



УДК 621.793.74

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПЛАЗМЕННО-ДУГОВОГО ПРОВОЛОЧНОГО НАПЫЛЕНИЯ

И.П. ГУЛЯЕВ^{1,2}, П.Ю. ГУЛЯЕВ², В.Н. КОРЖИК³, А.В. ДОЛМАТОВ², В.И. ИОРДАН^{1,4},
И.В. КРИВЦУН³, М.Ю. ХАРЛАМОВ³, А.И. ДЕМЬЯНОВ³

¹Ин-т теоретической и прикладной механики им. С.А. Христиановича СО РАН.
630090, г. Новосибирск, ул. Институтская, 4/1. E-mail: admin@itam.nsc.ru

²Югорский гос. ун-т. 628012, Тюменская обл., г. Ханты-Мансийск, ул. Чехова, 16. E-mail: ugrasu@ugrasu.ru

³ИЭС им. Е.О. Патона НАН Украины. 03680, г. Киев, ул. Боженко, 11. E-mail: office@paton.kiev.ua

⁴Алтайский гос. ун-т. 656049, Алтайский край, г. Барнаул, пр-т Ленина, 61.

На пути развития фундаментальных представлений в области газотермического напыления и получения новых экспериментальных данных, в частности, о плазменно-дуговом проволочном напылении, важную роль приобретает применение современных диагностических систем. На основе камеры технического зрения и цифрового спектрометра предложен программно-аппаратный комплекс для экспериментального изучения процесса плазменно-дугового проволочного напыления покрытий. Разработана методика проведения экспериментальных исследований данного процесса. Представлены результаты измерения скорости и температуры частиц дисперсной фазы, а также видео регистрации наиболее характерных этапов плазменно-дугового напыления, включая срыв капель с распыляемой проволоки и их дробление в плазменном потоке. Изучено распределение напыляемых частиц по размерам и проанализировано его влияние на возможности температурных измерений. Экспериментальные данные, полученные в работе, подтвердили теоретические представления о типах течения и распада струи расплавленного металла проволоки, а также сценариях дробления капель в плазменной струе. Библиогр. 18, рис. 11.

Ключевые слова: газотермическое напыление, плазменно-дуговое проволочное напыление, программно-аппаратный комплекс, плазменный поток, дисперсная фаза, формирование капель жидкого металла, измерение температуры частиц, визуализация процесса, спектральный анализ

Развитие способов газотермического напыления покрытий напрямую связано с проведением всесторонних исследований физических и химических процессов, протекающих при напылении. При этом важнейшее значение имеют именно экспериментальные методы исследований, которые являются источником качественных и количественных данных, способствуют развитию фундаментальных представлений о процессах газотермического напыления, а также являются методом верификации теоретических подходов и математических моделей. Особую важность эксперименты приобретают при исследовании новых, мало изученных способов, таких, например, как плазменно-дуговое проволочное напыление [1]. Ключевой особенностью данного способа является тот факт, что в плазменный поток попадают уже полностью расплавленные металлические частицы, в отличие, например, от процессов порошкового напыления, при которых в поток газа или плазмы вводятся частицы порошка, находящиеся в твердом состоянии [2]. Очевидно, что тепловое и динамическое взаимодействие дисперсной фазы с несущим потоком существенно

различается в случаях проволочного и порошкового напыления, что имеет непосредственное влияние на структуру и свойства получаемых покрытий. В частности, крупные капли расплавленного металла, движущиеся в высокоскоростном плазменном потоке, деформируются, в них возникает внутреннее движение, приводящее к их дроблению с формированием более мелких фрагментов [3]. И если феноменология процессов порошкового напыления изучена сравнительно подробно, то экспериментальные данные о плазменно-дуговом проволочном напылении на сегодняшний день практически отсутствуют, что и определяет актуальность настоящей работы.

Все широко применяемые в настоящее время системы измерения температуры и скорости частиц в газотермических потоках — DPV, Accuraspray (Tecnar, Канада), Spectraviz (Stratronics, США), SprayWatch (Oseir, Финляндия) — основаны на реализации способов двухцветовой пирометрии и времяпролетного метода в том или ином виде [4, 5]. Кроме того, часто для измерения скорости применяются методы PIV (Particle Image Velocimetry) [6] и ЛДА (лазерно-доплеровской анемометрии)

© И.П. Гуляев, П.Ю. Гуляев, В.Н. Коржик, А.В. Долматов, В.И. Иордан, И.В. Кривцун, М.Ю. Харламов, А.И. Демьянов, 2015



[7]. Высокий потенциал для развития диагностических систем имеют камеры на основе высокочувствительных ПЗС- и КМОП-матриц, позволяющих регистрировать пространственное распределение частиц с одновременным измерением их скорости и температуры. Оснащение такой системы каналом регистрации спектра оптического излучения гетерофазного потока позволит повысить надежность и точность температурных измерений.

