

ЗВАРЮВАЛЬНЕ ВИРОБНИЦТВО

УДК 621.791.927

©Чигарев В.В.¹, Цыс Е.А.²

СПОСОБЫ ЭЛЕКТРОКОНТАКТНОГО УПРОЧНЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ

В статье рассмотрены материалы, преимущества и недостатки электроконтактного упрочнения деталей различными способами.

Ключевые слова: электроконтактная наплавка, порошковые материалы, проволоки и ленты сплошного сечения.

Чигарев В.В., Цис К.О. *Способи електроконтактного зміцнення деталей. У статті розглянуті матеріали, переваги та вади електроконтактного зміцнення деталей різними способами.*

Ключові слова: електроконтактне наплавлення, порошкові матеріали, дроти та стрічки суцільного перетину.

V.V. Chigarev, K.O. Tsys. *Ways of electric-resistance hardening of parts. The advantages and drawbacks of electro-contact hardening of parts are considered for all the materials described in the article.*

Keywords: electro-contact surfacing, powder materials, powder tapes, powder wires, tape and wire of solid section.

Постановка проблемы. Одной из актуальных проблем является восстановление и повышение износостойкости деталей машин. Для этого используют различные технологические процессы поверхностного упрочнения. Все больше применение находит способ электроконтактной наплавки. В связи с этим изучение материалов для электроконтактного упрочнения является весьма актуальным.

Анализ последних исследований и публикаций. Вопросам сущности электроконтактного плакирования посвящено большое количество исследований [1-3, 7, 11]. Особый вклад в изучение данного способа нанесения материала внесли Клименко Ю.В., Ярошевич В.К., Каркозов Э.С., Кочергин К.А. и др.

В качестве присадочных материалов при электроконтактной наплавке широко используются проволоки и ленты сплошного сечения, порошковые материалы, порошковые проволоки, металлические и биметаллические ленты, порошковые ленты и металлические порошки. В работах [2, 6, 8-10] рассмотрены свойства, составы и способы изготовления этих материалов, способы наплавки.

Цель статьи – изучение материалов и способов электроконтактного упрочнения.

Изложение основного материала. Существуют различные способы упрочнения деталей электроконтактной наплавкой требуемых слоев, обеспечивающих работоспособность в определенных условиях эксплуатации. Электроконтактная наплавка деталей машин с малой толщиной износа характеризуется рядом положительных качеств [1]:

- высокой производительностью и низкой энергоёмкостью процесса наращивания слоя металла;
- незначительной величиной или полным отсутствием расплавленного металла в области контакта;
- отсутствием или весьма малой долей участия металла изделия в наплавленном слое;
- минимальной зоной термического влияния, вследствие малой длительности импульсов сварочного тока;

¹ д-р техн. наук, профессор, ГВУЗ «Приазовский государственный технический университет» г. Мариуполь

² аспирант, ГВУЗ «Приазовский государственный технический университет» г. Мариуполь

- малыми термическими деформациями наплавляемого изделия;
- отсутствием необходимости в защитной среде ввиду кратковременного термического воздействия на свариваемые материалы и другим особенностям процесса;
- отсутствием мощного светового излучения и газовой выделения.

При электроконтактном упрочнении деталей используют различные материалы, обеспечивающие требуемый химический состав в наплавленном слое, его геометрические размеры и свойства. В каждом случае выбирают материал, режимы и способ наплавки.

Применение порошковой проволоки, в качестве присадочного материала, при электроконтактной наплавке, позволяет расширить технологические возможности данного способа, позволяет увеличить введение количества компонентов. Ток, протекая по оболочке, нагревает её до температуры перехода в пластическое состояние. При определённом усилии, прилагаемом к электроду, оболочка соединяется с основным металлом, а порошковый материал (сердечник) нагревается теплом, поступающим от оболочки. В работах [2, 3] установлены основные закономерности нагрева порошковой проволоки в процессе электроконтактной наплавки износостойкого сплава, а также создана математическая модель, описывающая этот процесс. Определена прочность сцепления порошковой проволоки с основой при электроконтактной наплавке.

Для электроконтактной наплавки металлическими лентами, чаще всего используют отожжённые стальные ленты, которые значительно упрочняются при электроконтактной наплавке, но упрочнение происходит неравномерно. Наиболее интенсивно происходит упрочнение в зонах наплавленного слоя, не подвергающихся термическому воздействию последующих импульсов тока. Площадь этих зон составляет 50-90% от общей площади наплавленной поверхности. В результате повторного термического воздействия остальная часть наплавленного слоя разупрочняется. При увеличении содержания углерода степень разупрочнения повышается. Повышение содержания углерода способствует образованию в наплавленном слое сетки трещин. Следовательно, для восстановления и упрочнения деталей, имеющих большой запас усталостной прочности, стальные ленты могут применяться при определенных условиях, необходимого химического состава.

