

На рисунке 1 показано изменение дисперсии наночастиц в жидком стекле со временем и в зависимости от способа смешивания. При механическом смешивании жидкого стекла с ультрадисперсными порошками образовывалось большое количество агломератов. Это объясняется адгезией частиц под действием сил Ван-дер-Ваальса. Из микроструктур следует, что раздробить агломераты наночастиц одним только перемешиванием на планетарной шаровой мельнице не удалось. Видно, что обработка на механокавитационной установке активаторного типа позволяет разложить все агломераты при увеличении времени перемешивания.

На основании проведенных исследований, можно сделать выводы:

1. При помощи механокавитационной установки активаторного типа ультрадисперсные порошки-модификаторы можно равномерно диспергировать в жидком стекле. Следовательно, в электродном покрытии обеспечить равномерное распределение модификаторов.
2. Предлагаемая технология изготовления сварочных электродов позволяет снизить расход жидкого стекла на 10%, что позволяет снизить себестоимость изготовления электродов.

Список литературы

1. Палиевская, Е. А., Сидлин, З. А. Проблемы сырьевой базы производства сварочных материалов // Сварочное производство. – 2009. – № 9. – С. 25 – 31.
2. Коротков, В.А. Исследование износостойкости твердых наплавочных материалов в производственных условиях. // Известия высших учебных заведений. Черная металлургия. – 2013. – №1. – С.45-49.
3. Гежа, В.В. Пути повышения сварочно-технологических характеристик электродов с покрытием основного типа, предназначенных для сварки высокопрочных и хладостойких сталей / В.В. Гежа, А.П.Барышников, Л.В. Гриценко и др. // Вопросы материаловедения – 2000. – №1.– С.69-77.
4. Дзюба, О. В. Сварочно-технологические свойства новых низководородистых электродов для сварки магистральных трубопроводных / О. В. Дзюба, В. М Дзюба, А. А. Чуларис // Территория нефтегаз. – 2011. – №11. – С.68-70.
5. Makarov, S. V. Use of Complex Nanopowder (Al_2O_3 , Si, Ni, Ti, W) in Production of Electrodes for Manual Arc Welding / S. V. Makarov, S. B. Sapozhkov // World Applied Sciences (Special Issue on Techniques and Technologies). – 2013. – Journal 22. – P. 87–90.
6. Дзюба, О. В. Активирование жидкого стекла для снижения количества диффузионно-подвижного водорода / Дзюба О. В., Дзюба В. М., Заболоцкий И. В. и др. // Сварка и диагностика. – 2011 – №6. – С.56-58.
7. Лозовой, В. Г. Целлюлозные электроды, некоторые особенности их изготовления и применения. / В. Г. Лозовой, О. В. Дзюба, В. М. Дзюба и др. // Сб. докладов IV международная конференция по сварочным материалам стран СНГ / – Краснодар, 2007. – С.69-75.
8. Дзюба, О. В. и др. Компонентозамещение в электродных покрытиях – эффективный путь снижения диффузионно-подвижного водорода и повышения качества сварных соединений / О. В. Дзюба, В. М. Дзюба, А. А. Чуларис // Сварочное производство. – 2011. – № 12. – С. 28-32.
9. Дзюба, О. В. и др. Электродиализ жидких стекол для повышения их силикатного модуля и улучшения реологических характеристик / О. В. Дзюба, В. М. Дзюба, С. А. Лоза и др. // Сб. докл. V международной конференции по сварочным материалам стран СНГ. – Киев, 2010. – С. 21-28.
10. Лозовой, В. Г. и др. Опыт применения российских импортозаменяющих электродов ЛБ-52TRU при сварке доменной печи Новолипецкого металлургического комбината / В. Г. Лозовой, О. В. Дзюба, В. М. Дзюба и др. // Сб. докл. V международной конференции по сварочным материалам стран СНГ. – Киев, 2010. – С. 63-78.

ПУТИ УВЕЛИЧЕНИЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ И ТОЧНОСТИ ПОЛУЧАЕМЫХ ИЗДЕЛИЙ МЕТОДОМ ПОСЛОЙНОГО ВЫРАЩИВАНИЯ В СРЕДЕ ЗАЩИТНЫХ ГАЗОВ

М.А. Кузнецов¹, к.т.н, М.А. Крампит¹, А.Г. Крампит², д.т.н., доц.