В рамках данной работы решалась задача создания и апробации измерительного комплекса, позволяющего, во-первых, визуализировать процесс формирования и дробления капель жидкого металла в условиях плазменно-дугового проволочного напыления, и, во-вторых, осуществить измерение скоростных и температурных характеристик частиц конденсированной фазы [8, 9].

Исследования проводились на установке плазменно-дугового напыления покрытий PLAZER 30-PL-W с токоведущей проволокой. Данная установка предназначена для нанесения износостойких, коррозионностойких и специальных покрытий, восстановления изношенных деталей машин путем напыления электропроводящих материалов, изготовленных в виде порошковых и компактных проволок диаметром 1,6...2,0 мм [1]. Общий вид и схема экспериментального комплекса представлены на рис. 1.

В качестве плазмообразующего газа использовался аргон, для обжатия плазменной струи — сжатый воздух. Производилось распыление сплошной проволоки из низкоуглеродистой стали СВ08 в режиме: ток дуги 220 А, напряжение на дуге 65...70 В, расход аргона 28 л/мин, расход воздуха 330 л/мин, скорость подачи проволоки 14,7 м/мин, диаметр проволоки 1,6 мм и межэлектродное расстояние 9 мм. Плазмотрон и устройство подачи проволоки размещались в напылительном боксе (см. рис. 1, а), рядом с которым монтировалось измерительное оборудование.

Для исследования динамических и тепловых характеристик частиц конденсированной фазы при плазменно-дуговом напылении в экспериментальный комплекс были интегрированы: камера HD1-1312-1082-G2 (Photon Focus, Швейцария), цифровой спектрометр LR1-T (ASEQ Instruments, Канада). Для обработки данных использовалась среда MATLAB, обладающая мощными средствами преобразования многомерных сигналов на основе технологии параллельных вычислений. Монохромная цифровая камера HD1-1312-1082-G2 построена на основе КМОП-матрицы размером 1312×1082 фотоэлементов с диапазоном спектральной чувствительности 400...1000 нм. Сигнал ее сенсора представлен 12-разрядным цифровым кодом, а интерфейс позволяет в режиме реального времени передавать полноформатные данные в компьютер на скорости 55 кадров в секунду. Длительность экспозиции кадра варьировалось в пределах 10 мкс...10 мс. Драйвер камеры поддерживает стандартный интерфейс среды MATLAB и дает возможность использовать ее в качестве источника при конвейерной обработке данных. Для проведения тепловизионных исследований в оптический канал камеры HD1-1312-1082-G2 добавлен полосовой светофильтр SL-575-50 (ООО «Фотооптик», г. Обнинск, РФ) с центральной длиной волны 575 нм и шириной полосы 50 нм (FWHM), а также выполнена коррекция неоднородности сигнала ее сенсора и калибровка на автоматизированном стенде, состав и методика функционирования которого описаны в работе [10].

Цифровой спектрометр LR1-T исполнен по схеме Черни–Тернера и имеет линейный ПЗС датчик с 3648 фотоэлементами размера 8×200 мкм, термоэлектрический охладитель до температуры –35 °С и обеспечивает измерения в спектральном диапазоне 200...1100 нм. Цифровые данные спектрометра представлены 16-разрядным цифровым кодом и передаются в компьютер по интерфейсу USB 2.0. Приемный объектив фокусировал изображение струи на торец оптоволоконна диаметром

