

2. Биргер, И. А. Остаточные напряжения / И. А. Биргер. – М. : Машиностроение, 1963. – 252 с.
3. Маталин, А. А. Технология машиностроения / А. А. Маталин. – Л. : Машиностроение, 1985. – 496 с.
4. Серебrenицкий, П. П. Пособие для станочников. Вспомогательный режущий инструмент / П. П. Серебrenицкий. – Л. : Лениздат, 1978. – 320 с.
5. Тушинский, Л. Н. Теория и технология упрочнения металлических сплавов / Л. Н. Тушинский. – Новосибирск: Наука, 1990.
6. Антипов В. В. Износ прецизионных деталей и нарушение характеристики топливной аппаратуры дизелей. – М.: Машиностроение, 1972. – 177 с.
7. Соснин, Н. А. Плазменные покрытия / Н.А. Соснин, П.А. Тополянский, Б.Л. Вичик. ДНТП, Санкт – Петербург, 1992.

УДК 331.45

СОВРЕМЕННЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ ТЕХНОЛОГИИ НАНЕСЕНИЯ ГАЗОТЕРМИЧЕСКИХ УПРОЧНЯЮЩИХ ПОКРЫТИЙ

*Студенты – Белявская А. В., 4 мс, 4 курс, ИТФ;
Тумелевич Л.Ю., 21 тс, 5 курс, ФТС*

*Научный руководитель – Протасевич В.А., к.т.н., доцент
УО «Белорусский государственный аграрный технический
университет», г. Минск, Республика Беларусь*

Современная технология газотермического напыления непрерывно развивается по пути совершенствования оборудования, позволяющего получать ранее недостижимые режимы напыления, обеспечивающие создание покрытий с уникальными свойствами. Процесс высокоскоростного газопламенного напыления HVOF был изобретен в 1958 в компании: Union Carbide [1], но впервые был применен только в 1980-х годах, после того, как James Browning изобрел установку для высокоскоростного напыления, а в 1992 он запатентовал метод HVOF, как более дешевую альтернативу HVOF.[3]

Системы высокоскоростного газопламенного напыления делятся по типу оборудования на системы керосин-кислород (HVOF, High Velocity Oxygen Fuel) и системы пропан-воздух (HVOF, High Velocity Air Fuel). С помощью высокоскоростного напыления наносятся покрытия из карбидов вольфрама, хрома, никель- кобальт-

и железно-базированных порошков, MeCrAlY .

Технология широко применяется для создания твердосплавных покрытий как экологически чистая и более гибкая замена гальванического хромирования, химико-термической обработки для защиты от коррозии и износа плунжеров, штоков компрессоров и запорной арматуры, шиберов, каландровых валов, деталей бурового и нефтедобывающего оборудования, авиационной техники. Технология также применяется для создания подслоя при создании термобарьерных покрытий деталей газотурбинных двигателей.

Типичные материалы, применяемые при напылении – карбиды, MCrAlY , сплавы никеля и железа.

С целью разработки передового оборудования для газотермического напыления изобретатель AC-HVAF процесса президент, технический лидер известной фирмы Uniqucoat Technologies James Browning в 2006 году основал новую компанию Solid Spray Technologies, где и продолжает развивать направление по высокоскоростному напылению нерасплавленных частиц. Solid Spray Technologies, LLC является разработчиком и производителем современного оборудования для газотермического напыления, и расположена в Ойлвилле, Виржиния, США. Основываясь на десятилетиях опыта в этой области, компания превратилась в №1 поставщика AC-HVAF оборудования в мире. AC-HVAF система была создана для нанесения всех стандартных HVOF материалов с более высоким качеством и производительностью, в то же время устраняя трудности, связанные с внедрением HVOF систем, такие как потребление большого количества кислорода, водяное охлаждение и т.д. AC-HVAF системы нашли свое применение во многих странах. Потребители этой продукции указывают на большую эффективность этого оборудования в сравнении с базовыми HVOF системами, такими как K2 (GTV), JP8000 (Praxair), DJ2700/2700 (Sulzer-Metco).

AC-HVAF это процесс порошкового высокоскоростного газотермического напыления, в котором используется энергия сгорания топливно-воздушной смеси. Процесс позволяет наносить высококачественные покрытия из металлов, сплавов, металлокерамики и боридов на металлические поверхности. Материал покрытия в форме сплава или композитного порошка подается в устройство для его нагрева и ускорения. Смесь горючего газа (пропана, пропан-бутана,

пропилена, природного газа) сжигается в каталитической камере сгорания пистолета генерируя высокоскоростную струю продуктов сгорания. Напыляемый порошок нагревается в камере сгорания и ускоряется в струе, формируя покрытие при ударе частиц о подложку. Поскольку температура сгорания топливо-воздушных смесей гораздо ниже, чем топливо-кислородных смесей, становится возможным точно нагревать напыляемый порошок до нужной температуры, желательнее несколько градусов ниже точки плавления материала, формируя покрытие из частиц находящихся в пластичном состоянии. AC-HVAF пистолет ускоряет частицы порошка до очень высоких скоростей порядка 700-800 м/с. Это важно для получения высокоплотных покрытий с высокой прочностью сцепления с материалом подложки. Точное регулирование температуры частиц и поддержание ее ниже температуры плавления материала, а также очень высокие скорости соударения частиц с подложкой, являются очень важными отличительными характеристиками AC-HVAF процесса.

