

характеристики, значительно улучшающие поверхностные свойства (твердость, коррозионную стойкость и другие характеристики) изделий на основе железа. Ограничения при производстве и эксплуатации этих соединений связаны с низкой пластичностью интерметаллида FeAl и с нестабильностью структуры при повышенных температурах. Повышение пластичности возможно посредством дополнительного легирования и управлением размером зерна.

1. Лойко, В.А. Вакуумно-плазменные технологии в ремонтном производстве. / В.А. Лойко и [др.] – Минск: УО БГАТУ, 2007. – 190 с.

2. Статья: Формирование интерметаллидных Al-Fe покрытий плазменно-вакуумным напылением. Лойко В.А. 2010.

3. Аксенов, И.И. Покрытия, полученные конденсацией переменных потоков в вакууме (способ конденсации с ионной бомбардировкой) / И.И. Аксенов [и др.] // Украинский физик. журн. – 1979 –Т-24, №4. – С. 515-525.

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ НАПЛАВКИ ДЕТАЛЕЙ КОРМОУБОРОЧНЫХ КОМБАЙНОВ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ ПРИ РЕМОНТЕ

С.Г. ОРЕШКО

Научный руководитель – доцент, к.т.н. В.В. КУРАШ

Для восстановления изношенных поверхностей деталей и создания износостойких металлопокрытий с высокими физико-механическими характеристиками, обладающими высокой степенью надежности, в ремонтном производстве деталей машин используются способы наплавки поверхностей, способствующие повышению ресурса машин и технологического оборудования.

Существуют три группы способов наплавки:

– термические (электродуговая, электрошлаковая, плазменная, электронно-лучевая, лазерная, индукционная, газовая, печная и намораживание);

– термомеханические (электроконтактная, плакирование, проковка, плакирование экструдированием);

– механические (наплавка трением, плакирование взрывом).

На предприятиях технического сервиса агропромышленного комплекса республики широко применяется технология электротермического нанесения металлопокрытий методом наплавки [1].

Ручная электродуговая наплавка. Универсальная, пригодная для наплавки деталей различной формы и назначения во всех пространственных положениях, легирование наплавленного металла производится через стержни электрода. При толщине наплавленного слоя менее 2 мм применяют электроды диаметром 3 мм, при большей – 4...6 мм. Плотность тока 11...12 А/мм.

Полуавтоматическая и автоматическая электродуговая наплавка. Механизированная под флюсом одной проволокой или лентой; легирование наплавленного металла осуществляется, как правило, через электродный материал, легирующие флюсы применяются реже.

Плазменная наплавка. Наплавляемое изделие может быть нейтральным (наплавка плазменной струей) или включенным в электрическую цепь источника питания дуги (наплавка плазменной дугой). Требуемые свойства наплавленного металла можно получить уже в первом слое.

Газовая наплавка. Металл нагревается и расплавляется пламенем газа в смеси с кислородом в специальных горелках. Горючий газ – ацетилен или его заменители: бутановая смесь, природный газ, водород и др.

При восстановлении изношенных деталей ручной электродуговой наплавкой выбор электродов зависит от марки стали наплавляемой детали, необходимой твердости покрытия и износостойкости наплавленного слоя. Наплавку изношенных поверхностей деталей, изготовленных из малоуглеродистой стали и не подвергавшихся термической или химико-термической обработке, можно проводить сварочными электродами ОММ-5 типа Э-42 и УОНИ-13/45П типа Э-42А. При восстановлении деталей из среднеуглеродистой, термически не обработанной или нормализованной стали применяют электроды УОНИ-13/55 типа Э-50А.

При наплавке деталей из среднеуглеродистых и легированных сталей (например, сталей марок 30, 35, 45, 30Х, 40Х), закаленных сталей, а также малоуглеродистой стали с цементированной поверхностью должны применяться специальные наплавочные электроды ОЗН-250, ОЗН-300, ОЗН-350, У-340. Металл, наплавленный этими электродами, имеет малую склонность к короблению и образованию трещин.

Кроме того, электроды ОЗН обеспечивают легкое отделение шлаков от наплавленного металла, хорошее формирование и высокую плотность шва, который легко обрабатывается режущими инструментами.