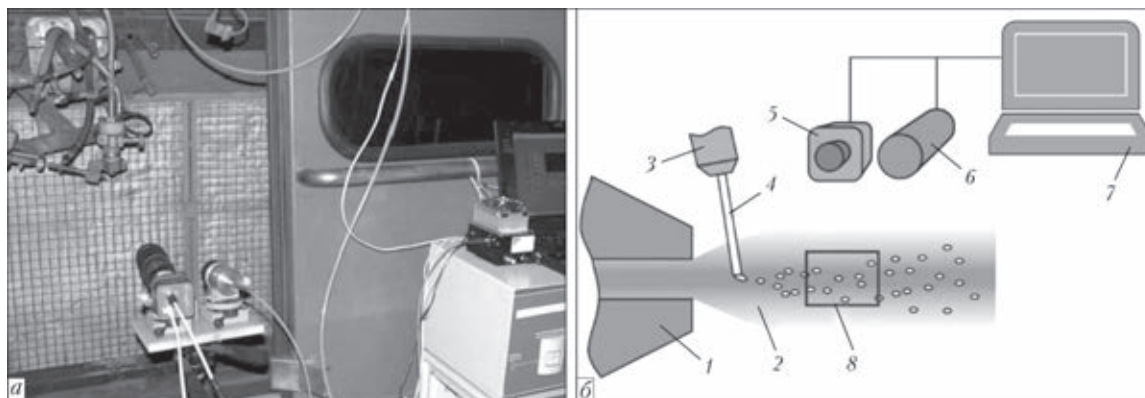


Рис. 1. Общий вид (а) и структура (б) диагностического комплекса для исследования процессов плазменно-дугового проволочного напыления: 1 — плазмотрон; 2 — плазменная струя; 3 — мунштук; 4 — распыляемая проволока; 5 — камера; 6 — фотоспектрометр; 7 — компьютер; 8 — измерительный объем

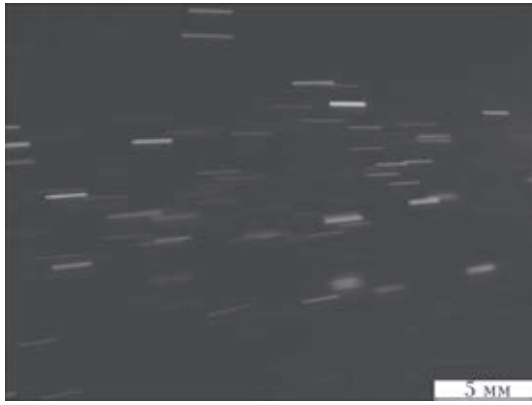


Рис. 2. Исходный кадр с изображениями треков частиц напыляемого материала в сечениях струи $z = 40 \dots 70$ мм от среза сопла

200 мкм, по которому излучение попадало на входную щель прибора. Время экспозиции спектрометра варьировалось в пределах 10...100 мс. С целью интеграции спектрометра в среду MATLAB разработан М-класс объектов aSpectr, который представляет его в виде виртуального прибора с набором свойств и способов. Измерение температуры спектральным методом проводилось по непрерывной (тепловой) компоненте спектра, свободной от линейчатого и полосатого излучения атомов и молекул, в диапазоне 550...600 нм. Для этого предварительно была выполнена коррекция неоднородности сигнала датчика с помощью автоматизированного стенда и методики, которые описаны в работе [11].

Камера и призмный объектив спектрометра фиксировались на платформе, так что их взаимное расположение оставалось неизменным (рис. 1), а струя находилась в фокусной плоскости обеих оптических систем. Область визирования камеры охватывала участок струи (измерительный объем), размеры которого варьировались от 29×24 до 68×56 мм². Область визирования спектрометра представляла круг диаметром 10 мм, расположенный в центре кадра камеры. В начальной области съемки — вблизи места привязки электрической дуги к распыляемой проволоке, производилась регистрация ее плавления, срыва и дробления капель расплавленного металла в плазменном потоке. Из-за сильного излучения плазмы в этой области температурные измерения не проводились.

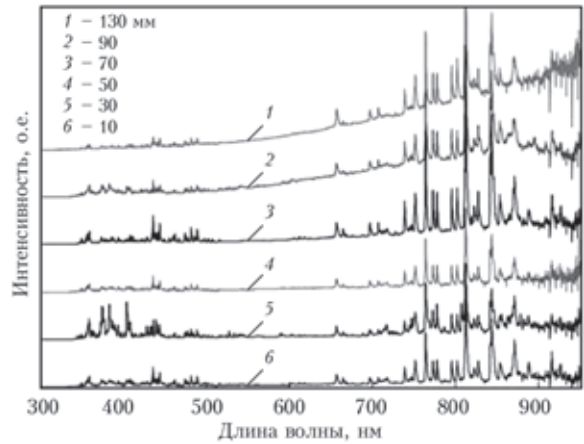


Рис. 3. Спектры излучения плазменной струи на различных расстояниях от среза сопла

Далее платформа с камерой и объективом спектрометра сдвигалась вдоль плазменной струи, обеспечивая последовательное перекрытие областей измерения температуры и скорости частиц.

