

## НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ И УПРОЧНЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ ПОДВИЖНОГО СОСТАВА

**А.Н. Пурехов, В.Н. Лозинский, С.Г. Суслин**

Всероссийский научно-исследовательский институт железнодорожного транспорта,  
Комплексное отделение "Сварка", г. Москва, Россия

В последнее десятилетие наметился устойчивый спрос на материалы с улучшенными триботехническими характеристиками и обрабатываемостью, предназначенные для восстановления деталей подвижного состава методами "холодного" напыления и напыления с оплавлением.

Для решения проблемы увеличения межремонтных пробегов подвижного состава при ремонте узлов и деталей железнодорожной техники на ремонтных предприятиях ОАО "РЖД" ВНИИЖТом разрабатываются технологии восстановления и упрочнения ответственных и дефицитных деталей, таких как, буксовые и моторно-осевые шейки осей колесных пар, шейки коленчатых валов дизелей локомотивов, валы водяных и топливных насосов локомотивов и других различными методами газотермического напыления.

Общим недостатком газотермических покрытий, получаемых с помощью таких традиционных способов как электродуговое и газопламенное проволоочное напыление, является их относительно невысокая адгезионная прочность. Кроме этого, использование монолитных проволок для напыления дает покрытие с относительно невысокой твердостью. Плазменные и детонационные порошковые покрытия имеют значительно более высокие аналогичные показатели, однако установки для их нанесения отличаются высокой сложностью.

Детонационное напыление имеет ряд других недостатков: низкая производительность, высокая стоимость специального и дополнительного оборудования, экологически вредный процесс – обладает высоким уровнем шума, выделяет пыль и аэрозоли металлов. Кроме этого последние исследования показали, что при нанесении детонационных покрытий с толщиной более 0,7 – 0,8 мм происходит их разупрочнение. По-видимому, это и является одной из причин отслаивания детонационных покрытий при эксплуатации коленчатых валов, восстановленных ранее на Воронежском ТРЗ.

Применение технологии детонационного напыления на Воронежском ТРЗ для восстановления шеек коленчатых валов дизелей

локомотивов в массовом производстве не решило проблему сохранения их ресурса – около 24 % восстановленных валов вышло из строя по причине разрушения напыленного слоя из-за низкого уровня адгезионной прочности. Поэтому решение проблемы восстановительного ремонта стальных коленчатых валов дизель-генераторов локомотивов является важной и актуальной.

В последнее время широкое распространение при ремонтных работах в различных областях техники находит способ газопламенного "холодного" напыления с применением гибких шнуровых материалов.

Применение шнуровых материалов позволяет избавиться от выше перечисленных недостатков - увеличивается адгезионно-когезионная прочность покрытий, твердость, уменьшается стоимость их нанесения за счет простоты использования аппаратуры. Повышение прочностных характеристик происходит за счет проявления экзотермической реакции, в результате которой обеспечивается металлургическая связь покрытия с основным металлом.

Прочность и эластичность гибких шнуров позволяет пользоваться ими как проволокой и благодаря этому полностью механизировать или автоматизировать процесс напыления. Этот метод отличается экономичностью, простотой применяемой аппаратуры и надежностью, что позволяет применять его там, где требуется соблюдение непрерывности и стабильности технологического процесса ремонта.

Благодаря конструкции гибких шнуров для "холодного" напыления, состоящих из органического связующего, порошкового наполнителя и присутствию в их составе компонентов, обеспечивающих протекание экзотермических реакций и синтезирование новых фаз в процессе напыления, достигаются высокие значения адгезионной и когезионной прочности, а также коэффициента использования напыляемого материала. Получаемые покрытия обладают высокими триботехническими характеристиками.

Стабильная подача шнурового материала в зону газового потока по оси струи газо-

## НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ И УПРОЧНЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ ПОДВИЖНОГО СОСТАВА

вого пламени, правильный выбор состава компонентов порошковых смесей и размера напыляемых частиц полностью гарантирует расплавление всех составляющих наполнителя шнура. Это дает возможность получать следующие преимущества по сравнению с другими методами газотермического напыления:

- повышение коэффициента использования напыляемого материала;
- повышение адгезии и когезии;
- снижение пористости получаемых покрытий;
- возможность механизации и автоматизации операций напыления.

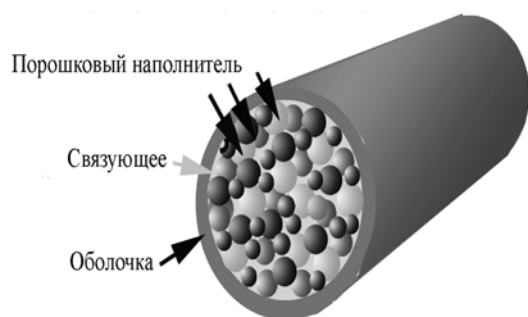


Рисунок 1 – Конструкция многокомпонентного гибкого шнурового материала

Газопламенное "холодное" шнуровое напыление может выполняться с до- и сверхзвуковыми скоростями нанесения напыляемых частиц. Сверхзвуковое высокоскоростное газопламенное шнуровое напыление (СГПШН) покрытий относится к числу последних наиболее перспективных технологических разработок в области упрочнения и восстановления деталей машин и механизмов. Оно позволяет получать покрытия с характеристиками, недостижимыми при традиционных способах напыления.