Хотя ускоряющая струя AC-HVAF процесса во многом напоминает струю HP-HVOF пистолета, между ними существуют существенные различия, создающие уникальность AC-HVAF процесса. 1- размер струи; 2- ее относительно низкая температура.

Диаметр потока напыляемых частиц обычно составляет 3-5 мм. Учитывая размеры самой струи, это означает, что все частицы нагретого порошка до момента соударения с подложкой находятся в восстановительной атмосфере, то есть происходит минимальное окисление напыляемого материала. По этому показателю процесс очень близок к процессу холодного напыления.

AC-HVAF оборудование включает систему управления с пистолетом PHAU-M2, питатель порошкового материала PFU-100, все необходимые контрольные кабели и шланги, а также вспомогательное оборудование, такое как испаритель пропана, тепловые одеяла. Система исключительно надежна и проста в управлении, и может наносить все HVOF порошковые материалы. Её преимущества: 1. Исключительное качество покрытия. 2. Простота использования. 3. Уникальная надежность. 4. Лидер в производительности и низкой себестоимости напыления

Пистолет для напыления PHAU-M2 имеет простую, надежную и проверенную временем конструкцию. Пистолет работает на пропа-

не (пропан-бутане, пропилене, МАФ-газе, природном газе) и сжатом воздухе. Пистолет может напылять металлы, металлические сплавы и металло-керамические порошки.

Особенности пистолета: 1. Высокое качество покрытий; 2. Скорость частиц 700-800 м/с; 3. Осевой ввод порошка в камеру сгорания; 4. Воздушное охлаждение при ПВ 100%; 5. Мгновенный старт/стоп; 6. Незалипающие частицами порошка сопла; 7. Набор сопел для разных материалов; 8. Низкий расход запасных частей; 9. Простая и надежная конструкция.

Камеры для напыления используются не только для предохранения цеха от интенсивного шума, пыли, паров напыляемого материала, и ультрафиолетового излучения, генерируемых в процессе работы газотермического оборудования, но и в качестве барьера для предохранения оператора от возможных травм от удара движущимися частями робота.

Порошковый питатель PFU-100 имеет большой объем канистры и обеспечивает большую подачу порошка необходимую для полного использования возможностей PNAU-M2 пистолета. Питатель может также использоваться в других процессах газотермического напыления: плазменном, HVOF, холодном и газоплазменном напылении. Питатель не имеет пластиковых изнашивающихся уплотнений, что делает его весьма надежным, он может работать годы без необходимости в запасных частях и обслуживании.

Можно выделить следующие преимущества АС-HVAF процесса перед HVOF и другими процессами: 1. Остаточные напряжения. Напыление высокоскоростными пластичными частицами вместо расплавленных ведет к образованию напряжений сжатия в покрытии, или существенному снижению напряжений растяжения. 2. Уменьшение окисления частиц в покрытии. Низкая температура струи АС-HVAF процесса позволяет избежать перегрева частиц характерного для HVOF, плазменного, дугового и детонационного процессов. 3. Постоянство свойств покрытий. Ускоренные до высокой скорости частицы обладая дробеструйным эффектом, удаляют частицы, плохо сцепленные с подложкой, устраняя источник возможных дефектов в покрытии.

АС-HVAF системы завоевали репутацию за счет исключительного качества покрытий, простоты управления и технического обслуживания, надежности и очень высокой производительности.

Применение этих систем в машиностроении позволит повысить ресурс отдельных быстроизнашивающихся деталей и соответственно, улучшить надежность сельскохозяйственной техники в целом.

Список использованных источников

1. Газотермическое напыление кол. авторов; под общей ред. Л.Х. Балдаева учебное пособие М.:Маркет ДС.
2. Описание технологии HVOF [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.svarkainfo.ru/rus/lib/blog/?year=2008-04&docId=329> – дата доступа: 25.04.2016.
3. Handbook of thermal spray technology. U.S. Patent 5120582.

УДК 621.941

ПОВЫШЕНИЕ ТОЧНОСТИ ОБРАБОТКИ НЕЖЕСТКИХ ДЕТАЛЕЙ

*Студент – Святогор В.С., 4 мс, 4 курс, ИТФ
Потапенко А.И., 20 тс, 5 курс ФТС*

*Научные руководители – Протасевич В.А., к.т.н., доцент
УО «Белорусский государственный аграрный технический
университет», г. Минск, Республика Беларусь;*

*Ивашин Э.Я., к.т.н., доцент
УО «Белорусский национальный технический университет»,
г. Минск, Республика Беларусь*

В настоящее время получили распространение методы управления точностью в процессе механической обработки, осуществляемые системами автоматического регулирования, принципиальная схема которых состоит из задатчика с отсчетным устройством, датчика, сравнивающего устройства, усилителя, исполнительного механизма и контрольного прибора. Задатчик задает некоторую величину упругого перемещения в виде изменяющейся непрерывно по определенному закону или дискретной величины. Датчик в процессе обработки измеряет фактическую величину и подает ее на сравнивающее устройство совместно с заданной величиной. Полученное рассогласование сначала усиливается и подается на исполнительный механизм, приводящий к равенству заданной величины с фактической, в результате чего рассогласование снижается до нуля [1].