На рис. 2 представлен исходный (необработанный) кадр плазменной струи с треками частиц. Для каждого кадра видеопотока строилась маска и проводился морфологический анализ, в ходе которого выполнялось его разделение на объекты, соответствующие отдельным вероятным трекам. Каждый выделенный объект подвергался анализу, направленному на определение видимого диаметра частицы, длины трека, координат его центра, ориентации, яркости. Чтобы исключить объекты соответствующие «склеякам» треков, осуществлялась фильтрация по длине, диаметру и отношению максимальной к средней яркости [12].

На рис. 3 изображены спектры излучения плазменной струи, зарегистрированные на расстояниях от среза сопла плазматрона $z = 10 \dots 130$ мм. Используя полученные данные, был выбран спектральный диапазон 550...600 нм, свободный от собственного излучения плазмы, для измерений температуры яркостным (камера) и спектральным методами. Для нахождения температурного распределения частиц использовался новый подход, суть которого состоит в регистрации при помощи фотоспектрометра суммарного излучения ансамбля частиц, пролетевших измерительный объем за время экспозиции прибора, с последующим вос-



Рис. 4. Визуализация срыва капель с конца распыляемой проволоки: *а* — струйное течение металла; *б* — формирование близких по размерам капель; *в* — формирование капель, значительно отличающихся по размерам



становлением температурного распределения частиц математическим способом [13, 14].

Одной из наиболее важных задач исследования являлась визуализация процесса формирования расплава и срыва капель с конца распыляемой проволоки, а также движения и дробления частиц на начальном участке струи.

Ранее путем математического моделирования [15] было установлено, что при плазменно-дуговом напылении могут существовать три типа течения и распада струи расплавленного металла проволоки: струйное течение металла, формирование практически одинаковых по размеру капель и, наконец, формирование капель, значительно отличающихся по размерам. Снимки, приведенные на рис. 4, в полной мере соответствуют данным выводам. Так, анализ снимков показывает, что при оптимальном режиме напыления (рис. 4, б) образующийся на конце распыляемой проволоки расплав вытягивается в струйку длиной 3...4 мм, которая распадается затем на практически одинаковые по размеру капли диаметром 650...700 мкм. При переходных режимах работы установки (включение, настройка тока дуги, расхода газа или скорости подачи проволоки) может наблюдаться струйное течение расплавленного металла без осуществле-

ния фактического распыления, как показано на рис. 4, а, где длина струйки составляет 11...12 мм. И, наконец, на рис. 4, в показан режим распыления с формированием капель, значительно отличающихся по размерам, который может наблюдаться при неверно подобранной скорости подачи проволоки. В этом случае происходят периодические изменения длины формируемой струйки металла и, соответственно, размера срывающихся капель. Причем срыв крупных капель (~ 900 мкм и более) сопровождается формированием более мелких капель-сателлитов (~ 100 мкм).

Полученные экспериментальные результаты показывают, что практически сразу после срыва с конца проволоки первичные капли начинают интенсивно дробиться, этот процесс проходит в области 50...60 мм от конца распыляемой проволоки. При этом, в условиях плазменно-дугового напыления характерны следующие типы дробления капель (см. рис. 5): дробление на несколько крупных капель, дробления по типу «парашют» и «парашют» со струйкой [3]. В частности, на рис. 5, а запечатлен момент, предшествующий дроблению крупной капли на два более мелких фрагмента. Рис. 5, б иллюстрирует момент разлета фрагментов при дроблении по типу «парашют»: формируется множество мелких капель при разрушении выдуваемого «мешка», а также более крупные капли — при разрушении тора.

Для измерения размеров напыляемых частиц производили их закалку в контейнере с водой на дистанции 200 мм от сопла плазматрона. Полученный порошок был исследован на лазерно-дифракционном измерителе размеров частиц LS13 320 (Beckman Coulter, США), результаты представлены на рис. 6. Спектр размеров частиц материала очень широк — от 400 нм до 400 мкм, что объясняется активным дроблением и испарением жидких частиц в начальной области плазменной струи. Подавляющее число частиц имеет малые размеры (менее 2...3 мкм), и, в то же время