Для наплавки деталей из высокомарганцевистой стали 13ГЛ применяются электроды ОМГ-Н для наплавки быстроизнашивающихся деталей, которые работают в условиях абразивного изнашивания, а также деталей, термическая обработка которых после наплавки невозможна, - электроды ЦС-1, ЦС-2. Наплавку деталей с последующей обработкой резанием и термической обработкой проводят электродами Т-590 и Т-620; наплавленный этими электродами слой имеет высокую твердость, но пониженную вязкость. Легирующие элементы вводят в наплаваемый слой как из материалов покрытия и стержня, так и только из материалов покрытия.

В последние годы для получения наплавленных слоев высокой твердости применяют порошковые электроды - трубчатые стержни диаметром 2...8 мм из малоуглеродистой стали с наполнителем. В качестве наполнителя используют твердые сплавы, чаще всего сормайт, ферросплавы, карбид вольфрама. Выпускаются трубчатые наплавочные электроды ЭТН-1, ЭТН-2, ЭТН-3, ЭТН-4 [1].

Как при электродуговой, так и при газовой наплавке твердые и износостойкие слои на стальных деталях можно получить наплавкой на них твердых материалов (можно литых) в виде стержней и порошков, к литым относятся, например, сормайт № 1 и, стеллиты, В2К и В3К, имеющие высокую твердость и износостойкость за счет большого содержания углерода, хрома, никеля, марганца и т.д. Эти сплавы могут наплавляться газовым пламенем, а также могут являться стержнями электродов (например, электроды ЦС-1 и ЦС-2).

К порошкообразным твердым сплавам относятся сталинит, боридная смесь, наплавочная смесь КБХ и др. Эти сплавы наносят на поверхность детали. Здесь же расплавляются и сплавляются с ней при помощи газового пламени или электрической дуги.

Наплавка металла вручную - очень трудоемкий процесс, качество наплавленного металла здесь невысоко и во многом зависит от квалификации сварщика; производительность низкая - не превышает 0,7...0,8 кг/ч.

В настоящее время на ремонтных предприятиях для восстановления изношенных деталей применяются различные способы автоматической и полуавтоматической наплавки: наплавка под слоем флюса, вибродуговая наплавка, наплавка в среде защитных газов, электроконтактная наплавка и др. [1-4].

Наиболее универсальным способом, получившим большое распространение в практике, является автоматическая наплавка под сло-

ем флюса (рисунок 1). Этот способ применяют главным образом для восстановления деталей больших габаритов и сечений, имеющих значительный износ.

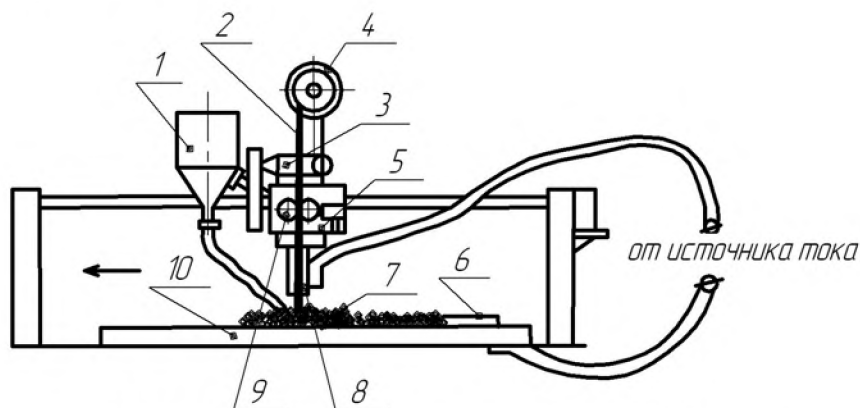


Рисунок 1 - Схема автоматической наплавки под слоем флюса:

1 - бункер с флюсом; 2 - электродная проволока; 3 - электродвигатель; 4 - кассета с проволокой; 5 - подающий механизм; 6 - шлаковая корка; 7 - слой флюса; 8 - накопник; 9 - протягивающие ролики подающего механизма; 10 - деталь

В данном случае электрическая дуга горит между концом электродной проволоки и деталью. Проволока подается в зону наплавки при помощи механизма подачи. Из бункера в зону горения дуги поступает флюс, где часть его плавится, образуя эластичную оболочку, которая защищает расплавленный металл от взаимодействия с кислородом и азотом воздуха. Неиспользованный флюс возвращается в бункер. Под давлением газов, выделяющихся при наплавке, эта оболочка оттесняется, образуя газовый пузырь, в котором и горит дуга.

