

ВЛИЯНИЕ ГРАФИТОВЫХ ПОЛЗУНКОВ НА ФОРМИРОВАНИЕ ДЕНДРИТНОЙ СТРУКТУРЫ НЕРЖАВЕЮЩЕЙ СТАЛИ AISI 304L ПРИ MIG СВАРКЕ В СРЕДЕ АРГОНА

К.О. Акимов^{1,2}, А.С. Дубровский^{1,3,a}, Д.А. Чинахов^{1,4}, Д.П. Ильященко^{1,4}

¹*Институт физики прочности и материаловедения СО РАН, 634055, Томск
634055, г. Томск, просп. Академический, 2/4*

²*Национальный исследовательский Томский государственный университет,
634050, Томск, пр. Ленина, 36*

³*Национальный исследовательский Томский политехнический университет,
634050, г. Томск, пр. Ленина, 30*

⁴*Юргинский технологический институт (филиал) Национального исследовательского
Томского политехнического университета
652055, Кемеровская обл., г. Юрга, ул. Ленинградская, 26
E-mail: alexey.dubrovskiy.98@gmail.com^a*

Аннотация: В работе исследовали многослойные образцы, наплавленные нержавеющей сварочной проволокой AISI 304L дуговой сваркой в среде аргона. Образцы наплавливали двумя способами: без использования ограничителей и с использованием графитовых формирующих полозьев. Изображения структур образцов получены в режиме дифференциально-интерференционного контраста. Анализ полученных структур показал, что применение графитовых ползунков позволяет получить равномерную структуру в образцах без резких переходов между наплавленными слоями.

Abstract: We investigated multilayer specimens deposited with AISI 304L stainless welding wire by arc welding in an argon atmosphere. The samples were deposited in two ways: without the use of limiters and with the use of forming graphite skids. The images of the structures of the samples were obtained in the differential interference contrast mode. The analysis of the structures obtained showed that the use of graphite skids makes it possible to obtain a uniform structure in the samples without abrupt transitions between the deposited layers.

Ключевые слова: MIG сварка, послойное выращивание, дендритная структура, нержавеющая сварочная проволока.

Keyword: MIG welding, multilayer surfacing, dendritic structure

Разработка технологии аддитивного производства, позволяющего получать изделия с повышенными физико-механическими характеристиками является одним из основных перспективных направлений развития современного материаловедения в промышленных технологиях. В настоящее время в области аддитивных технологий активно рассматриваются возможности процесса изготовления заготовок из различных порошков путем их плавления под воздействием электронных или лазерных лучей. Данные методы позволяют получить изделия с высокой точностью допуска на размер [1]. Однако они обладают рядом минусов, среди которых низкая скорость изготовления изделия [2]. Также при работе с порошковыми системами в качестве исходных материалов возникает риск получения итогового продукта с дефектами, в частности с порами, которые в последствии в значительной мере могут повлиять на эксплуатационные свойства изделия [3]. В связи с тем, что существует необходимость преодоления проблем, связанных с микроструктурными особенностями возникающими в неравновесных условиях затвердевания из расплава, появляется потребность в разработке новых методов аддитивного производства изделий различного назначения.

Одним из решений данной проблемы является технология послойного выращивания изделий методом дуговой сварки в атмосфере инертного газа с использованием сварочной проволоки [4]. Несмотря на то, что точность готовых изделий, полученных данным методом ниже, чем при использовании классических методов плавления порошковых систем, скорость осаждения наплаваемого материала значительно выше. Это позволяет получать детали больших размеров за короткие сроки. В связи с этим данным метод имеет широкую популярность в различных отраслях промышленности [5].

При выборе материала сварочной проволоки в области разработок послойного выращивания заготовок методом дуговой сварки особую позицию занимают нержавеющие стали [6]. В связи с большей доступностью сварочную проволоку из нержавеющей сталей применяют для изготовления деталей в таких передовых отраслях, как авиа- и ракетостроение.

