

абразивом), электроискрового, электродугового разряда и т.д. Такой поток энергии может быть дополнительным источником воздействия на материал заготовки в схемах обработки резанием (комбинированная обработка) с целью улучшения его обрабатываемости или основным источником воздействия (газопламенная, плазменная, лазерная, гидроабразивная резка и т.д.).

С использованием изложенных принципов интенсификации процессов обработки разработаны реализованные в промышленности технологии формообразования различных поверхностей (некруглых цилиндрических, винтовых, с зубчатым контуром и др.), позволившие освоить производство импортозамещающих изделий [1, 2].

1. Конструирование и оснащение технологических комплексов / А.М. Русецкий [и др.]; под общ. ред. А.М. Русецкого. – Минск: Беларус. навука, 2014. – 316 с.
2. Данилов, В.А. Прогрессивные технологии формообразования торцовых зубчатых контуров деталей машин / В.А. Данилов, Р.А. Киселев, О.В. Яловский. – Новополоцк: УО ПГУ, 2015. – 220 с.

УДК 621.793 : 621.365

ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ПЛАЗМЕННОГО НАПЫЛЕНИЯ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ И ОКСИДНЫХ ПОКРЫТИЙ НА ИЗДЕЛИЯ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОГО И МЕДИЦИНСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВВОДА УГЛЕВОДОРОДНЫХ ДОБАВОК

Девойно О.Г., Поляков А.Н., Володько А.С., Горбунов А.В.

Белорусский национальный технический университет

Минск, Республика Беларусь

Мировой рынок промышленного газотермического напыления покрытий оценивался по состоянию на конец 2010-ых годов приблизительно в 10 млрд долларов и к 2027 году он, как ожидается, вырастет до 26 млрд; причем за последние годы в технологиях газотермического напыления покрытий группа плазменного напыления (в первую очередь это напыление при атмосферном давлении – APS, atmospheric plasma spraying) занимает в ряде крупных стран долю рынка до 30%. Одним из направлений совершенствования APS-технологий для современных функциональных керамических покрытий (применяемых в машиностроении, металлургии, энергетике, химической, авиационной и оборонной промышленности и других отраслях) является оптимизация условий тепломассообмена порошка с плазменной струей, в частности, за счет улучшения работы электродуговых плазмотронов (ЭДП) по их температурно-скоростным параметрам и по составу плазмообразующих газов. В данной группе технологий в последнее время появилась новая

подгруппа - с применением углеводородов в плазмотронах (условно - FA-APS, fuel assisted APS), в частности, с использованием синтез-газа на основе смесей H_2 с CO , а также плазмы продуктов сгорания, как плазмообразующих сред. Данного типа плазменно-топливную разновидность напыления целесообразно, на наш взгляд, ориентировать на применение в первую очередь для получения таких функциональных покрытий, как: а) износостойкие покрытия деталей машиностроительной номенклатуры на основе оксидов, в первую очередь оксида алюминия, как наиболее востребуемые за последние годы по сочетанию достигнутого уровня технико-экономических показателей для предприятий реального сектора, в частности, энергетического и нефтедобывающего оборудования, в т.ч. в РБ и в ближнем зарубежье; б) антисептические и антибактериальные покрытия на основе сплавов меди для ряда изделий (фурнитуры, аксессуаров) в медицинских учреждениях.

Как цель данной работы нами выбрана модернизация/интенсификация процесса плазменного напыления металлических и других функциональных (износостойких и антимикробных) покрытий на изделия машиностроительного и медицинского назначения, за счет введения высококалорийных углеводородных добавок в аппарат напыления.

Для проведения экспериментального исследования нами, с учетом доступности использования на предприятиях РБ газовых топлив, был принят как базовый вариант ПТС с вводом технического пропан-бутана (см. схему на рис.1). Была проведена разработка и изготовление двух видов топливного интенсификатора варьируемой геометрии, состыковываемого с электродуговым плазмотроном ПП-25 мощностью до 40 кВт, а также дополнительной оснастки (кожуха) для аппарата напыления, способствующей повышению энергетического КПД установки и защите металлических порошков при напылении от окружающей атмосферы.