После перемещения дуги расплавленный флюс затвердевает, превращаясь в шлаковую корку, которая затем отделяется легкими ударами. Шлак может быть повторно использован в смеси со свежим флюсом. Слой флюса в сыпучем состоянии покрывает зону горения дуги и создает давление на расплавленный металл, благодаря чему происходит хорошее формирование слоя наплавленного металла.

В состав оборудования для автоматической наплавки входят сварочная головка, источник питания, токарный или специальный станок и аппаратный ящик.

Наибольшее распространение получили сварочные головки:

А-580М, типа АБС, АДС-1000-3, А-874 и др. Для полуавтоматической наплавки применяют шланговые полуавтоматы ПШ-5, ПШ-54, ПДШМ-500. В качестве источников питания используют сварочные преобразователи ПСО-500, ПСУ-500, сварочные трансформаторы типа ТСД-500 и ТСД-1000, сварочные выпрямители ВСС-400, ВКСМ-500, ВКСМ-100 и др. Наплавка на постоянном токе ведется на обратной полярности при напряжении 26...36 В, плотность тока значительно больше, чем при ручной сварке [3]. Скорость наплавки, т.е. скорость перемещения электрода относительно детали или детали относительно электрода, бывает обычно в пределах 12...45 м/ч, а скорость подачи проволоки 80... 120 м/ч (допускается до 300 м/ч). Толщину наплавляемого слоя регулируют, изменяя диаметр и скорость подачи электрода или шаг наплавки. Обычно шаг наплавки принимается равным 3...12 мм, каждый валик должен перекрывать предыдущий на V3-V2 его ширины.

Для получения высокого качества шва электрод должен быть смещен от зенита в сторону, противоположную направлению вращения детали, на 5...20 мм (в зависимости от диаметра детали, силы тока и т.п.).

В качестве электродного материала при наплавке под слоем флюса могут применяться наплавочные проволоки диаметром 1,6...3 мм - углеродистые и легированные, а также порошковые ленты, заполненные ферросплавами, твердыми сплавами и другими компонентами.

Флюсы, применяемые при наплавке, подразделяются по способу приготовления на два вида: плавленные и керамические.

Плавленные флюсы получают сплавлением компонентов. В своем составе они имеют в основном стабилизирующие, шлако- и газообразующие элементы, но не содержат легирующих элементов и, следовательно, не могут придать высокую твердость наплавленному слою. Наибольшее распространение получили флюсы АН-348А, ОСЦ-45 и АН-60, применяемые для наплавки углеродистыми и низкоуглеродистыми проволоками или лентами как сплошными, так и порошковыми.

Керамические флюсы, кроме компонентов плавленных флюсов, содержат легирующие добавки, обычно в виде ферросплавов (феррохром, ферромарганец и др.) для получения наплавленного слоя с наружными свойствами. Наплавку под слоем керамического флюса ведут низкоуглеродистыми проволоками без последующей термообработки наплавленного слоя. В настоящее время широкое приме-

нение нашли флюсы АНК-18 и АНК-19, в состав которых входят хром и марганец. При отсутствии нужных керамических флюсов можно изготовить собственными силами заменяющие их смеси, например, добавляя, плавленный флюс АН-348А, чугунную стружку либо серебристый графит (4...6%) или ферросплавы, например, феррохром 2%).

Наплавленный слой нужного химического состава и с заданными свойствами (твердость, износостойкость) можно также получить, применяя электродную проволоку (ленту) соответствующей марки с последующей термообработкой наплавленного слоя или ведя наплавку порошковой проволокой (лентой) с необходимым наполнением без последующей термообработки наплавленного слоя.

Как способ восстановления деталей наплавка под слоем флюса имеет ряд достоинств: высокую производительность и стабильность; хорошее качество наплавленного слоя (однородность, плотность, равномерность); хорошее сплавление слоя с основным металлом; возможность получения слоев значительной толщины (6...8 мм и более); большие возможности получения наплавленного слоя с заданным химическим составом и свойствами.