¹Юргинский технологический институт (филиал) Томского политехнического университета
652055, г. Юрга, ул. Ленинградская, 26, 8(38451)7-77-65

E-mail: kuznetchik@mail.ru

²АО “НПП “Исток” им. Шокина”, 141190, г.Фрязино, Вокзальная ул., д.2а

В статье представлен анализ существующих способов аддитивного производства металлических изделий. Предложены уникальные пути их решения недостатков существующих способов с помощью

внедрения новых способов импульсно-дуговой наплавки с подогревом вылета электродной проволоки и системы автоматизированного отслеживания параметров и корректировка режимов сварки. Также рассмотрены расширение возможностей аддитивных технологий за счет введения ультра- и нано- дисперсных частиц в различные слои при послойном выращивании (прототипировании) изделия.

В современной промышленности все более актуальным становится изготовление металлических изделий сложной формы при помощи аддитивных технологий. Реализация процесса изготовления возможна за счет применения электродуговой наплавки. Наплавка концентрированным источником энергии при высокой производительности процесса, позволяет реализовать принцип аддитивно-го производства, а именно послойного формирования объемных конструкций.

На сегодняшний день существуют два технологических процесса создания металлических изделий. В первом случае формируется слой из порошка, насыпанного на рабочую поверхность, далее данный порошок обрабатывают лазером или другим источником нагрева. Во втором технологическом процессе материал подается непосредственно в место подведения источника энергии и производится построение фрагмента детали [1].

Также существуют технологические процессы получения металлических 3D-изделий, при которых происходит плавление присадочной (электродной) проволоки, но они применяются не так часто. При данных способах используется $\geq 99\%$ расплавляемой проволоки. Производство изделий по данному технологическому процессу производится при значительной экономии материала и последующих стадиях обработки [2, 3].

Этот процесс обеспечивает хорошее межзатомное взаимодействие слоев и получение кристаллической решетки, а также защиту расплавленного электродного металла и наращиваемых слоев металлического изделия от образования оксидов. Однако данный процесс при его доступности и указанных выше достоинствах имеет ряд недостатков:

- большой размер зоны термического влияния (ЗТВ);
- возникновение внутренних остаточных напряжений вследствие перегрева.

Устранить данные недостатки можно двумя путями: отслеживать температуру получаемого изделия и корректировать режимы сварки исходя из повышения температуры; использовать производительные режимы импульсно-дуговой сварки с пониженным тепловложением.

Суть процесса заключается в наличии второго (дополнительного) контактного наконечника, который находится на расстоянии 140–390 мм от основного [4]. Транзисторный ключ передает ток паузы, который проходя через участок проволоки, нагревает его до температуры 550–650 °С. Ток паузы также поддерживает горения дуги и помогает формировать каплю расплавленного металла на торце электродной проволоки. Участок нагретой электродной проволоки служит сопротивлением, ограничивая ток до значения тока паузы. Коэффициент расплавления при этом увеличивается с $15 \div 20$ до $35 \div 45$ г/А·ч, а тепловложение в изделие снижается в 1,6 раз.

Для регулирования температуры электродной проволоки на контактный наконечник через теплоизоляционную проставку установлена контактная часть с температурным датчиком. Данные преобразует микроконтроллер, подавая сигнал на шаговый двигатель, который изменяет расстояние между контактными наконечниками, и на драйвер управления транзисторами, управляющими током паузы. Шаговый двигатель перемещает дополнительный контактный наконечник, меняя длину участка электродной проволоки и его сопротивление. Следовательно, изменяется сила тока паузы и температура нагрева проволоки. А изменяя скважность импульсов, происходит изменение среднего значения силы тока паузы. При этом наплавленный слой получается структурно однородным без изменения коэффициента расплавления.

Предлагаемые технические решения (подогрев проволоки) позволяют уменьшить величину и длительность действия максимального тока в период отрыва и перехода расплавленной капли в зону плавления слоя.

Процесс импульсно-дуговой наплавки имеет большое количество различных параметров, поэтому для оптимизации режимов необходимо применять пакеты математического и физического моделирования.

Корректировка режимов осуществляется микроконтроллером. Корректировка режимов должна быть и предварительная, и сопутствующая. При предварительной корректировке происходит сканирование слоя по траектории последующей наплавки. Строится высотная карта поверхности. При отклонении каких либо участков происходит запись и последующая корректировка режима в данной точке, которая либо снижает скорость и заправляет впадину, либо увеличивает скорость, что сглаживает выступ.