Цель данной работы исследовать влияние графитовых полозьев на формирование дендритной структуры изделий, полученных многослойной наплавкой сварочной нержавеющей проволокой AISI 304L в среде аргона.

На рис. 1 представлена трехмерная модель образца, полученного многослойной наплавкой сварочной нержавеющей проволокой AISI 304L в среде аргона с использованием графитовых полозьев.

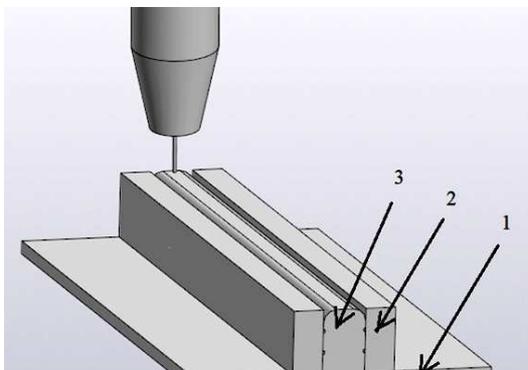


Рис. 1. Трехмерная модель образца, полученного методом послойного дугowego выращивания:
1 – стальная подложка, 2 – графитовые формирующие полозья, 3 – образец

При послойном выращивании изделий использовалась сварочная проволока из нержавеющей стали марки AISI 304L. Данная марка сварочной проволоки имеет пониженное содержание углерода и предназначена для сварки изделий, эксплуатирующихся в широком интервале температур от -196 до 350°C. Аналогами данной марки сварочной проволоки являются марки проволок из коррозионноустойчивых хромоникелевых сталей: 03X18H11, 08X18H10T. В таблице 1 представлен химический состав используемой сварочной проволоки.

Таблица 1

Химический состав проволоки марки AISI 304L

C	Mn	Si	Cr	Ni	P	S
max 0.03	1.40-2.10	0.65-1.00	19.5-21.0	9.00-11.00	max 0.030	max 0.020

Образцы получали многослойной наплавкой плавящимся электродом AISI 304L диаметром 0,8 мм в среде аргона, сварочный ток $I_{св} = 100A$, напряжение дуги $U = 20 В$, полярность обратная. На рис. 2 приставлены изображения поперечных срезов образцов.

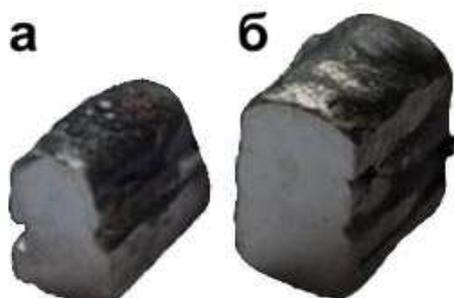
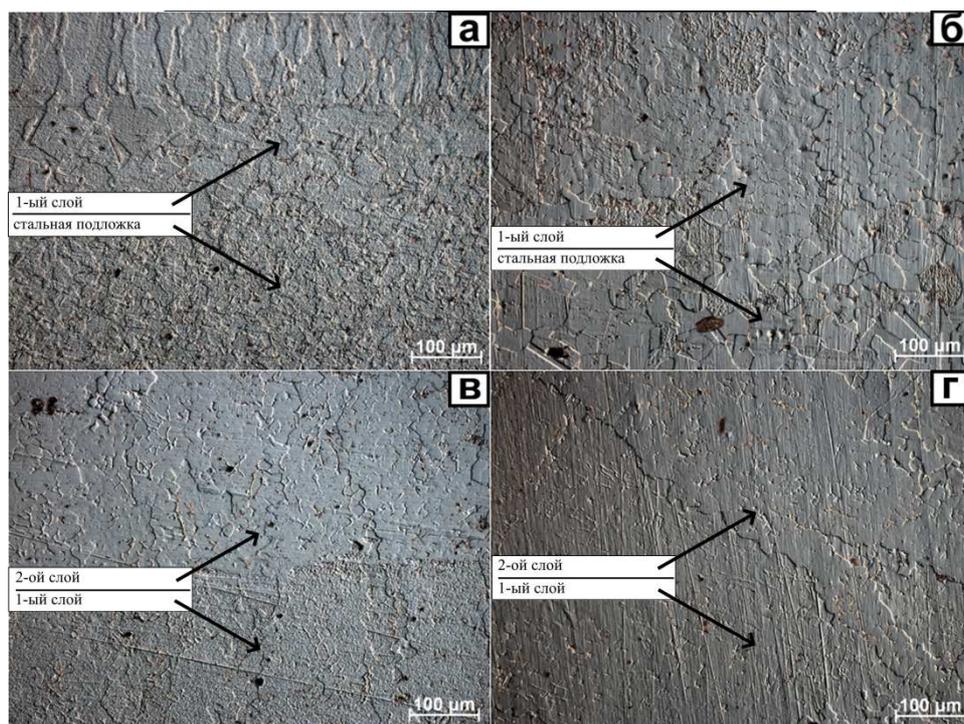


