

ботке. Частицы порошка, огибающие образец 3, попадают на расстояние, достаточное для их взаимного притяжения, выстраиваются цепочками вдоль магнитных силовых линий, замыкая магнитный поток в зазоре и обеспечивая плотность порошка равную исходной, или близкую к ней. Тем самым происходит перемешивание и переориентация ферромагнитных абразивных зерен, восстановление рабочих свойств магнитно-абразивной массы, равных исходным или близким к ним.

Увеличение окружной скорости интенсифицирует указанные явления. Увеличивается общее количество абразивных взаимодействий в единицу времени, возрастают силы резания, что приводит к увеличению производительности обработки.

Полученные результаты свидетельствуют о предпочтительности сочетания вращения детали с вращением инструмента в форме кольца по сравнению со способом обработки, содержащим поступательное перемещение детали вдоль рабочего зазора. Преимущества метода обусловлены увеличением результирующей скорости резания за счет дополнительного движения инструмента относительно образца, несовпадением траекторий перемещения зерен порошка по поверхности детали и направлением рисков исходной шероховатости. Самозатачивание и переориентация порошковой массы, обеспечиваемые за счет движения инструмента, способствует повышению её режущей способности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ваксер Д.Б. и др. Алмазная обработка технической керамики. – Л.: Машиностроение, 1976. – 160 с.
2. Барон Ю.М. Магнитно-абразивная и магнитная обработка изделий и режущих инструментов. – Л.: Машиностроение, 1986. – 176 с.
3. Устинович Д.Ф. Исследование эффективности МАО керамики из оксида алюминия // Технология машиностроения. – 2003. – №1. – С.30–32.
4. Устинович Д.Ф., Ящерицын П.И. Возможность скоростной магнитно-абразивной обработки // Вести НАН Б. Сер. физ.-техн. наук, 1998. – №3. – С. 53–57.
5. Оликер В.Е. Порошки для магнитно-абразивной обработки и износостойких покрытий. – М.: Металлургия, 1990. – 176 с.

УДК 549.2:535.211

Голубев В.С., Романчук И.А., Черникович В.Н.

МОДЕРНИЗАЦИЯ УСТАНОВКИ ВОЗДУШНО- ПЛАЗМЕННОЙ РЕЗКИ «КИЕВ-4М» ПОД ЗАДАЧИ ПОВЕРХНОСТНОГО УПРОЧНЕНИЯ

*Физико-технический институт НАН Беларуси, Минск,
Беларусь*

Необходимым условием прогресса промышленного производства, дальнейшего роста ВВП, выполнение программы импортозамещения является совершенствование технологических процессов соединения и обработки материалов. Поэтому трудно переоценить значение разработки новых способов сварки, резки и модифицирования поверхности стали и сплавов с использованием в качестве теплового источника концентрированных потоков энергии лазерного излучения и плазменного факела.

Общим для этих методов является подвод тепловой энергии в заданную точку поверхности, последовательный нагрев соседних точек в результате относительного перемещения теплового пучка, скоростное охлаждение нагретого слоя кондуктивным теплоотводом во внутренние слои заготовки или детали. Такой способ нагрева и охлаждения позволяет изменять структуру и свойства поверхностных слоев только в заданных участках детали, т.е. в результате его проведения высокая твердость поверхностных слоев сочетается с высокой вязкостью внутренних объемов, что позволяет упрочнять и восстанавливать изношенные поверхности и увеличивать сроки эксплуатации деталей машин и механизмов в 1.5-2 и более раз.

Плазменная струя в качестве теплового источника обладает преимуществами перед инфракрасными лазерами прежде всего по причинам экономическим. Кроме того, здесь не требуется сложной оптико-механической системы транспортировки лазерного луча. В тоже время мощность дуги, создаваемая плазменным факелом, может достигать 4-6 кВт, т.е. близка к аналогичной

характеристике при лазерной обработке. Скоростной плазменный нагрев поверхности позволяет получать те же эффекты модифицирования структуры и свойств материала, что и лазерный нагрев.

При решении поставленных задач с экономической точки зрения важно максимально использовать потенциал имеющегося оборудования, по возможности, расширить спектр решаемых задач, в том числе и не стандартных. Учитывая данное обстоятельство и была произведена модернизация установки воздушно-плазменной резки «КИЕВ-4М».

Существенное влияние на процессы, происходящие при использовании плазменной струи вообще и при термическом поверхностном упрочнении в частности, оказывают электрические параметры системы источник-дуга, причем ключевой проблемой этой системы является вопрос устойчивости дуги.

Условие статической устойчивости горения дуги – вольт -амперная характеристика (ВАХ) источника должна быть круче ВАХ дуги.

Динамическая устойчивость определяется из следующего уравнения: $e = iR + L \frac{di}{dt} + E + ir$, где e , i – мгновенные значения соответственно напряжения холостого хода выпрямителя и тока в цепи источник-дуга; E - напряжение дуги на независимом участке ВАХ дуги ; r - нелинейное омическое сопротивление дуги (положительное на возрастающем участке ВАХ дуги и отрицательное на падающем); R , L - приведенные к цепи выпрямленного тока суммарные активное сопротивление и индуктивность источника.