Известны способы электроконтактной наплавки биметаллических лент [4, 5]. Одним из таких способов является нанесение покрытия на торец ленты шовной сваркой, включающий установку ленты на опорном ролике, перемещение ее с помощью приводных боковых электродных роликов, подключенных к одному из полюсов источника тока, и наварку покрытия сварочным роликом с канавкой, подключенным к другому полюсу источника тока. С целью повышения прочности сварного соединения и экономичности процесса за счет увеличения плотности тока в головной части сварочной зоны сварочный ролик смещают относительно боковых роликов в направлении движения ленты на величину, не превышающую длину зоны деформации покрытия. Данный способ позволяет наносить покрытия лишь на локальные участки поверхности с использованием сварочного ролика с кольцевой контактной канавкой на цилиндрической поверхности. Этот метод требует определенных условий для его практического использования.

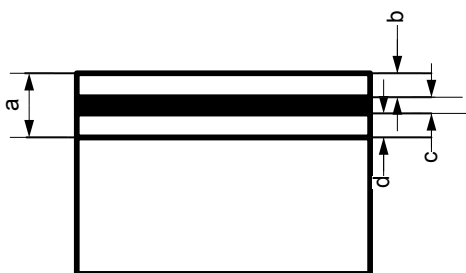


Рисунок – Схема восстановления детали электроконтактной сваркой: а - толщина ленты; с - толщина приработочного слоя; d - толщина износостойкого слоя

Известен способ восстановления детали электроконтактной сваркой, при котором на деталь приваривают металлическую ленту с износостойким слоем, полученным, например, химико-термической обработкой, с целью обеспечения механической обработки, создания рабочего слоя, ленту приваривают износостойким слоем к поверхности детали и механической обработкой снимают слой толщиной b, который выбирают из соотношения $c = a - d - b$. Схематически данный способ представлен на рисунке 1.

Такой способ улучшает качество восстанавливаемой детали, но при этом возможна недостаточная прочность покрытия с основным металлом.

Для электроконтактного способа упрочнения находят применения порошковые ленты, имеющие

прямоугольное сечение. Оболочка порошковой ленты, в зависимости от требуемого химического состава состоит из металлической ленты, сформированной требуемого профиля. В качестве сердечника используются порошки определенного химического состава. Первые порошковые ленты изготавливались совмещаясь с наплавочным аппаратом, формировали её специальными роликами, одновременно заполняя оболочку соответствующими порошкообразными компонентами сразу же проводили наплавку. Затем порошковую ленту стали изготавливать отдельно на специальных станах, снабжённых роликами для формирования и завальцовки ленты-оболочки. Более подробно конструкции порошковых лент рассмотрены в работе [6]. Такой способ изготовления порошковой ленты позволяет получить ленту требуемого состава и конструкцию оболочки, что в последующем обеспечит её применение для электроконтактного упрочнения. Можно изготавливать порошковую ленту необходимого состава и конструкции для упрочнения конкретной детали, учитывая её размер и требуемые размеры упрочняющего слоя, его свойств.

Сочетание компонентов сердечника с обширным диапазоном варьирования состава и материала оболочки дает возможность получить на поверхности изделия прочный и пластичный наплавленный слой с включением тугоплавких частиц, обеспечивающих высокую износостойкость металла. Сложность проведения процесса электроконтактной наплавки порошковыми лентами связана с некоторыми ограничениями, обусловленными неравномерным и неконтролируемым распределением электрического тока в различных точках контакта поверхности изделия с оболочкой ленты, что может приводить к несплавлениям или перегревам и выплескам в отдельных участках [7].

Существуют порошковые ленты для электроконтактного напекания, состоящие из полимерной оболочки и сердечника. Полимером является полиэтилен или полиформальгедид армированный частицами шихты [8, 9]. Использование полимерной ленты позволяет увеличить толщину слоя между сварочным роликом и деталью. К недостаткам данного электродного материала можно отнести повышенную пористость наплавленного слоя, интенсивное газовыделение. Кроме того, в очаге деформации полимерная лента нагревается вокруг наплаваемого участка, и из-за термической деструкции частицы порошковых материалов оказываются свободными от полимерных связей, что приводит к потерям 10-15% от массы ленты. Масса наплавленного слоя меньше массы наплавленной порошково-полимерной ленты на величину, равную массе полимера. В каждом конкретном случае необходимо учитывать состав ленты.

Электроконтактную приварку порошковых материалов можно отнести к категории процессов с ярко выраженным механическим и тепловым активированием [10]. Поэтому в качестве управляющих воздействий на свойства порошковых покрытий и производительность процесса их нанесения используют параметры режима: давление сжатия, сварочный ток, время импульса тока, время пауз и скорость сварки. Однако, возможности их использования ограничены областью оптимального качественного состояния процесса.

