

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

наиболее перспективны. Это объясняется их производительностью и экономичностью, как правило, они не связаны с расходом дефицитных материалов [1-3]. Преимущества таких технологий позволяют отнести электротермические способы нанесения металлопокрытий к энерго- и ресурсосберегающим технологиям, внедрение которых в ремонтное производство деталей машин и технологического оборудования является весьма актуальным.

Электродуговая наплавка поверхностей является наиболее универсальным, экономичным и широко применяемым средством восстановления деталей машин, придания их рабочим поверхностям специальных физико-механических и коррозионностойких свойств, способствующих повышению долговечности. Наплавку применяют для получения требуемых структур и свойств поверхностей при изготовлении новых и восстановлении изношенных деталей. Наплавка металлоповерхностей наиболее эффективна в ремонтном производстве благодаря тому, что она обеспечивает высокое сцепление покрытия с основным металлом, позволяет наносить покрытия на основной металл любого состава и большой толщины причем, восстановленная деталь оказывается в несколько раз дешевле новой и, при правильно выбранной технологии восстановления, не уступает ей по работоспособности и долговечности, увеличивая ее технический ресурс. Наиболее распространена наплавка в среде углекислого газа. При наплавке необходимые свойства наплавленного слоя обычно получают легированием, т.е. введением в его состав легирующих примесей.

Существует множество методов легирования [4-6]. Методы легирования и способы наплавки взаимосвязаны – выбранный способ наплавки, как правило, диктует рациональный метод легирования, и, наоборот, эффективный метод легирования требует применения соответствующего способа наплавки. Основными признаками, по которым следует оценивать метод легирования, являются:

- надежность получения химического состава наплавленного металла при возможных колебаниях режимов наплавки;
- однородность состава по объему наплавленного слоя;
- экономичность и удобство применения метода легирования.

Легировать сварочную ванну можно за счет обменных реакций между металлом и окислами, через газовую среду и путем введения металлических добавок (присадок). Наибольшее распространение получило легирование путем введения в сварочную ванну металли-

ческих сплавов, чистых металлов и металлоподобных соединений.

При рассмотрении технологии наплавки с легированием металлоповерхностей наплавленный металл разделяется на типы согласно [7].

Нелегированные или низколегированные стали с содержанием менее 0,4% С используют, главным образом, для восстановления размеров деталей и образования подслоя при последующей наплавке износостойкими сплавами. Типичные составы наплавленного металла: 15ХГ2С, 20Х2Г2М, 20ХГТ, 25ХЗГ2, 08Г, 08ГС и 15Г2С.

На микроструктуру и твердость наплавленного металла, особенно в случаях комплексного легирования хромом, никелем и молибденом, оказывает влияние скорость охлаждения при температурах распада аустенита. Чрезмерное увеличение скорости охлаждения может привести к частичному образованию мартенсита в околошовной зоне и наплавленном слое. Это сопровождается увеличением твердости и хрупкости сплава, не говоря уже о возможности образования трещин. Наоборот, чрезмерное уменьшение скорости, например при широкослойной наплавке, обуславливает распад значительной части аустенита при высоких температурах с образованием перлита. В результате снижаются твердость и износостойкость наплавки. При наплавке массивных деталей оптимальные свойства наплавленного слоя достигаются при предварительном подогреве до температуры 200-250°С. При наплавке небольших деталей для подогрева достаточно теплоты дуги.

Нелегированные или низколегированные стали с содержанием более 0,4% С получают при дуговой наплавке посадочных мест валов, шеек коленчатых валов, а также при восстановлении и упрочнении деталей ходовой части гусеничных машин. Типичные составы наплавленного металла: 45Х5Г, 70ХЗМН, 80Х4СГ, 60Х2СМ и др. Основную трудность при наплавке металла этого типа представляет повышенная склонность наплавленного слоя к образованию кристаллизационных и холодных трещин. Предварительный подогрев до температуры 350-400°С позволяет в большинстве случаев избежать трещин. Если наплавленный металл подлежит механической обработке, то изделие отжигают. При этом твердость снижается до HRC 20-25. После механической обработки следует закалка до HRC 50-60.

Аустенитный высокомарганцевый металл типа «С» рекомендуется для наплавки деталей, испытывающих абразивный износ в сочетании с сильными ударами. Типичными представителями рас-

смаатриваемого типа является сталь 110 Г13, содержащая около 1,2% С и 12% Мп. В зависимости от содержания углерода и марганца, а также скорости охлаждения наплавленный металл приобретает различную микроструктуру и свойства.