Вместе с тем наплавка под слоем флюса имеет ряд недостатков: быстрый и глубокий нагрев ведет к изменению физико-механических свойств и к деформации деталей, особенно деталей малого сечения; трудность удержания флюса и ванны расплавленного металла на поверхности деталей малого диаметра (менее 50...60 мм); невозможность получения слоя малой толщины (менее 1,5...2 мм).

К другому способу автоматической наплавки, широко применяющемуся при восстановлении деталей типа валов, относится наплавка вибрирующим электродом, получившая название вибродуговой наплавки. Вибродуговая наплавка отличается от наплавки под слоем флюса тем, что при этом способе конец электрода совершает колебательные движения в плоскости, перпендикулярной к наплавляемой поверхности, а также тем, что наплавленный слой охлаждается (рисунок 2).

Наплавочная головка устанавливается на суппорт токарного станка и перемещается с ним вдоль детали, а наплавляемая деталь устанавливается в центре станка и приводится во вращение.

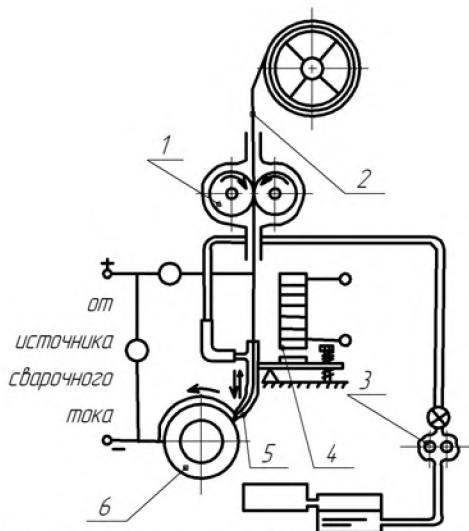


Рисунок 2 - Схема установки для вибродуговой наплавки:

1 - подающий механизм; 2 - электродная проволока; 3 - насос охлаждающей жидкости; 4 - вибратор; 5 - мундштук; 6 - наплавляемая деталь

Стальная электродная проволока диаметром 1,6...2,2 мм (иногда применяют проволоку диаметром 1,2...3 мм), изготовленная из углеродистой или легированной стали, с помощью подающего механизма вводится в соприкосновение с поверхностью наплавляемой детали. Головка для вибродуговой наплавки, кроме обычного механизма подачи проволоки, имеет вибратор, сообщающий колебательное движение наконечнику мундштука. В таком вибраторе установлен электромагнит, через обмотки которого пропускается переменный ток, вследствие чего пластина (якорь), связанная с наконечником головки, то притягивается к электромагниту, то отходит от него; таким образом, наконечник с электродной проволокой получает колебательное движение [7]. Установка для вибродуговой наплавки имеет резервуар для охлаждающей жидкости (обычно 3...5%-й раствор кальцинированной соды в воде) и насос для ее подачи. Небольшое количество жидкости подается непосредственно в зону горения дуги, одновременно охлаждая мундштук наконечника, остальная часть жидкости направляется на наплавленный слой на некотором удалении от зоны горения.

Наплавка ведется на постоянном токе обратной полярности при

напряжении 16...24 В. Благодаря создаваемому вибратором колебательному движению конец электрода приближается к детали и касается ее, а затем отходит от нее. При касании наступает период короткого замыкания. При этом напряжение в цепи падает почти до нуля, а ток значительно возрастает. Конец электрода разогревается. При отходе электрода от детали величина тока снижается, напряжение между электродом и деталью повышается до 28...30 В и возникает дуговой разряд. Во время разряда на детали создается сварочная ванна, электрод плавится, и капли расплавленного металла переносятся на деталь.

Наплавленный валик интенсивно охлаждается благодаря теплоотводу в деталь и охлаждающую жидкость, одновременно закаляясь. Последующий валик наплавленного металла, частично расплавляя предыдущий, создает зону отжига. Интенсивное охлаждение приводит к возникновению напряженного состояния самого слоя и развитию трещин в наплавленном металле - все это снижает усталостную прочность деталей.