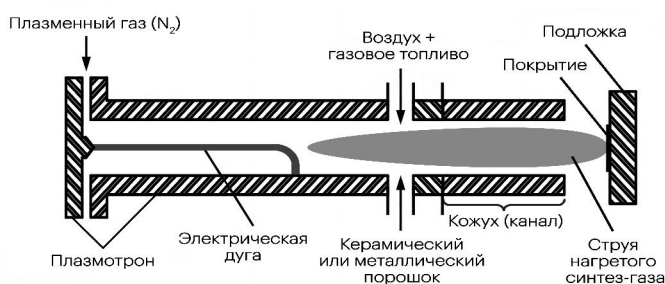


Рис. 1. Схема разрабатываемой плазменно-топливной системы (ПТС) с плазменной струей и вводом углеводородов и с подачей порошков для нанесения покрытия на металлические детали

Была проведена серия экспериментов с определением режимных и конструктивных параметров плазменно-топливной системы для напыления оксидных и металлических материалов на образцы, для определения оптимизированных режимов. На рис. 2 приведены фотографии работы аппарата напыления в режимах напыления данных материалов. Исследование позволило подобрать оптимальную конструкцию ПТС, в т.ч. угол ввода топливно-воздушной смеси в плазменную струю ~ 25 градусов, что обеспечивает формирование на выходе потока газовой или газодисперсной смеси (в режимах

с вводом порошка) из кожуха приемлемую «фокусировку» и пониженную турбулентность потока, способствующую высокой скорости напыляемых частиц перед подложкой. Для образцов полученных покрытий толщиной от 80 до 450 мкм из трех вариантов порошковых материалов: промышленный Al_2O_3 российского производства (по ТУ 6-09-426-75, фракция 40-60 мкм); промышленных бронзового порошка ПГ-19М-01 и порошка сплава на никелевой основе ПГСР4 по ГОСТ 21448-75 (для обеих фракция 40-100 мкм), было проведено тестирование некоторых механических и функциональных параметров покрытий на пластинчатых изделиях из Стали 30, толщина 5 мм, показавшее возможность применения покрытий для изделий машиностроительного и медицинского назначения. Для функционального применения покрытий, например, из медных сплавов на изделиях медицинского назначения по литературным данным достаточно толщины не более 100 мкм. Исследованиями зарубежных специалистов установлено, что подобные бронзовые покрытия обеспечивают долговечные поверхности с антибактериальными свойствами, соответствующие санитарно-гигиеническим требованиям.

Исследование показало, что напыление целесообразно вести на плазменной установке типа УПУ-3Д или аналогичных, с использованием вспомогательного оборудования (разработки НИПИ БНТУ), обеспечивающего возможность гибкого использования возможностей предлагаемого плазменно-топливного варианта напыления. Набор предпочтительных режимных параметров процесса приведен в Таблице.



(А)



(Б)

Рис. 2. Фотографии вариантов работы ПТС на основе плазмотрона с топливным интенсификатором в ходе исследования без присоединения вспомогательного кожуха – в режиме с вводом металлического (ПГ-19М-01) порошка (А) и с вводом порошка Al_2O_3 (Б) при напылении на стальные подложки

Таблица. Оптимальные режимные параметры изученного процесса напыления

Наименование показателя режима напыления	Единица измерения	Величина показателя
1. Напряжение дуги плазмотрона	В	90...95
2. Ток дугового разряда в плазмотроне	А	300...420
3. Расход плазмообразующего газа (N ₂)	л/мин	50...65
4. Расход транспортирующего порошок газа (N ₂)	л/мин	7...12
5. Расход газа в топливный интенсификатор (пропан-бутана) -регулируется в зависимости от напыляемого порошка для получения нужной рабочей среды (окислительной или иной)	л/мин	2,5...8
6. Расход окислителя в топливный интенсификатор (сжатого воздуха низкого давления)	л/мин	60...80
7. Дистанция напыления от выхода из топливного интенсификатора до детали	мм	170...250

Выводы. Полученные экспериментальные данные показали, что исследованный вид плазменно-топливного процесса напыления может в оптимальных режимах обеспечивать повышенный уровень выходных параметров по сравнению с аналогичными технологиями, в т.ч. производительность до 7,0 кг/ч по Al₂O₃- порошковому сырью и до 15,0 кг/ч по порошку алюминиевой бронзы при использовании умеренной мощности плазмотрона, работающего на азоте (плазмообразующем газе) – до 35-40 кВт и при ограниченном расходе вводимого углеводородного газа (в использованном нами варианте – технического пропан-бутана марки СПБТ) – 0,1-0,35 кг/ч. Полученные данные могут быть положены в основу новой технологии напыления, с использованием вспомогательного топлива, на базе аппарата нашей конструкции, - которая по результатам проведенного обзора является патентоспособной, в частности, применительно к получению металлических покрытий из порошковых материалов на основе медных и никелевых сплавов.