При быстром охлаждении с температур выше примерно 950°С стали, содержащие 0,8-1,6% С и 12-20% Мп, приобретают стабильную структуру и отличаются высокой прочностью и пластичностью. Благодаря высокой растворимости углерода в γ -твердом растворе (при большом содержании марганца) карбиды отсутствуют. В таком состоянии твердость наплавленного металла невелика, всего НВ 180-220.

Примечательным свойством такого наплавленного металла является способность к упрочнению при холодной деформации благодаря появлению мартенсита по плоскостям скольжения. Твердость в деформированной зоне возрастает до НВ 550. Таким образом, указанные свойства (пластичность сердцевины и высокая твердость на рабочей поверхности) могут быть реализованы при условии получения исходной аустенитной структуры и обязательного воздействия на рабочую поверхность ударов и давлений, способных вызывать пластическое деформирование. При отсутствии такого нагружения поверхностный слой не обладает какими-либо существенными преимуществами и изнашивается подобно низкоуглеродистой стали.

При медленном охлаждении происходит распад аустенита и выделение карбидов цементитного типа по границам зерен. Такой наплавленный металл хрупок, склонен к трещинам и отколам. Выделяются карбиды и при нагреве. Поэтому стали типа «С» не рекомендуются для работы при повышенных температурах, если требуется сохранить их пластичность.

Технологию наплавки сталей типа «С» строят с учетом рассмотренных выше особенностей. Для того чтобы избежать охрупчивания наплавленного слоя и околошовной зоны, процесс наплавки необходимо вести с минимальным тепловложением: малые силы тока и напряжения дуги, узкие валики, повышенная скорость наплавки, периодическое прекращение процесса и изменение места наплавки.

При соблюдении этих условий, а также при наплавке на массивные детали скорость охлаждения оказывается достаточной для получения чистоаустенитной структуры.

Технологические особенности наплавки аустенитного хромоникелевого металла во многом совпадают с особенностями сварки хромоникелевых коррозионностойких сталей. При наплавке на углеродистую сталь важно обеспечить минимальную долю основного металла и минимальное содержание углерода в наплавленном слое, если от него требуется повышенная стойкость против межкристаллитной коррозии.

Хромистые стали – в зависимости от содержания углерода и хрома – имеют ферритную, полуферритную и аустенитно-мартенситную микроструктуру. При содержании более 1,0% С и более 10% Cr в структуре появляется карбидная эвтектика (ледебурит). По своей структуре и свойствам такие стали приближаются к доэвтектическим высокохромистым чугунам.

Коррозионно-стойкие хромистые стали применяют для наплавки деталей общепромышленной газовой и нефтяной трубопроводной арматуры, работающей при температурах до 400-450° С, плунжеров прессов и некоторых видов штампов, а также для наплавки камер проточного тракта гидротурбин.

Кристаллизационные трещины в ледебуридных сталях X12 возникают вследствие выделения в процессе кристаллизации легкоплавких карбидных эвтектик. Трещины не возникают при условии, если наплавленный металл содержит 1,5-2,5% С. При таком содержании углерода количество эвтектики увеличивается настолько, что она свободно перемещается между дендритами аустенита и может залечивать трещины. Таким образом, при наплавке сталей X12 на низкоуглеродистую сталь необходимо стремиться к минимальной доле основного металла, в противном случае первый слой будет поражен кристаллизационными трещинами из-за недостаточного количества карбидной эвтектики, способной залечивать трещины.

Твердость наплавленного металла X12 сравнительно невысока и составляет HRC 40-44, что объясняется наличием в структуре большого количества остаточного аустенита. Твердость можно увеличить высоким отпуском при температуре 500-550°С до HRC 55-60. Для возможности механической обработки наплавленное изделие отжигают.

Хромовольфрамовые теплостойкие стали используют для наплавки деталей, подверженных действию больших давлений и теплосмен. Для предупреждения трещин, снижения внутренних напряжений и получения оптимальной структуры наплавленного

металла необходим предварительный подогрев деталей до температуры 350-400°C.

Наплавку деталей сложной формы и глубоких внутренних поверхностей выполняют порошковой проволокой с внутренней защитой (ПП-АН130, ПП-2Х4В3Ф-0 и др.). Наиболее частым дефектом при этом являются поры в наплавленном слое, что связано с несоблюдением режимов наплавки. Наплавка порошковой проволокой с внутренней защитой требует строгого соблюдения рекомендуемых для данной проволоки режимов, особенно заданного напряжения дуги.

