементов); 2) высоколегированные на железной основе (более 12% легирующих элементов); 3) материалы на основе никеля и кобальта; 4) материалы, содержащие в основном карбиды

вольфрама.

Рассмотрим порошковые материалы, применяемые для покрытий компенсирующих износ.

**Сплавы на основе никеля и титана.** Сплавы данной группы обладают высокой устойчивостью к химической коррозии, отличающиеся жаростойкостью и теплостойкостью (ПТ86Н12, ПТ65Ю35 ПН70Ю30(HRC 40), ПН85Ю15(HRC 20)); высокой износостойкостью и устойчивостью к коррозии (ПН55Т45 (HRC 50)); высокой стойкостью к действию щелочей, карбонильной коррозии, газообразивному износу при повышенных температурах (ПН75Ю32В, ПХ20Н80(HRC35-40), ПХ20Н70Ю10, Пх16Н77Ю6).

Данные материалы применяются для нанесения защитного слоя на детали машин и оборудования металлургического, энергетического, химического, нефтеперерабатывающих производств. Наносят такие покрытия плазменным и детонационным напылением.

**Коррозионностойкие стали и сплавы на основе железа, легированные хромом и никелем.** Материалы данной группы [4, 5, 6] обеспечивают такие свойства как износостойкость и устойчивость к химической коррозии в воде и агрессивных средах. Порошковые композиции ПР-Х18Н9, ПР-06ХН28МДТ, ПР-04Х19Н11М3, ПР-08Х19Н9Ф2С2, ПР-10Х16Н25АМ6 характеризуются хорошей сопротивляемостью к изнашиванию потоком абразивных частиц при 500 - 550°С.

Покрытия применяются для нанесения уплотнительных и защитных слоев на деталях двигателей внутреннего сгорания, вентиляторов, энергетического и химического оборудования, судовых механизмов, а также валах и подшипниках. Наносят их плазменным напылением и наплавкой.

**Самофлюсующиеся сплавы.** Среди самофлюсующихся сплавов можно выделить три наиболее часто встречающихся группы: сплавы на основе никеля, меди и железа.

Самофлюсующиеся сплавы на основе никеля и легированные хромом [4, 6, 7] обладают высокими показателями износостойкости, коррозионной стойкости и жаростойкости. Они отличаются хорошей прочностью сцепления со сталями. По мере увеличения в сплавах содержания углерода, бора и кремния твердость и износостойкость покрытий возрастает, а сопротивление удару падает.

При уменьшении в порошковой композиции концентрации хрома сплавы приобретают хорошую жидкотекучесть при оплавлении.

**Порошки сплавов на основе железа.** Материалы [4] такие как ПР-180Х16Н8Ф8ТЗР, ПР-0Х20Н8Ю6Т2Р2, ПР-100Г10Т11Р5, ПР-150Х12Ф6Д, ПР-290Х14Ф12Д близки к стали типа Х18Н9; Гатфильда; Х17, Х13, упрочненные введением боридов титана, хрома и ванадия. Они рекомендуются для нанесения покрытий на детали напылением и наплавкой, работающие в условиях износа и коррозии. Их используют взамен самофлюсующихся хромоникелевых сплавов и они обеспечивают твердость покрытий до 55HRC. Порошки ПР-0Х18Н9 и ПР-Х23Н28М3ДЗТ используют для изготовления пористых изделий для фильтрации агрессивных жидкостей, газов, а также для нанесения коррозионностойких покрытий.

Порошки ПР-0Х19Н12С4, ПР-250Н18Д7Х2С2Г, ПР-190Х19Ф6М6НГС предлагаются для наплавки износостойких покрытий взамен хромоникелевых композиций.

Выявлены сведения [4] об использовании порошковых композиций для обеспечения заданных свойств в покрытиях.

**Порошки металлидов для нанесения покрытий.** Металлиды представляют собой [4] соединения металлов, например, ПН70Ю30, что соответствует соединению  $NiAl$ , ПН85Ю15 –  $Ni_3Al$ . Распыленные порошки имеют лучшую текучесть. Порошки металлидов разработаны для плазменного и детонационного напыления и формирования защитных покрытий, наносимых на поверхности деталей машин.