На ремонтных предприятиях наибольшее распространение получили головки для вибродуговой наплавки ОКС-1252 и ОКС-6569 с механическим вибратором, где колебательное движение наконечника головки создается кулачковым или эксцентриковым приводом. В последнее время начинают широко использовать вибродуговые головки ГВНД-72 для двухэлектродной наплавки. Двухэлектродная наплавка на 60...80% производительнее одноэлектродной и позволяет получить наплавленный слой более высокого качества.

Восстановление изношенных деталей вибродуговой наплавкой имеет ряд преимуществ перед другими способами восстановления. Низкое напряжение, при котором идет процесс, и его прерывистый характер позволяют вести наплавку при малой глубине прогрева детали, практически без ее деформации. Этому же способствует интенсивное охлаждение. Совмещается процесс наплавки и закалки слоя, поэтому можно получать слой малой толщины 0,5...2,5 мм. Все это делает данный способ особенно удобным при восстановлении деталей малого диаметра. Однако появление внутренних напряжений в наплавленном слое и возможность образования микротрещин приводят к снижению усталостной прочности детали, что ограничивает область применения вибродуговой наплавки для деталей, работающих в условиях больших, знакопеременных и ударных нагрузок. Для повышения качества наплавленного слоя приме-

няют статическое упрочнение его в горячем состоянии.

Наплавку в среде защитных газов можно производить как плавящимся (рисунок 3,а), так и неплавящимся (рисунок 3,б) электродом. В последнем случае дуга горит между деталью и электродом (обычно вольфрамовым), а присадочный материал вводится в зону дуги отдельно. В зону горения дуги под небольшим давлением подается газ, который вытесняет воздух из этой зоны и защищает расплавленный металл от окисления. Неплавящиеся электроды широко применяются при наплавке деталей из алюминия и его сплавов.

В качестве защитных газов применяют аргон, гелий, азот, углекислый газ, а также смеси газов. Наплавка в среде защитных газов имеет ряд достоинств: ее производительность не уступает производительности при сварке или наплавке под слоем флюса: наплавку можно вести в любом пространственном положении; отсутствие шлаковой корки упрощает ведение процесса; наплавка ведется при малом нагреве детали, поэтому можно наплавлять тонкостенные детали и малого сечения; можно получать наплавленные слои небольшой толщины. К недостаткам этого вида наплавки следует отнести ограниченную возможность получения твердых и износостойких наплавленных слоев [5-7].

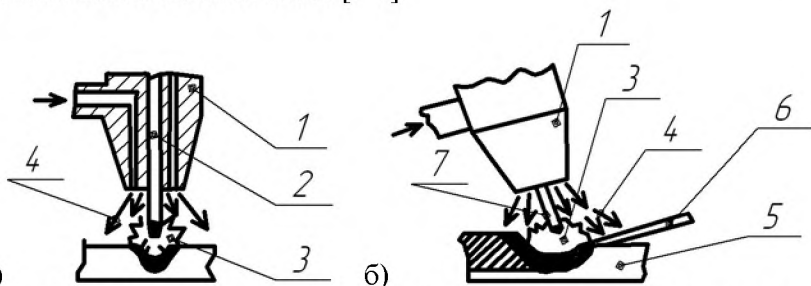


Рисунок 3 - Схема наплавки плавящимся (а) и неплавящимся (б) электродами в среде защитных газов: 1 - газовое сопло; 2 - плавящийся электрод; 3 - дуга; 4 - защитный газ; 5 - деталь; 6 - присадочный пруток; 7 - неплавящийся электрод

Для восстановления изношенных деталей применяется также плазменная наплавка. Плазмой называют высокотемпературный сильно ионизированный газ (содержащий большое количество заряженных частиц). Плазма создается пропусканием газа через дуговой разряд в узком канале, диаметр которого равен примерно диаметру столба дуги. Проходя через струю дугового разряда, газ сильно ионизируется, образуя плазменную струю с высокой концентрацией

энергии. Плазменную струю получают в устройстве, которое называют плазменной горелкой. В плазменной горелке к отрицательному полюсу источника постоянного тока подключается неплавящийся вольфрамовый электрод (катод), а к положительному - кольцевой, охлаждаемый водой полый электрод-сопло (анод), изготавливаемый обычно из меди или из ее сплавов, либо деталь. Струя плазмообразующего газа пропускается через кольцевой зазор между электродами. Температура плазменной струи весьма высокая - до 18000°С и выше. В качестве плазмообразующих газов применяют аргон, гелий, азот, водород и др. (чаще всего аргон).