Рис. 2. Поперечные срезы образцов, полученные методом послойного дугowego выращивания:
1 – без ограничителей, 2 – с использованием формирующих графитовых полозьев.

Из рисунка 2 видно, что использование формирующих графитовых полозьев позволяет получить итоговое изделие методом послойного выращивания путем наплавки проволоки с геометрией высокой точности, т.е. внешняя поверхность получаемых образцов более ровная и потребует меньше затрат на финишную обработку.

На рис. 3 представлены дендритные структуры зон сплавления поперечных сечений, исследуемых образцов.

Из рис. 3 (а, в) видно, что при сварке без использования ограничителей наблюдаются резкие переходы между зонами сплавления, вызванные повышенным теплоотводом. В свою очередь при использовании формирующих графитовых полозьев (рис. 3 б, г), благодаря ограничению отвода тепла с боковых стенок образцов, наблюдается равномерный переход между наплавляемыми слоями. Помимо этого, при использовании графитовых полозьев наблюдается отсутствие пор во всех слоях итогового образца. Отсутствие подобного вида дефектов позволяет предположить, что у образцов выращенных с использованием графитовых полозьев будут наблюдаться большие значения физико-механических свойств по сравнению с образцами, выращенными без использования ограничителей.



*Рис. 3. Оптические изображения структур зон сплавления образцов послойно наплавленной проволоки AISI 304L полученные в режиме дифференциально-интерференционного контраста :
 а – переход между стальной подложкой и первым слоем, без ограничителей;
 б – переход между стальной подложкой и первым слоем, с использование графитовых полозьев;
 в – переход между 1-ым и 2-ым слоями, без ограничителей; г – переход между 1-ым и 2-ым слоями, с использование графитовых полозьев.*

Таким образом, использование графитовых формирующих полозьев, при изготовлении послойно выращенных образцов методом MIG сварки в среде аргона, позволяет получать готовое изделие с однородной структурой и достаточно высокой точностью допуска на размер. Полученные результаты говорят о необходимости проведения дальнейших исследований по изучению механических свойств образцов, получаемых описанным способом.

Список используемых источников:

1. Zhai, Y. Additive Manufacturing: Making Imagination the Major Limitation/ Y. Zhai, D. A. Lados & J.L. LaGoy // JOM. – 2014. – №. 66. – pp. 808–816.
2. Laser and electron-beam powder-bed additive manufacturing of metallic implants: A review on processes, materials and designs / S.L. Sing et al. // J. Orthop. Res. – 2015. – №34. – pp. 369–385.
3. Laser powder-bed fusion additive manufacturing: Physics of complex melt flow and formation mechanisms of pores, spatter, and denudation zones / S.A. Khairallah et al. // Acta Mater. – 2016. – №108. – pp. 36–45.
4. Karayel E. Additive manufacturing method and different welding applications/ E. Karayel, Y. Bozkurt // Journal of Materials Research and Technology. – 2020. – Vol.9, Iss. 5. –pp. 11424-11438