Кобальтовые сплавы с хромом и вольфрамом, так называемые стеллиты, отличаются замечательными эксплуатационными свойствами: они способны сохранять твердость при высоких температурах, стойки против коррозии и эрозии, а также имеют отличную износостойкость при сухом трении металла по металлу. Сам по себе кобальт не обладает высокой жаропрочностью, это свойство сплавам придают присадки хрома (25-35%) и вольфрама (3-30%), важным компонентом является и углерод, который образует с вольфрамом и хромом специальные твердые карбиды, улучшающие сопротивление абразивному износу.

Кобальтовыми сплавами наплавляют клапаны двигателей внутреннего сгорания, уплотнительные поверхности паровой арматуры сверхвысоких параметров, матрицы для прессования цветных металлов и сплавов и др. При наплавке необходимо стремиться к минимальному переходу железа из основного металла в наплавленный, иначе свойства последнего резко ухудшаются. Наплавленный металл склонен к образованию холодных и кристаллизационных трещин, поэтому наплавку ведут с предварительным и иногда с сопутствующим подогревом деталей.

Обеспечение минимальной доли основного металла и соблюдение необходимых термических условий являются наиболее важными особенностями технологического процесса наплавки кобальтовых сплавов.

Никелевые сплавы с хромом и бором сохраняют высокую твердость при нагреве до температуры 600-700°C, обладают жаростойкостью до температуры 950°C и хорошей коррозионной стойкостью в борной, хромовой, муравьиной, лимонной, уксусной и других кислотах. В растворах хлоридов, каустической соде, жидком свинце, расплавленном стекле и прочих агрессивных средах. Эти сплавы приме-

няют для наплавки и металлизации плунжеров водяных и кислотных насосов, уплотнительных поверхностей трубопроводной арматуры для паропроводов, выпускных клапанов дизельных двигателей, пресс-форм для стекла и т.п. Используют преимущественно наплавку с порошковой присадкой. При наплавке возможны дефекты в виде пор и порошковых включений. Это в большинстве случаев вызвано повышенным содержанием в присадочных порошках кислорода. Этих дефектов нет, если порошок содержит менее 0,12% кислорода.

Никелевые сплавы с молибденом обладают высокой жаропрочностью, хорошей стойкостью против термической усталости в условиях большого числа теплосмен, мало склонны к образованию трещин.

Карбидные сплавы благодаря высокому содержанию твердых карбидов вольфрама отличаются особо высокой стойкостью против абразивного изнашивания. Этими сплавами наплавляют буровой инструмент, детали режущих органов землеройных машин, детали загрузочных устройств доменных печей.

Карбидные сплавы, вернее карбидные композиции, характерны тем, что они не имеют строго определенного химического состава и при их формировании карбид вольфрама не кристаллизуется из расплава (подобно, например, карбидной фазе в сплавах типа G), а вводится в сплав-связку в виде заранее приготовленных зерен нужного размера и формы. Износ карбидных композиций протекает, как правило, избирательно: матрица сплава изнашивается быстрее, и выступающие зерна карбидов воспринимают на себя нагрузку.

Технология и техника наплавки карбидных композиций должны обеспечивать введение в сварочную ванну частиц износостойкой фазы определенного размера и формы, причем эти частицы должны в минимальной степени растворяться в сплаве-связке и не претерпевать нежелательных превращений в результате температурного воздействия сварочного цикла.

Наплавка бронзы, меди и медноникелевых сплавов необходима при замене крупных бронзовых деталей узлов трения стальными, наплавленными бронзой. Ручная наплавка бронзы покрытыми электродами – весьма тяжелый и трудоемкий процесс. Для этой цели можно применять наплавку под флюсом сплошной проволокой Бр.АЖМц 10-3-1,5, лентой из бронзы БРаМц 9-2 (под флюсом АН-20), а также порошковыми проволоками ПП-Бр.ОЦС 6-6-3 и ПП-Бр.ОС 8-21 (под флюсом АН-60). Для наплавки в азоте разработаны порошковые проволоки ПП-Бр.АЖ 9-4А и ПП-Бр.ОС 10-10А.