Динамическая устойчивость горения дуги диктуется следующими условиями:

- непрерывностью тока дуги при пульсирующем напряжении на выходе выпрямителя, обеспечиваемой оптимальной величиной индуктивности силового трансформатора и сглаживающего дросселя ;
- отсутствием автоколебаний тока дуги, возникающих при определенных условиях в резонансных (индуктивно-емкостных) источниках или в источниках с обратными связями[1].

Использование установки воздушно-плазменной резки «Киев-4М» для осуществления процессов термического поверхностного упрочнения и наплавки сопряжено с рядом принципиальных трудностей. Большой расход плазмообразующего газа, конструктивные особенности катодно-сопловой камеры и завихрителя плазмотрона, высокое питающее напряжение дежурной и прямой дуги приводят к генерации высокоскоростной (жесткой) плазменной струи. При нагреве обрабатываемой поверхности до температуры плавления высокое давление плазменной струи и газодинамическое давление газа вызывают деформацию расплавленного металла, что характерно для плазменной резки.

Известно, что форма и размеры сопла в значительной степени определяют свойства и параметры сжатой дуги. Уменьшение диаметра сопла и увеличение его длины приводят к возрастанию скорости потока плазмы и повышению напряжения дуги. Дуга становится более концентрированной, жесткой, ее проплавляющая способность повышается. Эти важные свойства дуги способствуют повышению производительности при плазменной резке и сварке металлов. Однако, при наплавке и закалке качество обработки повышается при работе на средних и мягких режимах, обеспечиваемых путем выбора конфигурации формирующей системы плазмообразующего сопла и расхода газа.

Для осуществления процессов плазменной закалки и наплавки были модернизированы блок питания и плазмотрон установки воздушно-плазменной резки «Киев-4М» для работы в режиме прямого действия.

В режиме воздушно-плазменной резки источник питания дежурной дуги имеет относительно высокое напряжение (~300 В) и работает кратковременно до включения основной (прямой) дуги. Это происходит следующим образом. При срабатывании высоковольтного поджига включаются контакты магнитного пускателя и зажигается дежурная дуга между катодом и соплом плазмотрона. При касании видимого факела плазменной струи подложки (изделия) загорается прямая дуга между катодом плазмотрона и подложкой, питаемая от индуктивно-емкостного преобразователя. При достижении тока прямой дуги ~ 100А срабатывает реле минимального тока, магнитный пускатель разрывает цепь питания блока поджига и питание дежурной дуги [2].

В электрическую цепь плазменной установки «Киев-4М» были внесены следующие изменения:

- вместо резистора R1 установлен балластный резистор RB1 с максимальной рассеиваемой мощностью ≤ 12 кВт, состоящий из шести параллельно включенных ТЭНов воздушного охлаждения
- в цепь питания дежурной дуги включен балластный реостат РБ-300
- введены два сварочные выпрямителя ВД-306УЗ

Индуктивно-емкостной преобразователь отключался от силовой трехфазной цепи.

Сварочные выпрямители соединялись последовательно и использовались для питания прямой и дежурной дуги. Плюс сварочных выпрямителей через сглаживающий дроссель подключался к подложке (изделию), а через развязывающий диод Д1 и балластный реостат РБ-300 – к соплу. Это позволяло осуществить режим дуги прямого действия без и при наличии дежурной дуги. Ток дежурной дуги регулировался с помощью балластного реостата, а прямой – посредством изменения напряжения сварочных выпрямителей. С целью обеспечения работы автоматики плазменной установки «Киев-4М» на токах прямой дуги < 100 А, было увеличено число витков реле минимального тока КА1.2 примерно в два раза. При включении высоковольтного поджига появлялась дежурная дуга между катодом и соплом плазмотрона от источника питания установки «Киев-4М». При достижении тока прямой дуги > 30 А приходило в действие реле минимального тока КА1.2. При этом контакты КМ3.3 магнитного пускателя отключали источник питания. Далее дежурная и прямая дуги поддерживались сварочными выпрямителями с падающей вольт-амперной характеристикой.

Дуга прямого действия широко применяется при сварке, резке и наплавке металлов. Для повышения устойчивости ее работы в процессах плазменной закалки и наплавки рекомендуется использовать комбинированный режим, при котором одновременно поддерживается и малоамперная дежурная дуга.

Процессы плазменной обработки протекают при существенно различающихся расходах плазмообразующего газа. При плазменной резке металлов, в частности, на установке «Киев-4М» он составляет ~ 60 л/мин, в тоже время как для плазменной закалки обычно не превышает десятка литров в минуту. Соответственно, плазмотроны, применяемые для этих методов плазменной обработки, имеют различные конструктивные особенности: размеры канала сопла и катода, междуэлектродные промежутки и т.п., при этом общими требованиями являются:

- высокое качество формирования плазменной дуги, обеспечиваемое геометрией катодно-сопловой камеры плазмотрона;
- максимальный режим работы теплонагруженных элементов плазмотрона (катода и сопла), возможность их быстрой замены, невысокая стоимость;
- малая масса, надежность в эксплуатации, герметичность плазмотрона и его кабель-шланговых коммуникаций;
- возможность использования в труднодоступных местах при различной конфигурации изделий.