Покрытия хорошо шлифуются, обрабатываются точением. Они широко используются для восстановления посадочных мест валов. Рекомендуются для работы в парах трения с чугуном. Их используют также в качестве подслоя при нанесении покрытий из сталей, сплавов, оксидов, карбидов.

**Медные сплавы.** Порошки на основе меди, применяемые для нанесения покрытий это, как правило, бронзы с добавлением никеля, которые обладают антифрикционными свойствами в сочетании с хорошей износостойкостью в условиях масляной смазки или без нее. К числу таких материалов относятся ПР-Бр.ФЖНМц8,5-4-5-1,5; ПР-Бр.ОН8,5-3; ПР-Бр.КМц3-1; ПР-Бр.ОЦ5-5-5.

Медные сплавы применяют для исправления дефектов отливок из бронзы, нанесения покрытий на подшипники и вкладыши, цилиндры прессов, уплотнения компрессоров, деталей судовых механизмов и др.

Для нанесения жаростойких покрытий на уплотнительные системы и лопатки газовых турбин, шнеки экструдеров, опорные кольца и седла клапанов дизелей, втулки и валы нефтеперекачивающих насосов применяются жаростойкие сплавы на основе: кобальта ПХХ25Н10Ю10, ПХХ27Ю7СЗИ, ПХХ27Ю7И; никеля ПНХ20К20Ю13 и железа ПХ25Ю6, ПХ25Ю10, ПХ20Ю6И с высоким содержанием хрома. Данные сплавы обладают высокой устойчивостью против газообразного износа при повышенных температурах. Рабочие температуры, вышеупомянутых сплавов, находятся в интервал 850 – 870°C.

**Материалы, выпускаемые зарубежными производителями,** несколько отличаются от отечественных. Выпускаемые ими сплавы, как указывалось ранее, делятся на 4 группы [8]: сплавы на основе карбида вольфрама, кобальта, никеля, железа. Выбор сплава определяется затратами. При этом учитывается и покрывающая способность материалов.

Сплавы на основе карбида вольфрама. Обеспечивают высокую устойчивость к абразивному износу при малых и больших нагрузках.

Покрытия из карбида вольфрама являются хрупкими и характеризуются низкой устойчивостью к окислению, особенно при температурах выше 540°C. Устойчивы к истиранию царапаньем под небольшими нагрузками и шлифованием под – большими.

Кобальтохромистые порошковые композиции. Покрытия на их основе обеспечивают одновременно сопротивление коррозии, нагреву и окислению, и по ряду эксплуатационных рабочих характеристик не имеют себе равных. Однако они дорогие и стоят в 15 – 20 раз дороже низколегированной углеродистой стали. При рабочих температурах ниже 540°C покрытия на основе других материалов могут быть более экономичными.

Твердость кобальтохромистых покрытий нанесенных методом наплавки нахо-

дятся в пределах от 38 до 58 HRC для покрытий, выполненных с помощью кислородной сварки, и от 23 до 58 HRC для покрытий, наплавленных — дуговым методом.

Кобальтохромистые сплавы слишком хрупкие для эксплуатации в условиях действия ударных нагрузок. Их применение целесообразно в условиях высоких температур и воздействия коррозионных сред.

Порошки на основе никеля. Известны своей исключительной устойчивостью к неблагоприятным воздействиям окружающей среды. В зависимости от химического состава они способны к сбалансированному сопротивлению в условиях адгезионного и абразивного износа. Наиболее распространенные сплавы на основе никеля, предназначенные для покрытий с повышенной твердостью, содержат хром и бор. Бориды и карбиды в сплаве на никелевой основе образуют твердое покрытие (67HRC) с высоким сопротивлением истиранию при небольших нагрузках.

Порошки на основе железа. Ряд порошковых композиций на основе железа содержат менее 20% легирующих элементов. Они более дешевые, пользуются спросом у потребителей и применяются там, где рабочая температура ниже 540°C. Содержание углерода составляет от 0,3 до 1,0%, что обеспечивает покрытие твердость от 55 до 60 HRC. При 3—5%-ном содержании хрома сплавы покрытий на основе железа характеризуются хорошим сочетанием твердости и вязкости, хорошо поддаются тонкой шлифовке, характеризуются высокой прочностью на сжатие и после отжига легко механически обрабатываются.