При наплавке бронзы на сталь часто возникают поры, причиной которых являются водород и пары воды. Алюминиевая бронза, интенсивно поглощая водород в жидком состоянии, при кристаллизации выделяет его вследствие снижения растворимости. Высокая склонность к пористости алюминиево-марганцевой бронзы Бр.АМц 9-2 обусловлена значительной газонасыщенностью проволоки, применяемой для наплавки. Для предупреждения образования пор проволоку следует подвергать вакуумному отжигу. При наплавке цинко-содержащих бронз пористость устраняется введением в порошковую проволоку раскислителей. Эффективным раскислителем в данном случае является силикокальций.

При наплавке медноникелевого сплава на сталь основной трудностью является склонность наплавленного металла к возникновению пор и кристаллизационных трещин. Эти дефекты устраняются введением в присадку 0,2-0,4% алюмокальция благодаря связыванию азота в стойкие нитриды кальция. Кроме того, кальций, связывающий азот, а также кислород и серу в стойкие и тугоплавкие соединения, рафинирует и модифицирует наплавленный металл, в результате чего увеличивается стойкость против образования кристаллизационных трещин.

В настоящее время для легирования в наплавочных работах самое широкое применение в качестве присадок получили композиционные наплавочные сплавы. Они представляют собой порошки, состоящие из твердых частиц в более мягкой матрице, или сплавы на основе никеля. Одной из разновидностей наплавки с порошковой присадкой является наплавка по слою порошка. Этот способ повышает производительность без увеличения мощности дуги, уменьшает глубину проплавления основного металла и зону термического влияния в нем [2-3]. Снижается также степень разбавления наплавленного металла основным, что важно при наплавке высоколегированных поверхностных слоев. Порошки из сплавов обеспечивают более однородный химический состав наплавленного металла. Применяется наплавка по слою порошка, предварительно наклеенного на поверхность основного металла и наплавка по брикету, представляющему собой смесь из порошка с клеем, высушенную и прокатанную до нужной толщины. Так наплавляют композиционные покрытия, состоящие, из твердых, тугоплавких частиц, внедренных в пластичную металлическую матрицу.

На основании обобщения и анализа известных методов наплавки

металлоповерхностей с присадочным материалом предпочтение, по нашему мнению, следует отдать способам электродуговой наплавки поверхностей в среде защитного газа по слою порошковой композиции, предварительно нанесенной на поверхность основного металла. Такой метод наплавки позволяет рационально использовать порошковую смесь (отсутствуют потери порошка при вводе в наплавочную ванну), дает возможность получать однородные наплавленные слои заданного состава с требуемыми свойствами (благодаря предварительной подготовке присадочной смеси), обеспечивает высокую сцепляемость покрытия с основным металлом.

1. Пантелеенко Ф.И., Лялякин В.П., Иванов В.П. и др. Восстановление деталей машин.: Справочник / под ред. Иванова В.П. – М.: Машиностроение, 2003. – 672 с.
2. Попов В.С. Восстановление и повышение износостойкости и срока службы деталей машин. – К.: Навук. Думка, 2001. – 276 с.
3. Дорожкин Н.Н., Петюшев Н.Н. Дуговая газопорошковая наплавка. – М.: Беларусь, 1989. – 94 с.
4. Лившиц Л.С., Гринберг Н.А., Куркуммелли Э.Г. Основы легирования наплавленного металла. – М.: Машиностроение, 1989. – 188 с.
5. Попов С.Н. Износостойкость наплавленного металла рабочих органов строительного-дорожных машин // Автоматическая сварка. -2000. - №8. - С. 15-20.
6. Попов С.М. Особливості впливу будови твердих вкраплень на зносостійкість наплавлених гетерогенних сплавів // Металознавство та обробка металів. - 2000. - №3. – С. 21.
7. Технология электрической сварки металлов и сплавов плавлением. Под ред. Б.Е. Патона. М.: Машиностроение, 1974. – 768 с.

ПРИМЕНЕНИЕ УЛЬТРАЗВУКА ПРИ ЭЛЕКТРОДУГОВОЙ НАПЛАВКЕ

А.В. КРИВИЦКИЙ

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

При формировании покрытий методом электродуговой наплавки плавящимся электродом металл состоит из жидких, газообразных и твердых составляющих. Поэтому весьма важно проанализировать процессы, возникающие в расплаве металла под действием ультразвукового поля. Гомогенное образование зародышей кристалла в металлургии связывается с вероятностью образования чет-