

редаточным отношением, равным $u=1$, по результатам исследований одной пары может быть построена кривая усталости [1].

Литература

1. А.с.(СССР) № 1626101. Способ испытаний прямозубых зубчатых колес на контактную усталость зубьев/О.В. Берестнев, В.Л. Басинюк, Н.Н. Ишин и др. Оpubл.в Б.И. 1991, №5.

НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ АКТИВИРОВАННОГО НАНЕСЕНИЯ ПОКРЫТИЙ И АБРАЗИВНОЙ ОБРАБОТКИ

Белоцерковский М.А., Черепко А.Е. ИНДМАШ НАН РБ, г. Минск

Использование традиционных схем реализации способов газотермического напыления может образовывать покрытия, удовлетворяющие запросам многих ремонтных производств. Однако качественные параметры этих слоёв не всегда адекватны повышенным требованиям к эксплуатационным характеристикам деталей машин, работающих в условиях интенсификации производственных процессов. Это существенно затрудняет более широкое применение данных технологий.

В этих условиях, возможными путями повышения качества и снижения затрат при нанесении покрытий методами газотермического напыления и расширения области их рационального использования являются: создание термораспылительных систем, обеспечивающих формирование высокоскоростных, высокоэнергетических двухфазных потоков; использование доступных и дешёвых энергоносителей и углеводородных топлив для формирования факела термораспылителя; повышение эффективности струйно-абразивной подготовки поверхности за счёт увеличения динамических и теплофизических параметров частиц абразивного материала.

Развитие методов высокоскоростного напыления осуществляется в двух направлениях: разработка систем плазменного сверхзвукового напыления и создание установок сверхзвукового газопламенного напыления.

Нужно отметить, что сверхзвуковое плазменное напыление реализует потоки, обладающие скоростью до 3000 м/с при температуре до 7000К, способные сообщать транспортируемым частицам скорости до 500 м/с. Такая технология позволяет эффективно напылять как относительно легкоплавкие материалы, так и тугоплавкие. При этом пористость покрытий

составляет порядка 0,5...5%, а прочность сцепления - 60...120 МПа.

Сущность процесса сверхзвукового газопламенного напыления заключается в том, что в образованную за счёт сгорания при определённых условиях различных углеводородных топлив высокоскоростную струю подают присадочный материал, который может либо формировать покрытия с высокой плотностью и достаточной прочностью сцепления, либо быстро и качественно очищать поверхности от различного рода загрязнений. В первой половине 80-х годов было положено начало интенсивному развитию данной области газотермического напыления и, уже, к настоящему времени накоплен большой опыт совершенствования этого метода, разработано и предложено значительное количество различных типов оборудования для сверхзвукового газопламенного напыления. Аналогичная система создана и в Институте надёжности машин НАН Беларуси.

Принципиальная схема оборудования включает радиальный способ подачи расходного материала в закритическую область сопловой части горелки. Это значительно упрощает внутреннюю конструкцию оборудования, обеспечивает устойчивый процесс сжигания горючей смеси в полости камеры сгорания и значительно снижает эрозионный износ криволинейных поверхностей сопла Ловала. В качестве рабочей используется пропано-воздушная смесь с раздельной подачей компонентов.

Явным преимуществом предлагаемой схемы является простота и универсальность разработанного оборудования. В нём не используется чистый кислород, окислителем служит сжатый воздух, который предварительно проходит через внутренние полости, охлаждая детали конструкции. Отсутствие громоздкой, сложной системы водяного охлаждения позволяет значительно уменьшить размеры и вес горелки, сделав её доступной для работы как в стационарном, так и ручном режиме. Кроме того, установка легко модифицируется в аппарат для струйно-абразивной очистки поверхностей перед напылением, удаления краски и ржавчины с производительностью до 20 м²/ч.

Метод и предлагаемое оборудование сверхзвукового газопламенного напыления способны формировать высокоскоростную струю (свыше 1500 м/с), сообщаящую частицам расходного материала скорость свыше 500 м/с и, тем самым, позволяют наносить покрытия толщиной до 5...6 мм практически со 100%-й плотностью и прочностью сцепления порядка 70...100 МПа. При этом низкая температура сгорания рабочей смеси резко уменьшает окисляющую способность струи, исключает термическое

повреждение напыляемых частиц и вновь сформированных слоёв.