5. A review of the wire arc additive manufacturing of metals: Properties, defects and quality improvement/ B. J. Wu et al. // *Manuf. Process.* – 2018. – №35. – pp. 127–139.
6. Influence of hardness on the wear resistance of 17-4 PH stainless steel evaluated by the pin-on-disc testing / J. Bressan et al. // *J. Mater. Process. Technol.* – 2008. – Vol.205, Iss. 1-3. – pp. 353–359.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДОВ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ ПРОДУКЦИИ ДЛЯ ОЦЕНКИ ДЕФЕКТОВ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ ТРУБ

А.А. Ощепкова, магистр, Б.И. Мандров к.т.н., доц.

Алтайский государственный технический университет

им. И.И. Ползунова, 656099, г. Барнаул, пр. Ленина 46, тел. (3852)-29-08-79

e-mail: leha1996_25@mail.ru

Аннотация: Показано, что визуальный и измерительный контроль не гарантирует предотвращение выпуска дефектной продукции, предложено использовать частотный анализ для выявления значимости типа дефекта для конкретного вида продукции, на примере сварных соединений труб проведен анализ выявленных недопустимых дефектов, на основе метода ABC Дж. Джурана и диаграммы Парето проведено деление дефектов на группы значимости, предложено провести анализ причинно-следственных связей между видами дефектов и условиями производства.

Abstract: The paper shows that visual and dimensional inspection does not reliably prevent release of defective product and suggests using frequency analysis to define significance of different types of defects for specific types of production. Using the example of welded pipe joints, the analysis of detected rejectable defects is conducted, and defects are broken down into groups based on significance using ABC method by J. Juran and Pareto diagram. It is suggested to conduct a study of cause-and-effect relationship between the types of defects and production environment.

Ключевые слова: дефекты, визуальный и измерительный контроль, метод ABC Дж. Джурана, диаграмма Парето, значимость дефектов, группы значимости дефектов, причинно-следственные связи, производство.

Keywords: defects, visual and dimensional control, ABC method by J. Juran, Pareto diagram, significance of defects, defect groups based on significance, cause-and-effect relationship, production.

При изготовлении сварных конструкций возможно образование дефектов сварных соединений: подрезов, пор, непроваров; шлаковых включений, отклонений геометрических размеров сварного шва и т.п. Для предотвращения попадания к потребителю некачественной продукции ее изготовитель осуществляет контроль наличия дефектов, определение их размеров, сравнение полученных значений с требованиями нормативной документацией.

Обязательным методом, проводимым в объеме 100% является визуальный и измерительный контроль (далее ВИК). Однако проведение ВИК даже таком объеме не гарантирует предотвращение выпуска дефектной продукции. По мнению специалистов, работающих в области управления качеством продукции [1, 2], хорошие рекомендации по предупреждению производства бракованной продукции можно разработать с помощью методов, направленных на проведение анализа значимости, частотности возникновения дефектов, установления причинно-следственных связей между дефектами и условиями производства (диаграмма Парето и метод ABC Дж. Джурана. Устранение причин образования дефектов на всех стадиях производства продукции способствует росту ее конкурентоспособности.

В данной работе была предпринята попытка проверки возможности использования диаграммы Парето, метода ABC Дж. Джурана для оценки дефектов стыковых соединений труб диаметром от 25 до 159 мм с толщиной стенок от 2,5 до 14 мм, выполненных в заводских условиях ручной дуговой сваркой. Из «катушек» труб длиной 150 мм собиралось и сваривались стыки. В качестве материала труб использовались углеродистые и низколегированные стали, относящихся по классификации Национального Агентства Контроля Сварки (далее НАКС) к группе M01.

Перед сборкой «катушки» труб очищались от поверхностных загрязнений и зачищались до металлического блеска снаружи и внутри на ширине, указанной в операционной карте. При сборке стыков использовалась технологическая оснастка. Прихватка и сварка стыков выполнялась элек-