

Более перспективным вариантом является применение комбинированной электрофло-токоагуляционнофильтровальной установки (рисунок 1е). Она состоит из бака, электрофло-токоагулятора, маслосборного устройства, фильтра и водопровода. В электрофло-токоагуля-торе при электролизе происходит электрохимическая коагуляция и флотация стоков, при этом нефтепродукты всплывают вверх, накапливаются и направляются по лотку в масло-сборный колодец. Минеральные частицы оседают в конической части бака и периодически (1 раз в сутки) удаляются. Сточная вода, прошедшая электрофлотационную очистку прохо-дит фильтр с плавающей полимерной загрузкой и далее самотёком поступает к высокона-порному моечному аппарату типа HDS695VEX.

Таким образом применение комбинированной технологии очистки стоков с электро-фло-токоагуляционнофильтровальной обработкой стоков позволяет снизить затраты на со-здание замкнутых систем водоснабжения на постах мойки сельскохозяйственной техники, сделать их более технологичными и удобными для строительства и эксплуатации собствен-ными силами с обеспечением необходимого качества очистки стоков в соответствии с предъявляемыми техническими, санитарными и экологическими требованиями.

#### Литература

1. Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хо-зяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования. Гигиенические нормативы. РН 2.1.5.1315-03-М: СТК «АЯКС», 2004. – 154 с.
2. Ануфриев, С.И., Исаев, В.И. Установка доочистки сточных и ливневых вод от нефтепродуктов / Экология и промышленность России. – 2002. - №6. – С. 17-19.
3. Колесников, В.А., Капустин, Ю.И. и др. Электрофлотационная очистка сточных вод про-мышленных предприятий. – М.: Химия, 2007. – 304 с.
4. Минаков, В.В., Кривенко, С.М., Никитин, Т.О. Новые технологии очистки от нефтяных загрязне-ний / Экология и промышленность России. – 2002. – №5. – С. 7-9.

УДК 621.7

### ПОКРЫТИЯ ИЗ САМОФЛУСУЮЩИХСЯ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ НИКЕЛЯ С ПОВЫШЕННЫМИ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ

Ивашко В.С.<sup>1</sup>, д.т.н., профессор, Буйкус К.В.<sup>1</sup>, к.т.н., доцент, Лойко В.А.<sup>2</sup>, к.т.н., доцент

<sup>1</sup>Белорусский национальный технический университет

<sup>2</sup>Белорусский государственный аграрный технический университет

Повышение надежности и долговечности машин является одной из важнейших задач современного машиностроения. Наиболее эффективный метод решения такой задачи заклю-чается в увеличении ресурса работы лимитирующих деталей и узлов. Особенно это актуаль-но, если лимитирующий узел работает в условиях воздействия агрессивных сред, без сма-зочного материала, в контакте с частицами абразивных материалов и др.

Известно, что свыше 80% механических отказов машин обусловлено процессами изна-шивания рабочих поверхностей деталей машин или комплексными причинами, где изнаши-вание играет доминирующую роль. В процессе эксплуатации поверхностный слой деталей машин и механизмов подвергается наиболее сильному механическому, тепловому, химиче-скому и другим воздействиям. Потеря работоспособности узла в большинстве случаев про-исходит с поверхности сопрягаемых деталей в результате изнашивания, эрозии, коррозии, деформирования и т.п.

Значительный ресурс повышения работоспособности деталей машин кроется в матери-але, из которого формируются основные физико-механические характеристики. Появление и развитие новых методов получения материалов и формирования покрытий дает возможность

получать на поверхности детали сочетание ряда ценных свойств, присущих материалам подложки и покрытия, и обеспечивать заданное качество комплексных физико-механических характеристик деталей машин.

Нанесение износостойких покрытий с использованием концентрированных потоков энергии – современное технологическое направление повышения качества, надежности и долговечности машин, которое радикально интенсифицирует технологические процессы.

Структура покрытий зависит от механизма их формирования. При напылении порошковых материалов происходит следующее:

- нагрев и плавление (или частичное оплавление);
- перемещение к изделию, взаимодействие во время движения с окружающей атмосферой с образованием окислов;
- взаимодействие с поверхностью основного металла или предыдущего слоя, деформация и растекание по поверхности;
- оплавление покрытия.

Последние два события сопровождаются образованием границ трех типов: между частицами, между слоями, граница, разделяющая покрытие и основной металл. Все типы границ существенно влияют на адгезионную и когезионную прочности покрытия.

Граница между слоями определяет работоспособность покрытия. При напылении совместно с частицами могут осаждаться продукты сгорания ацетиленов или пропан-бутана, например, сажа. Сажа и окислы ухудшают условия взаимодействия между слоями. При несоблюдении режимов напыления возможно образование повышенной пористости и несплошностей на границе между слоями, приводящих к расслоению покрытия.