Однако, высокоскоростные пропано-воздушные системы, применяемые в СНГ и дальнем зарубежье, расходуют не менее 3,6 м³/ч пропана и 3 м³/мин сжатого воздуха при давлении 0,4 и 0,6 МПа соответственно. Это делает возможным эксплуатацию таких систем только в условиях крупных промышленных производств, располагающих мощными газораспределительными и компрессорными станциями.

В связи с вышесказанным в ИНДМАШ НАН РБ была рассмотрена идея расширения возможностей традиционного газопламенного напыления и повышения физико-механических свойств получаемых покрытий за счёт оснащения оборудования малогабаритными камерами сгорания, способными производить высокоскоростную струю.

Реализация процесса осуществляется на новой установке газопламенного напыления, содержащей реактивный активатор, обеспечивающий дополнительный нагрев и ускорение частиц, летящих в основном факеле термораспылителя.

Основным элементом активатора является малогабаритная камера, способная формировать высокоскоростной поток продуктов сгорания пропано-воздушной смеси, который фокусируется в зоне достижения частицами напыляемого материала максимальной температуры от основного факела. Первичный факел образуется в результате горения рабочей смеси газопламенного распылителя «Терко», на сопловой части которого монтируется реактивный активатор.

Одним из преимуществ предлагаемой конструкции является использование для охлаждения рабочих поверхностей реактивного устройства сжатого воздуха, часть которого затем отводится в приемный коллектор камеры сгорания. Это позволяет улучшить условия воспламенения горючей смеси и повысить температуру пропано-воздушного пламени. Использование многосопловой керамической вставки внутри камеры в совокупности с воздушным регенеративным охлаждением обуславливает небольшие габаритные размеры активатора. При помощи специально предусмотренного регулировочного крана, ограничивающего подачу воздуха на смесеобразование, можно создавать либо окислительную, либо восстановительную атмосферу вторичного пламени.

Предполагается, что такая модернизация оборудования для газопламенного порошкового напыления позволит существенно повысить скорость частиц наносимого материала и получить высокоплотные покрытия (пористость 2...5%), имеющие прочность сцепления с основой вдвое

выше, чем при традиционной схеме.

Нужно отметить, что выбор метода восстановления деталей машин зависит от многих факторов, но при возможности получения близких по свойствам покрытий различными способами, критерием выбора становится экономический фактор. А наиболее дешёвыми как по стоимости оборудования, так и по затратам на реализацию процесса является газопламенное напыление. Кроме того, эта технология характеризуется применением простых и мобильных установок, а также возможностью осуществления процесса в полевых условиях.

РАСЧЁТ ПРОЧНОСТИ ВАЛОВ ДИСКОВЫХ БИОФИЛЬТРОВ-ОТСТОЙНИКОВ (ДБФО)

Медведев О.А., Кочемаров Д.В.

Брестский политехнический институт

ДБФО состоит из круглой ванны с вертикальной осью, вокруг которой вращаются радиально расположенные валы с тонкими виниловыми дисками, наполовину погруженными в очищаемую воду. Валы с дисками также вращаются вокруг своих осей. Коническое дно ванны предполагает равномерное увеличение диаметров дисков от оси ванны к периферии. Разные диаметры и скорости движения дисков влекут за собой разные значения гидравлического сопротивления на каждом диске. Поэтому, расчётная схема вала включает следующие силовые нагрузки, распределённые неравномерно вдоль его оси:

- 1) крутящий момент, распределённый по закону параболы четвёртой степени от гидродинамического сопротивления вращающихся дисков;
- 2) поперечную силу гидродинамического сопротивления движению дисков, распределённую по закону параболы четвёртой степени в горизонтальной плоскости;
- 3) поперечную силу от веса дисков с биомассой распределённую по закону квадратичной параболы в вертикальной плоскости.

Отсутствие в справочной литературе методик инженерных расчётов валов на прочность и жёсткость при указанных нагрузках вызывает трудности при проектировании ДБФО. Распространённая практика замены реальной нагрузки на равномерную с той же равнодействующей приводит к погрешностям определения изгибающих моментов и координат опасных сечений, что недопустимо при расчёте таких крупных объектов, как