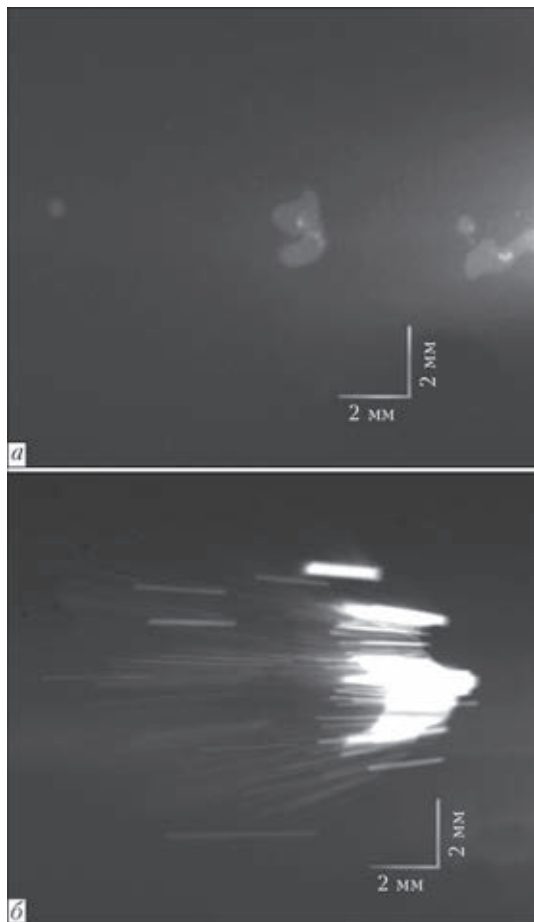


Рис. 5. Дробление капель расплавленного металла в потоке плазмы: а — дробление на несколько крупных капель; б — по типу «парашют»

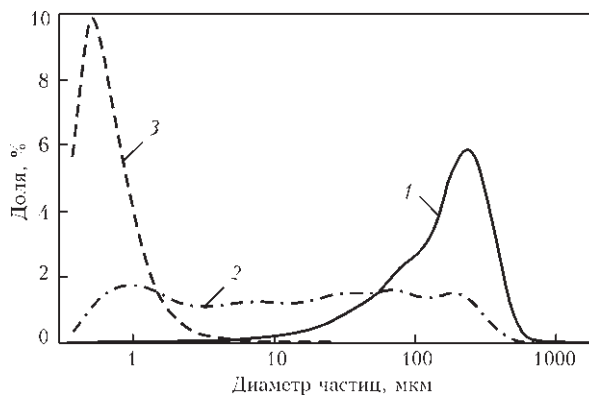


Рис. 6. Распределение частиц напыляемого материала по размерам: 1 — масса частиц; 2 — площадь частиц; 3 — число частиц

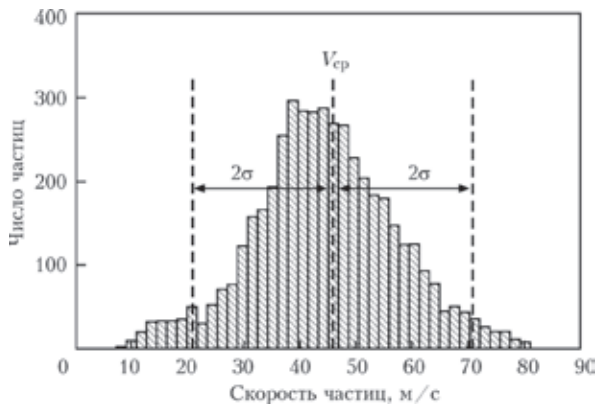


Рис. 7. Распределение скоростей частиц в сечении струи $z = 160$ мм

их массовая доля пренебрежимо мала. С практической точки зрения важно отметить два существенных факта: 1) основную массу частиц материала, формирующих покрытие, представляют капли размером 50...400 мкм; 2) суммарная площадь поверхности частиц равномерно распределена среди капель с размерами от 500 нм до 200 мкм, так что в общий спектр теплового излучения частиц основной вклад будут вносить частицы мелких фракций, имеющие наиболее высокую температуру.

По результатам измерения скорости и температуры индивидуальных частиц были восстановлены локальные распределения данных параметров по объему струи. Полный объем выборки составил 60 тысяч идентифицированных объектов. Для примера на рис. 7 и 8 показаны статистические гистограммы распределения скорости и температуры частиц в сечении струи $z = 160$ мм от среза сопла. Пунктирными линиями обозначены средние значения величин V_{cp} и T_{cp} , а также границы диапазонов $V_{cp} \pm 2\sigma$ и $T_{cp} \pm 2\sigma$, где σ — стандартное отклонение соответствующей величины от среднего.