**Выводы.** При плазменном методе нанесения покрытий в качестве присадочно-го материала можно использовать проволоку или порошковую композицию состава, которые обеспечивают заданный уровень свойств. Такой метод позволяет регулировать химический состав покрытия путем одновременной подачи в плазменную горелку двух или более порошковых композиций различного химического состава и соотношения. Плазменный метод имеет достаточно высокий КПД (60...80%), отличается простотой контроля технологического процесса и обеспечивает качественное сплавление основного и присадочного материалов. Толщина покрытия может достигать 3 - 5 мм.

Анализом установлена возможность использования для покрытий большого количества порошковых материалов. Их выбор определяется требованиями, предъявляемыми к деталям и условиям их эксплуатации. В зависимости от этих факторов рассмотрены используемые порошковые композиции эффективные для деталей работающих в отличающихся условиях. Показано, что наибольшей твердостью и износостойкостью обладают сплавы с содержанием карбидов вольфрама, бора, титана, хрома. Сплавы на основе титана требуют более высокой температуры нанесения покрытий и используются в качестве жаростойких.

Чаще всего используют легирующие материалы на основе железа. Они обладают достаточно высокой твердостью (от 55 до 60 HRC), а при содержании хрома 3 - 5% обладают хорошим сочетанием твердости и вязкости. Такие материалы в 3 - 10 раз дешевле твердосплавных порошков.

В настоящее время прослеживается устойчивая тенденция к использованию смеси порошковых композиций. Такой подход к применению материалов позволяет достаточно гибко регулировать химический состав покрытий, прогнозировать их свойства.

## Список литературы

1. Longo F.N. Handbook of Coating Recommendations. – N. – Y.: Metco Inc., 1972. – 212 p
2. М.М. Хрушов, М.А. Бабичев, Е.С. Беркович и др. Износостойкость и структура твердых наплавов. М., "Машиностроение", 1971.
3. Metal Handbook. Properties and Selection of metals, vol. 1. American Society of metals, 1961.
4. Порошки металлические легированные. Информация НПО «Тулачермет», Тула, 1982.
5. Пат. 2031765. Россия, МКИ<sup>6</sup> В23, К 35/30, С22, С3/46 / Ветер В.В., Каретный З.П., Самойлов М.И. и др. - №5046523/08; Заявл. 9.06.92; Опубл. 27.03.95, Бюл. №9.
6. Петров А.В. Плазменная сварка. - В кн.: Сварка. М., 1980, с.53-109
7. Взаимосвязь структуры, фазового состава и служебных свойств рабочего слоя Н73Х16С3Р3 валков, полученных плазменно-порошковой наплавкой./ Шевченко О.И., Фарбер В.М., Журавлев В.И. и др. // Изв. вузов. Черная металлургия. - 1995, №8. - С. 57 - 61.
8. Бакурская М.А., Комарчева Э.С. Плазменная наплавка и ее промышленное применение зарубежными фирмами: Обзорная информация. -М., 1984.- 24 с.

## Анотація

### АНАЛІЗ МАТЕРІАЛІВ, ЯКІ ВИКОРИСТОВУЮТЬСЯ ДЛЯ НАНЕСЕННЯ ПОКРИТТІВ РІЗНИМИ МЕТОДАМИ

*У роботі проаналізовано матеріали які використовуються для відновлення деталей шляхом нанесення покриттів різними методами. Наведена область застосування покриттів в залежності від хімічного складу. Виявлені найбільш оптимальні для використання при плазменно порошковому напавленні.*

## Abstract

### ANALYSIS OF MATERIALS, APPLIED FOR CAUSING OF COVERAGES BY DIFFERENT METHODS

*Materials which are used for renewal of details by causing of coverages different methods are analysed in work. An application of coverages domain is resulted depending on chemical composition. The most optimum materials are set for using for plasma-powder-welding.*