При электроконтактной приварке металлических порошков в свободном состоянии величина активирующего давления ограничена значениями 35-40 МПа, чтобы избежать выдавливания порошка из зоны приварки и предотвращения появления наплывов и других дефектов [11]. Это, в свою очередь, ограничивает величины тока, скорости сварки, длительность импульса тока, поскольку нагрев необходимо осуществлять со скоростью не более $3-5 \cdot 10^3$ К/с для обеспечения равномерного нагрева частиц порошка. При более высоких скоростях нагрева, более $5 \cdot 10^3$ К/с и указанных значениях активирующего давления, происходит мгновенный разогрев контактных участков частиц без достаточного разогрева самой частицы порошка. В результате процесс электроконтактной приварки протекает не стабильно, возможно проплавление слоя на отдельных участках. При этом пористость покрытий достигает больших значений – 25-35%.

С целью расширения области оптимального качественного состояния процесса электроконтактной приварки металлических порошков возможно использование и других активирующих воздействий:

механических – предварительное уплотнение слоя, двухстадийное нанесение покрытий, наклеп поверхности детали, электродинамическое силовое активирование, внешним воздействием ультразвуковым полем;

термических – импульсное введение тепла, подогрев порошка, изменением теплофизических свойств, повышением температуры поверхности детали [10, 11, 12];

химических – введение специальных добавок, уменьшающих окисление или разрушающих окисные пленки, нанесение поверхностно-активных веществ, приварка с использованием экзотермических реакций, приварка в среде защитных газов, введение элементов снижающих температуру образования жидкой фазы.

Существует способ нанесения покрытий из металлического порошка на поверхность деталей цилиндрической формы, включающий электроконтактное напекание металлического порошка, с целью повышения качества изделий, перед напеканием на поверхность детали витками наматывают металлическую ленту с шагом больше ширины ленты, порошок при электроконтактном напекании помещают между витками ленты, после напекания порошка проводят механическую обработку поверхности. Недостатком такого способа нанесения покрытий, является то, что он не обеспечивает равномерное распределение твердости поверхности. При этом способе упрочнения необходима термическая подготовка порошков, обеспечить однородное смешивание при использовании многокомпонентной системы [13].

Анализ существующих путей повышения качества показывает, что они характеризуются как однозначными функциональными связями с параметрами режима приварки, так и могут быть независимо регулируемы. Кроме того, повышение качества покрытий в основном достигается за счет предварительного формирования на детали порошкового слоя с заданными свойствами (удельное сопротивление, пористость и др.), удовлетворяющими требованиям оптимального процесса электроконтактной приварки, что обеспечивает выбор материала.

Приведенными технологическими схемами электроконтактного нанесения порошковых покрытий решаются одновременно две задачи: формирование на поверхности детали порошкового слоя и его приварки на режимах, обеспечивающих сохранение заданных физико-механических свойств. Одновременное решение этих задач при нанесении порошковых покрытий нерационально, т.к. при этом накладываются существенные технологические ограничения из-за необходимости ведения каждого процесса при различных силовых и тепловых активизирующих воздействиях.

В настоящее время процесс электроконтактной наплавки требует использования новых материалов и способов их нанесения.

Выводы

1. На основании анализа существующих материалов для электроконтактного упрочнения установлено, что данный способ восстановления требует применения соответствующих наплавочных материалов.
2. Материал и способ упрочнения необходимо выбрать с учетом требуемых размеров наплавки, дальнейших условий эксплуатации деталей.

Список использованных источников:

1. Клименко Ю.В. Электроконтактная наплавка / Ю.В. Клименко. – М. : Металлургия, 1978. – 128 с.
2. Чигарёв В.В. Математическая модель нагрева присадочного материала при электроконтактной наплавке износостойкого сплава / В.В. Чигарёв, Д.А. Волков // Вісник Приазовського державного технічного університету: зб. наук. праць. – Маріуполь : ДВНЗ «Призов. держ. техн. ун-т.», 2011. – Вип. 22. – С. 26 – 31.
3. Волков Д.А. Определение прочности сцепления присадочного материала с основой при электроконтактной наплавке порошковой проволокой / Д.А. Волков, В.Т. Катренко // Важке машинобудування. Проблеми та перспективи розвитку : матеріали V Міжнародної науково-технічної конференції. – Краматорськ : ДДМА, 2007. – С 16.
4. А.с. 1532237 СССР. Способ нанесения покрытия на торец ленты шовной сваркой / В.К. Образцов; – БИ № 48. – 1989.
5. А.с. 1459887 СССР. Способ восстановления детали электроконтактной сваркой / А.В. Поляченко, А.А. Болтян; – БИ № 7. – 1989.
6. Чигарёв В.В. Порошковые ленты для наплавки / В.В. Чигарёв, А.Г. Белик // Сварочное производство. – 2011. – №8. – С. 38 – 44.
7. Чигарёв В.В. Разработка технологии подготовки поверхности восстанавливаемого изделия под электроконтактное плакирование порошковым электродом / В.В. Чигарёв, В.А. Пре-