На рис. 9 показано изменение средней скорости частиц V_{cp} при движении вдоль струи. Можно отметить, что на дистанциях 100...160 мм от сопла значение V_{cp} выходит на постоянный уровень 45...50

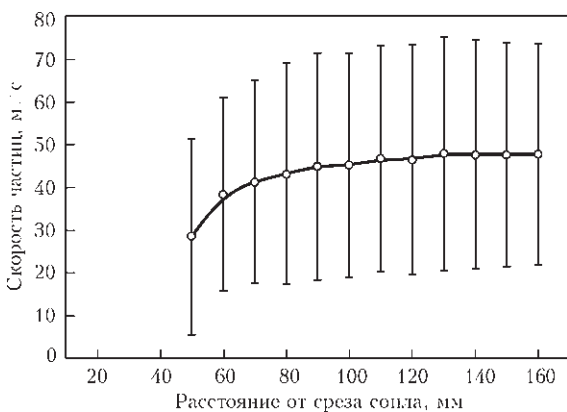


Рис. 9. Значения средней скорости частиц в различных сечениях струи

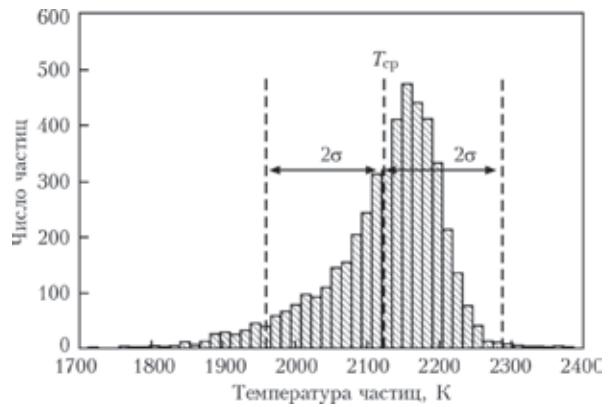


Рис. 8. Распределение температур частиц в сечении $z = 160$ мм

м/с. При этом разброс скоростей частиц довольно велик: величина 2σ равняется 22...25 м/с, что составляет половину от среднего значения V_{cp} . Это связано с широким диапазоном размеров частиц, формируемых в условиях плазменно-дугового проволочного напыления.

На рис. 10 приведены результаты измерения температуры частиц в различных сечениях струи, полученные яркостным (камера) и спектральным методами. Как видно, полученные значения температуры значительно отличаются, что имеет следующее объяснение. Применяемый алгоритм обработки видеок кадров исключает распознавание частиц, изображение которых имеет субмикроскопический размер. При выбранной разрешающей способности видеосистемы 51,9 мкм/пиксел это означает, что идентифицируются только частицы крупнее 50 мкм. Таким образом, температуры дисперсной фазы, измеренные яркостным методом, соответствуют именно тем крупным частицам, которые в основном формируют покрытие. Как видно, вдоль дистанции напыления средняя температура частиц медленно увеличивается (от 2000 до 2130 К). Это связано с тем, что в отличие от порошкового напыления, начальная температура каплей сразу превышает температуру плавления материала и составляет 1700...1800 К.

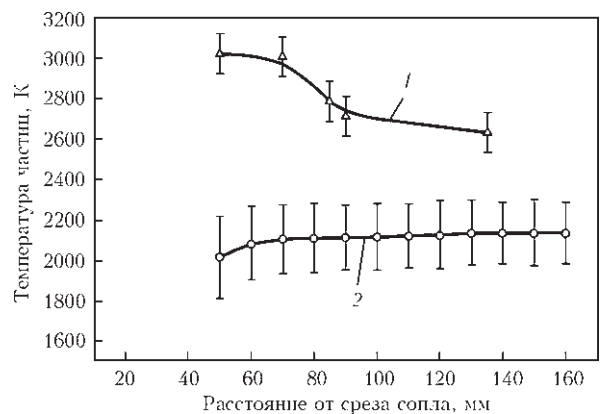


Рис. 10. Значения средней температуры частиц в различных сечениях струи: 1 — спектральные измерения; 2 — яркостные измерения

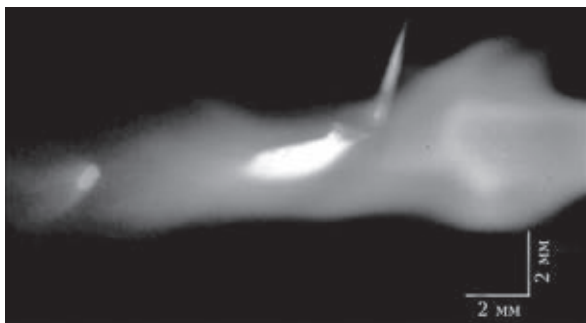


Рис. 11. Визуализация процесса испарения материала с поверхности капель, сорвавшихся с распыляемой проволоки