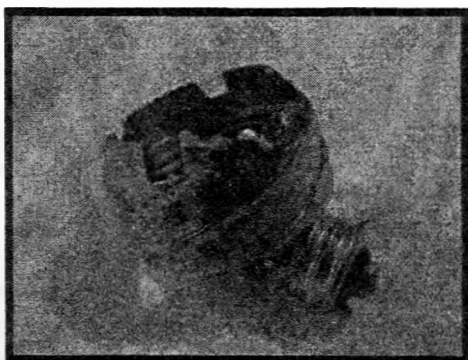


Рисунок 1. – Гайка - завихритель плазмотрона ВПР- 15 после непродолжительной работы



Рисунок 2. - Модернизированный катодный узел

Как уже упоминалось, наиболее критичным фактором, влияющим на магнитодинамическую устойчивость столба дуги, является расход плазмообразующего газа, который при осуществлении процессов термической закалки и наплавки не должен превышать некоторого порогового значения. В противном случае, как показали экспериментальные исследования, дежурная дуга ведет себя крайне неустойчиво, загораясь не при каждом включении поджига, иногда отсутствует

видимый факел, к тому же буквально после нескольких включений наблюдалось сильное оплавление (рис.1) гайки-завихрителя, что делает невозможным её (и следовательно плазмотрона ВПР-15) дальнейшее использование.

В связи с данными обстоятельствами было принято решение об изменении конфигурации формирующей системы для требуемого расхода плазмообразующего газа. Корпус ВПР-15 оставлен прежним, замене подлежал катодный узел. Вместо термического (пленочного) катода использовался вольфрамовый стержень диаметром 1,5 мм определенной длины и соответствующая по геометрии катодно – сопловой камеры медная гайка завихритель, содержащая прорезанные каналы для плазмообразующего газа (рис.2).

Оптимизированные характеристики модернизированного плазмотрона ВПР-15 для плазменной термообработки были следующие:

- ток прямой дуги – 90-100 А;
- ток косвенной дуги – 20-40А;
- длина канала сопла – 3,5 мм;
- расстояние между катодом и соплом – 4 мм;
- расход плазмообразующего газа – 4-5 л/мин.

С усовершенствованным для решения задач поверхностного термического упрочнения плазмотроном ВПР-15 был проведен ряд экспериментов по закалке образцов стальных поверхностей (Ст.3 и 60ПП). Получены вполне обнадеживающие результаты. В частности, на стали 60ПП ширина дорожки в результате плазменной закалки составляла ~5 мм, глубина зоны термического влияния доходила до 1,5 мм, микротвердость - до 10000 МПа. После плазменного модифицирования ширина дорожки составляла ~4 мм, глубина зоны термического влияния ~1,1мм, микротвердость - до 13000 МПа. Структура вблизи поверхности представляла собой игольчатый мартенсит, далее наряду с мартенситом появлялся троостит, а затем также и феррит. В процессе дальнейшей эксплуатации планируется произвести оценку ресурса работы модернизированного плазмотрона, в частности, подбором оптимального теплового режима минимизировать неизбежную эрозию катода, возникающую вследствие наличия 1-2 % кислорода в плазмообразующем газе.

ЛИТЕРАТУРА

1. Эсибян Э.М. Воздушно-плазменная резка: состояние и перспектива.// Автоматическая сварка. 2000, №12, С.6-20. 2. Аппарат А 16 12 УХЛ4 для воздушно-плазменной резки металлов «Киев-4М». Техническое описание и инструкция по эксплуатации. Институт электросварки им. Е.О. Патона.

УДК 621.793

Акулович Л.М., Миранович А. В.

ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ ПОКРЫТИЙ, ПОЛУЧЕННЫХ НАПЛАВКОЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭНЕРГИИ ПОСТОЯННЫХ МАГНИТОВ

*Белорусский государственный аграрный технический университет,
Минск, Республика Беларусь*

Введение. Механизм нанесения покрытий при наплавке в электрическом и магнитном полях состоит из двух основных этапов: формирования межэлектродных токопроводящих цепочек из частиц ферромагнитного порошка; расплавление частиц порошка под действием электрического тока, проходящего по образовавшимся цепочкам, и нанесение расплава на упрочняемую поверхность.

На первом этапе превалирует действие на процесс наплавки магнитного поля, на втором – электрического. Генератором магнитного поля являются электромагнитные катушки (ЭМ) [1] или постоянные магниты (ПМ) [2].

Отличительной особенностью магнитного поля, генерируемого ЭМ, является наличие переменной составляющей величины напряженности магнитного поля, которая оказывает основное влияние на величину силы, прижимающей частицу порошка к упрочняемой поверхности [3]