В качестве присадочных материалов при плазменной наплавке применяют проволоку, прутки и металлические порошки. Присадочные порошки могут вдуваться в дугу, подаваться отдельно либо заранее наноситься на наплавляемую поверхность. Преимуществами плазменной наплавки являются хорошее сцепление наплавленного слоя с основным металлом, малые припуски на последующую обработку, хорошее качество наплавленного слоя.

К недостаткам следует отнести относительно высокую стоимость оборудования, потребность в плазмообразующем газе, низкую производительность и большое термическое влияние на деталь [6].

В последнее время для наплавки применяют электроконтактные методы наплавки, при которых присадочный металл расплавляется только частично в месте соприкосновения с поверхностью детали.

При электроконтактной наплавке ток большой силы (400...1200 А и более) от сварочного трансформатора подается на деталь и на присадочную проволоку (ленту) через наплавляющий прижимной ролик. Благодаря наличию специального прерывающего устройства ток подается кратковременными импульсами, которые вызывают разогрев присадочной проволоки и детали в месте контакта, распределение их тончайших поверхностных слоев и сваривание. Этому способствует также и ролик, который, прижимая проволоку к детали, пластически деформирует ее и формирует валик. Так как прижимной ролик перемещается вдоль детали, то присадочная проволока приваривается последовательно ко всей наращиваемой поверхности детали. Производительность при электроконтактной наплавке весьма высокая 100...150 см²/мин. Толщина наращиваемого слоя до 1,5 мм. Сварка проходит при незначительной глубине проплавления и теплового воздействия на деталь (не более 0,3 мм) - в этом состоит основное преимущество данного способа.

К недостаткам относятся ограниченность толщины наплавляемого слоя и сложность установки, в результате чего данный способ применяется только на специализированных предприятиях.

Следовательно, анализ способов наплавки поверхностей деталей сельхозтехники, применяемых при ремонте, показал, что наиболее применяемыми и широко используемыми методами наплавки являются методы с использованием энергии электрической дуги. Эти методы просты, не требуют сложного технологического оборудования и широко применимы для условий агропромышленного сервиса.

1. Саакян Л.С., Соболева И.А., Тихомиров А.Д. Металлические покрытия для защиты от коррозии промышленного оборудования в условиях наводороживания. - М., ВНИИОЭНГ, 1993. - 123с.
2. Ивашко В.С., Куприянов И.Л., Шевцов А.И. Электротермическая технология нанесения защитных покрытий. - Мн.: Навука і тэхніка, 1996. – 75 с.
3. Присевко А.Ф., Кураш В.В., Спиридонов Н.В. Биохимический путь выделения водорода при получении продуктов микробиологического производства. В сб. научных статей «Долговечность трущихся деталей машин», Вып. 4. - М: Машиностроение, 1990 – С. 269-273.
4. Маршаков А.И., Рыбкина А.А., Ненашева Т.А. Влияние сорбированного металлом водорода на кинетику активного растворения железа. В журнале Коррозия: материалы, защита. №5. - М.: ООО «Наука и технологии», 2006. С. 2-14.
5. Ивашко В.С. Формирование металлопокрытий стойких к наводороживанию / В.С. Ивашко, А.В. Кудина, В.В. Кураш // Материалы 8-й международной научно-практической конференции. Ялта, 27-29.05.2008 г.

ФОРМИРОВАНИЕ ИЗНОСОСТОЙКИХ МЕТАЛЛОПОВЕРХНОСТЕЙ ЭЛЕКТРОДУГОВОЙ НАПЛАВКОЙ С ПРИСАДОЧНЫМ МАТЕРИАЛОМ

Д.А. ШЛЯЖКО

Научный руководитель – доцент, к.т.н. В.В. КУРАШ

Для получения износостойких металлопокрытий при восстановлении изношенных рабочих поверхностей деталей машин и технологического оборудования применяют в ремонтном производстве различные методы и способы нанесения металлопокрытий. Способы нанесения покрытий с использованием электрической энергии