- сняков, Е.В. Кассова // Захист металургійних машин від поломок: зб. наук. праць. – Маріуполь : ПДТУ, 2008. – №10 – С. 238 – 242.
8. А.с. 464425 СССР. Порошковая проволока / Ю.А. Юзвенко, А.П. Журда, Е.И. Фрумин и др.; – БИ № 11. – 1975.
 9. А.с. 959962 СССР. Порошковая лента / И.Е. Ульман, Ю.С. Тарасов, В.Н. Чижов; – БИ № 35. – 1982.
 10. Дорожкин Н.Н. Упрочнение и восстановление деталей машин металлическими порошками / Н.Н. Дорожкин. – Минск. : Наука и техника, 1975. – 152 с.
 11. Ярошевич В.К. Электроконтактное упрочнение / В.К. Ярошевич, Я.С. Генкин, В.А. Верещагин. – Минск. : Наука и техника, 1982. – 256 с.
 12. Дорожкин Н.Н. Импульсные методы нанесения порошковых покрытий / Н.Н. Дорожкин, Т.М. Абрамович, В.К. Ярошевич. – Минск. : Наука и техника, 1985. – 279 с.
 13. А.с. 1445857 СССР. Способ нанесения покрытий из металлического порошка на поверхность деталей цилиндрической формы / В.К. Пустаханов; – БИ №47. – 1988.

Bibliography:

1. Klimenko Yu. V. Electrocontact surfacing / Yu. V. Klimenko. – М.: Metallurgiya, 1978. – 128 p. (Rus.)
2. Chigarev V. V. Mathematical model of heating of a filler material at electrocontact overlaying welding of a wear-resistant alloy / V.V. Chigarev, D.A. Volkov // Visnik Priazovskohgo derzhavnogo tehnicnogo universitetu: Collection of science papers. – Mariupol: DVNZ “Priazov. derzh. tehn. un-t”, 2011. – Vip. 22. – P. 26-31. (Rus.)
3. Volkov D.A. Determination of bond strength with the filler material basis for the electro-cored wire surfacing / D.A. Volkov, V.T. Kartenko // Vazhke mashinobuduvannya. Problemi ta perspektivi rozvitku : materiali V Mizhnarodnoi naykovo-tehnicnoi konferencii. – Kramatorsk: DDMA, 2007. – P 16. (Rus.)
4. A.s. 1532237 SSSR. Method of coating on the end ribbon seamwelding / V.K. Obrazcov; - BI № 48. – 1989. (Rus.)
5. A.s. 1459887 SSSR. Way to restore electric-welded parts / A.V. Polyachenko, A.A. Boltyan; - BI № 7. – 1989. (Rus.)
6. Chigarev V. V. Powder tapes surfacing / V.V. Chigarev, A.G. Belik // Svarochnoe proizvodstvo. – 2011. – №8. – P. 38 – 44. (Rus.)
7. Chigarev V. V. Development of technology for surface preparation products recovered by electro plating powder electrode / V.V. Chigarev, V.A. Presnyakov, E.V. Kassova // Zahist metalurgiih mashin vid polomok: Collection of science papers. – Mariupol : PDTU, 2008. – №10 – P. 238 – 242. (Rus.)
8. A.s. 464425 SSSR. Cored wire / Yu.A. Yuzvenko, A.P. Zhurda, E.I. Frumin i dr.; - BI № 11. – 1975. (Rus.)
9. A.s. 959962 SSSR. Powder tape / E.I. Ulman, Yu.S. Tarasov, V.N. Chizhov; - BI № 35. – 1982.(Rus.)
10. Dorozhkin N.N. Hardening and recovery of machine parts with metal powders / N.N. Dorozhkin. – Minsk.: Nauka i tehnika, 1975. – 152 p. (Rus.)
11. Yaroshevich V.K. Electrocontact strengthening / V.K. Yaroshevich, Ya. S. Genkin, V.A. Vereshyagin. – Minsk: Nauka i tehnika, 1982. – 256 p. (Rus.)
12. Dorozhkin N.N. Pulse methods for powder coating / N.N. Dorozhkin, T.M. Abramovich, V.K. Yaroshevich. – Minsk: Nauka i tehnika, 1982. – 256 p. (Rus.)
13. A.s. 1445857 SSSR. Method of coating metal powder on the surface of the cylindrical parts / V.K. Pustahanov; – BI № 47. – 1988. (Rus.)

Рецензент: В.И. Щегина
д-р техн. наук, проф. ГБУЗ «ПТТУ»

Статья поступила 28.04.2012