С другой стороны, при наличии неоднородного температурного поля в области наблюдения спектральный метод всегда дает результат, близкий к максимальной температуре в распределении [16]. Очевидно, что в начальной области струи максимальную температуру будут иметь частицы с наименьшим размером, которые быстро нагреваются несущим плазменным потоком. Характерное время прогрева частицы имеет порядок $\tau \sim d^2/a$, где d — ее диаметр, a — температуропроводность ее материала, что, например, для стальной капли диаметром 1 мкм дает значение около 1 мкс. Учитывая, что такие мелкие частицы двигаются со скоростью порядка $v = 100$ м/с, можно считать их «тепловыми маркерами», температура которых равна локальной температуре плазменного потока в области размером $\delta = tv$, то есть около 100 мкм. Здесь уместно упомянуть, что подобный подход используется для измерения температуры пламени, в котором формируются ультрадисперсные частицы сажи, выступающие источником теплового излучения [17, 18].

На рис. 10 можно видеть, что температура частиц, измеряемая спектральным методом, монотонно снижается при удалении от среза сопла плазматрона. Ее максимальные значения на начальном участке не превышают температуры кипения стали (3000...3100 К), так как дальнейший перегрев материала требует больших тепловложений. Ввиду своей малой массы, ультрамелкие частицы выносятся расширяющимся плазменным потоком за пределы ядра струи, где температура плазмы снижается.

Интенсивное собственное излучение плазмы не позволило провести измерение температуры дисперсной фазы спектральным и яркостным методами в области привязки электрической дуги к распыляемой проволоке. Тем не менее, представляют интерес результаты визуализации этой области, приведенные на рис. 11. Можно видеть яркое излучение плазменного потока, наиболее горячий участок стальной проволоки — анодное пятно, а также отдельную каплю расплава, обтекаемую высокоскоростной плазменной струей.

Следует отметить отчетливый аэродинамический след вниз по потоку за каплей, который, вероятно, визуализируется за счет испарения материала. Таким образом, интенсивный нагрев частиц вплоть до температуры кипения материала происходит уже на расстояниях ~ 8 мм от распыляемой проволоки (~ 15 мм от среза сопла плазматрона).

Разработан экспериментальный комплекс для исследования процессов теплового и динамического взаимодействия жидких частиц с плазменным потоком в условиях плазменно-дугового проволочного напыления покрытий. Основу измерительного оборудования комплекса составляют камера HD1-1312-1082-G2 и спектрометр LR1-T. Тепловизионная система позволила визуализировать процессы формирования расплава, срыва металлических капель и их дальнейшего дробления, а также провести измерения скорости и температуры частиц вдоль дистанции напыления. Использование канала регистрации спектра излучения гетерофазной струи позволило обоснованно выбрать рабочий спектральный диапазон видеокамеры. Анализ распределения частиц материала по размерам показал, что измерения температуры спектральным методом отражают локальную температуру несущего плазменного потока. Экспериментальные данные подтвердили полученные ранее теоретические представления о типах течения и распада струи расплавленного металла проволоки, а также сценариях дробления капель в плазменной струе.

Работа выполнена в рамках совместного проекта РФФИ (№ 14-08-90428) и НАН Украины (№ 06-08-14).

1. *Технология* и оборудование для плазменно-дугового напыления для восстановления ответственных деталей железнодорожного транспорта / В.Н. Коржик, М.Ю. Харламов, С.В. Петров и др. // Вест. Восточноукр. национ. ун-та им. В. Даля. – 2011. – № 14. – С. 76–82.
2. Pawlowski L. Science and engineering of thermal spray coatings. – 2nd ed. – John Wiley & Sons, Ltd., 2008. – 656 p.
3. Нугматулин Р.И. Динамика многофазных сред. Ч. 1. – М.: Наука, 1987. – 464 с.
4. Comparison and applications of DPV-2000 and accurate-spray-g3 diagnostic systems/ G. Mauer, R. Vaßen, D. Stöver// J. of Thermal Spray Technology. – 2007. – V. 16(3). – P. 414–424.
5. NIR (Near-Infra-Red) Sensor – An alternative diagnostic tool for the online process control of thermal spray processes/ A. Schwenk, A. Wank, T. Wallendorf, S. Marke // Proc. of the Intern. Thermal Spray Conference, Singapore, 2010. – P. 120–123.
6. Marchand O., Bertrand G., Planche M.P. Particle image velocimetry diagnostics for suspension plasma spraying // Proc. of the Intern. Thermal Spray Conference, 2009. – P. 855–860.
7. Supervision and measuring of particle parameters during the wire-arc spraying process with the diagnostic systems Accuraspray-g3 and LDA (Laser-Doppler-Anemometry) / S. Zimmermann, E. Vogli, M. Kauffeldt et al. // J. of Thermal Spray Technology. – 2010. – V. 19(4). – P. 745–755.