Также при наплавке (особенно при формировании тонкой стенки) возникает опасность перегрева изделия, а в некоторых случаях может даже привести к стеканию наплавленной стенки. Для

предотвращения этого необходимо снимать температуру по траектории перемещения горелки на небольшом расстоянии перед ней, для того, чтобы не было теплового воздействия дуги и система успевала отреагировать на изменения.

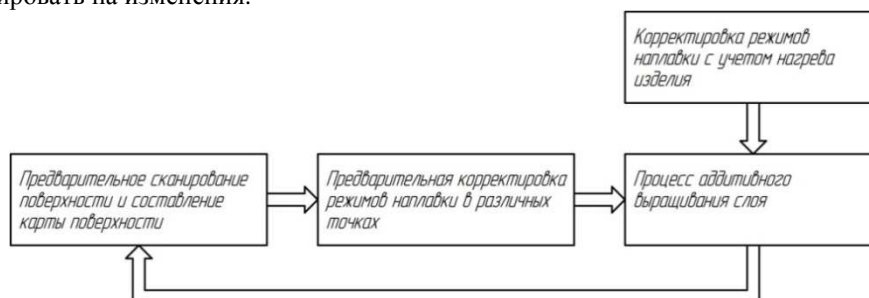


Рис. 1. Алгоритм аддитивного выращивания с предварительной и сопутствующей корректировкой режимов

Проект направлен на решение одной из основных задач в области 3D-печати, а именно на снижение тепловложения в металлические изделия, полученные электродуговым послойным выращиванием. Решение данной задачи приведет к уменьшению внутренних остаточных напряжений, получению более точной детали, измельчению структуры, а следовательно к повышению прочностных характеристик и эксплуатационных свойств металлических изделий, полученных электродуговым послойным выращиванием. Результаты выполнения работы по проекту дополняют прорывные технологические решения, целью которых является повышение ресурса, живучести и эксплуатационной надежности металлических изделий, полученных электродуговым послойным выращиванием.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-38-00036

Список литературы

1. Зленко М.А., Попович А.А., Мутылина И.Н. Аддитивные технологии в машиностроении. Учебное пособие. – Санкт-Петербург, СПбГУ, 2013. – 221 с.
2. Ding D.H. Wire-feed additive manufacturing of metal components: technologies, developments and future interests // International Journal of Advanced Manufacturing Technology. Oct. 2015. – P. 465–481
3. Taminger K.M. Electron beam freeform fabrication for cost effective near-net shape manufacturing // 139 specialists meeting on cost effective manufacture via net shape processing. Amsterdam (The Netherlands): NATO. 2006. – P. 16.1–16.10.
4. Крампит М.А. Применение устройства с подогревом вылета электродной проволоки током паузы в аддитивном производстве // Фундаментальные исследования. – 2017. – № 4-1. – С. 44-48; URL: <http://www.fundamental-research.ru/ru/article/view?id=41433> (дата обращения: 13.04.2018).

АНАЛИЗ ВОСПРОИЗВОДИМОСТИ РЕЗУЛЬТАТОВ ЭКСПЕРИМЕНТОВ ПО РАСПОЗНАВАНИЮ ОБРАЗОВ ДЕФЕКТОВ СВАРКИ

*С.Ю. Назаренко, аспирант, Томский политехнический университет
634050, г. Томск, пр. Ленина, 30
E-mail: svetana@mail.ru*

Для распознавания типовых дефектов сварных соединений – трещин и пор – использованы два алгоритма распознавания образов дефектов на цифровом радиационном изображении объекта. В работе вычислены значения критерия Кохрена, который применяется для проверки однородности дисперсий. Для всех рассмотренных случаев экспериментальное значение критерия Кохрена не превышает критическое значение, что говорит об однородности дисперсий и воспроизводимости экспериментов.

For recognizing typical defects of welded joints – cracks and pores – two algorithms for recognizing defects on a digital radiation image of an object are used. In this paper, the values of the Cochran test are calculated, which is used to check the uniformity of the variances. For all the cases considered, the experimental value of the Cochran test does not exceed the critical value, which indicates the homogeneity of variances and the reproducibility of the experiments.