Преимущества процесса газопламенного шнурового напыления определяются высокой скоростью полета частиц и высоким качеством покрытий. Так, например, в горелке для шнурового напыления ТОП-ЖЕТ/2, с использованием специальных сопел и в качестве горючего газа – пропана, скорость горючей газовой струи достигает 2100 м/с, что позволяет напылять шнуровые материалы со скоростями до 750 м/с. Это позволяет, как минимум в два раза поднять уровень адгезионных и когезионных свойств, т.е. до уровня который достигается при детонационном напылении, и использовать при этом стандартную для газопламенного напыления аппаратуру.

По сравнению с другими методами газотермического напыления сверхзвуковые шнуровые покрытия обладают более высокой плотностью, низким содержанием оксидов и высокой прочностью их сцепления с основой (адгезией). Важным является и тот факт, что при напылении некоторых шнуровых материалов возможно получение сжимающих остаточных напряжений в покрытии.

Аппаратуру и широкий спектр шнуровых материалов для различных видов напыления производит отечественное предприятие СП "ТЕХНИКОРД".

Таблица 1 – Результаты испытаний покрытий на прочность сцепления

Материал покрытия	Прочность сцепления, МПа		
	Дозвуковой режим		Сверхзвуковой режим
	на ацетилене	на пропане	
Ниалид	$\frac{34-39}{36}$	$\frac{29-32}{31}$	$\frac{45-48}{46}$
Сфекорд-Экзо №20	$\frac{35-39}{38}$	$\frac{30-36}{34}$	$\frac{48-53}{51}$
Сфекорд-Экзо №40	$\frac{53-57}{55}$	$\frac{50-52}{51}$	$\frac{59-65}{64}$

Проведенные металлографические исследования и механические испытания показали высокое качество покрытий, полученных как на дозвуковых, так и на сверхзвуковых режимах, что подтверждается результатами механических испытаний: Адгезионная прочность (см. таблицу) сверхзвуковых покрытий в 1,5 раза выше, чем у дозвуковых и плазменных и достигает 64 МПа (у дозвуковых – 55 МПа); износостойкость сверхзвуковых покрытий на 10-15 % выше, чем у закаленных сталей при самом низком коэффициенте трения.

На данный момент Комплексное отделение "Сварка" ВНИИЖТ занимается разработкой технологии восстановления и упрочнения старогодных стальных коленчатых валов дизелей локомотивов и рефрижераторов методом газопламенного "холодного" шнурового напыления для увеличения их срока службы, что позволит уменьшить потребность в новых

коленчатых валах, а также резко снизить ремонтные затраты по их замене.

По результатам проведенных лабораторных исследований и испытаний лучшими триботехническими свойствами обладает следующая комбинация материалов (рисунок 2): подслой, обеспечивающий высокую степень сцепления с основой; демпфирующий слой, для уменьшения воздействия высоких давлений; рабочий слой, обладающий высокими антифрикционными свойствами; притирочный слой, для облегчения последующей механической обработки – шлифования.

**Выводы:**

1. Из всех способов газотермического напыления наиболее предпочтительным для ремонта ответственных и дефицитных деталей, с точки зрения получения качественного покрытия, с сохранением усталостной прочности, экономичности, простоты применяемой аппаратуры и надежности, является газопламенное "холодное" шнуровое напыление.

2. Разрабатываемая ВНИИЖТ технология восстановления и упрочнения стальных коленчатых валов дизелей локомотивов

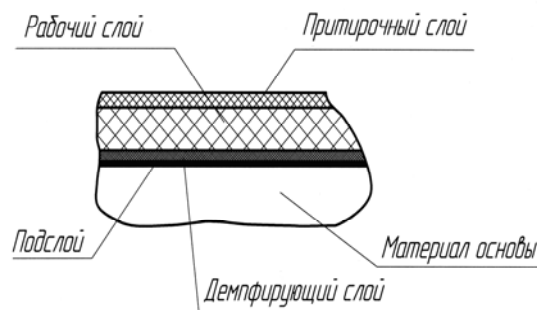


Рисунок 2 – Последовательность нанесения шнуровых материалов

методом газопламенного "холодного" шнурового напыления, позволит резко снизить ремонтные затраты по их замене, увеличить срок их службы в 2-2,5 раза и уменьшить потребность в новых коленчатых валах.