Связи между покрытием и основным металлом носят механический и металлургический характер взаимодействия частицы и основного материала. От того, какой вид связи превалирует, будут зависеть структуры границы и переходной зоны, выявляемые при микроскопических исследованиях.

Взаимодействие приповерхностных слоев основного металла с нагретыми частицами и высокотемпературным газовым потоком может привести к локальным фазовым превращениям.

Нестабильность механических свойств и наличие различного рода дефектов в материале напыленного покрытия оказывают большое влияние на особенности его изнашивания и разрушения, возможности эффективно повышать эксплуатационные свойства деталей машин. Учет структурных уровней деформации при анализе явлений, происходящих в материале при эксплуатационном нагружении на микро-, мезо- и макроуровнях, дает возможность более эффективно управлять процессами формирования покрытий на деталях с различными условиями применения.

Фактальный анализ, как метод статистического исследования сложных объектов, позволяет оценить такие структуры комплексом численных характеристик. Это позволяет выявить корреляционные связи между параметрами структуры материала и его свойствами. В дальнейшем такая взаимосвязь позволит прогнозировать физико-механические и эксплуатационные свойства напыленных материалов без проведения специальных исследований – только в результате анализа фрактальных характеристики их структуры, что перспективно как с точки зрения разработки технологий получения изделий с покрытиями, так и для проектирования технологий их механической обработки, назначения режимов оптимальной эксплуатации.

В зависимости от химического состава сплава и тепловой концентрации источника нагрева покрытия при его оплавлении изменяется величина структурных составляющих, которая колеблется от 20 до 150 мкм.

На формирование свойств покрытий существенное влияние оказывает также финишная и суперфинишная обработка поверхностей, которая осуществляется, как правило, жестко связанным или подвижно-скоординированным абразивным зерном. При любом способе обработки важнейшим фактором является возможность изменять давление частиц абразивного

порошка на обрабатываемую поверхность заготовки. В этом случае, в незакрепленном состоянии зерна абразива более полно используют свои режущие способности, так как происходит нивелирование их рабочих кромок относительно обрабатываемой поверхности, а также переориентация и перемещение частиц абразивного порошка в процессе обработки. Наличие у частиц абразивного порошка отрицательных передних углов и скругленных вершин вызывает при высоких скоростях и малых глубинах резания интенсивное скольжение частиц порошка по материалу заготовки. Трение частиц абразивного порошка приводит к тому, что около 70% всей механической работы, затрачиваемой на процесс финишной и суперфинишной обработки, переходит в тепло. Выделяющееся тепло, в ряде случаев, может вызывать структурные превращения в поверхностных слоях материала.

Таблица 1- Данные относительной износостойкости, полученные при трении без смазки образцов из самофлюсующихся сплавов на основе никеля по закаленной стали, при скорости скольжения 3,5 м/с, давлении 1,2 МПа. Время испытаний 15 с.

Материал	Пг - СР-4 оплавленный плазменной газовой горелкой	Пг - СР-4 оплавленный газовой горелкой	Пг - СР-3 оплавленный газовой горелкой	Пг - СР-2 оплавленный газовой горелкой
Относительная износостойкость	2,3	1,8	1,4	1,2

Из анализа напряженного состояния поверхности покрытия определяются требуемые для его успешной работы механические характеристики. Технология нанесения самофлюсующихся порошков предусматривает напыление с последующим оплавлением. Напыление с оплавлением проводится как вручную, так и в автоматизированном режиме.

Для повышения адгезии и снижения теплового воздействия на основу предлагается следующая последовательность нанесения покрытия:

- термическая активация до 60-80°C поверхности в течение 15 - 20 с;
- для предотвращения окисления нанести тонкий защитный слой из напыляемого самофлюсующегося сплава (толщиной 0,1 мм) за один проход;
- нагреть поверхность до 600-750°C в течение 1-2 мин;
- нанести слой покрытия в течение 30-40 с толщиной от 0,4 до 1,5 мм, которое частично самооплавляется с образованием прочной связи с основой;
- окончательно оплавить покрытие.

При нанесении самофлюсующихся материалов самым важным параметром является температура оплавления. Изменяя время оплавления, можно регулировать температуру оплаиваемой поверхности.

#### Литература

1. Ивашко В.С., Куприянов И.Л., Шевцов А.И. Электротермическая технология нанесения защитных покрытий. — Минск: Навука і тэхніка, 1996. — 295 с.
2. Теория и практика газотермического напыления./ П.А. Витязь, В.С. Ивашко [и др.] — Минск: Навука і тэхніка, 1993. — 450 с.