8. Методы контроля температуры и скорости частиц конденсированной фазы в процессе плазменно-дугового напыления / М.П. Бороненко, И.П. Гуляев, П.Ю. Гуляев и др. // *Фундаментальные исследования*. – 2013. – 6, № 10. – С. 1194–1199.
9. Методы оптической диагностики частиц в высокотемпературных потоках / П.Ю. Гуляев, А.В. Долматов, В.А. Попов, Г.Н. Леонов // *Ползуновский вестник*. – 2012. – № 1/2. – С. 4–7.
10. Комплекс автоматизированной калибровки тепловизионной системы на базе MATLAB / А.В. Долматов, К.А. Ермаков, В.В. Лавриков, А.О. Маковеев // *Вест. Югорского гос. ун-та*. – 2012. – № 2 (25). – С. 59–63.
11. Долматов А.В., Гуляев И.П., Имамов Р.Р. Спектральный пирометр для контроля температуры в процессах термосинтеза // Там же. – 2014. – №2 (33). – С. 32–42.
12. Оценка скорости и температуры дисперсной фазы в струях плазменно-дугового напыления / М.П. Бороненко, И.П. Гуляев, П.Ю. Гуляев и др. // *Фундаментальные исследования*. – 2014. – 11(10). – С. 2135–2140.
13. Пат. 2383873 РФ. МПК G 01 J 3/30. Способ определения температурного распределения частиц конденсированной фазы в двухфазном плазменном потоке / И.П. Гуляев, О.П. Солоненко, А.В. Смирнов и др. – Опубл. 10.03.2010.
14. Gulyaev I.P., Ermakov K.A., Gulyaev P.Yu. New high-speed combination of spectroscopic and brightness pyrometry for studying particles temperature distribution in plasma jets // *European researcher*. – 2014. – № 3-2(71). – С. 564–570.
15. Kharlamov M.Yu., Krivtsun I.V., Korzyuk V.N. Dynamic model of the wire dispersion process in plasma-arc spraying // *J. Therm. Spray Technol.* – 2014. – 23(3). – P. 420–430.
16. Магунов А.Н. Спектральная пирометрия объектов с неоднородной температурой // *Журнал технической физики*. – 2010. – № 80 (7). – С. 78–82.
17. Zhao H., Ladomatos N. Optical diagnostics for soot and temperature measurement in diesel engines // *Progress in Energy and Combustion Sci.* – 1998. – 24(3). – P. 221–255.
18. Lu G., Yan Y. Temperature profiling of pulverized coal flames using multicolor pyrometric and digital imaging techniques // *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement*. – 2006. – 55(4). – P. 1303–1308.

Поступила в редакцию 03.03.2015



РАЗРАБОТКИ ИЭС им. Е. О. ПАТОНА НАНУ В ОБЛАСТИ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ

Обследование состояния качества изделий и сооружений радиационными, акустическими, электромагнитными, оптическими, тепловизионными и другими физическими методами

Металлические, полиэтиленовые, композитные, керамические изделия, здания и сооружения (мосты, трубопроводы, котлы, подвижной состав, подъемное и шахтное оборудование) должны периодически обследоваться различными физическими методами на наличие дефектов, старения, износа, трещин усталости, коррозионных поражений и т.п. Для этих целей используется соответствующее оборудование и оригинальные технологии на основе радиационных, акустических, магнитных и других физических полей. При этом измеряют размеры и расположение внутренних дефектов. Эта информация ложится в основу последующих прочностных расчетов, определения остаточного ресурса и рекомендаций по допустимости эксплуатации объекта.

Комплексе диагностических услуг включает:

- визуально-оптические, радиографические, ультразвуковые, магнитные, вихретоковые, капиллярные, тепловые и другие методы неразрушающего контроля;
- рекомендации по проведению ремонтных работ на основе дефектоскопии;
- консультирование, подготовку, аттестацию и сертификацию персонала в соответствии с международным стандартом ISO 9712;
- оказание помощи в поставке оборудования и организации подразделений неразрушающего контроля;
- оценку свойств и напряженно-деформированного состояния металлоконструкций.

На фото показаны объекты, которые не могут быть приняты в эксплуатацию без проведения контроля качества их сварных соединений физическими методами.



ИЭС им. Е. О. Патона НАН Украины
E-mail: office@paton.kiev.ua