

Сумма дисперсий для данных экспериментальных результатов равна 9068,5, а расчетное значение критерия Кохрена $G_{эк}$ равно 0,26.

Таблица 4

Результаты анализа для распознаваемого объекта – прямоугольника,
полученные для второго алгоритма

№ опыта, <i>j</i>	Площадь объекта <i>S</i>	Количество распознанных объектов, %					Среднее значение	Дисперсия
		ОСШ 1,5	ОСШ 2	ОСШ 2,5	ОСШ 3	ОСШ 4		
1	12	51	67	66	80	83	64,4	163,3
2	24	72	85	92	96	100	89	121,0
3	48	82	90	98	97	100	93,4	54,8
4	75	96	100	100	98	100	98,8	3,2
5	108	94	100	100	100	100	98,8	7,2

Сумма дисперсий для экспериментальных результатов из таблицы 4 равна 349,5, а расчетное значение критерия Кохрена $G_{эк}$ равно 0,47.

Найдем по таблице [4] критическое значение критерия Кохрена $G_{крит}$ и сведем результаты статистической обработки экспериментов по распознаванию образов дефектов сварного соединения в таблицу 5.

Таблица 5

Результаты статистической обработки результатов экспериментов по
распознаванию образов дефектов сварного соединения

Номер вычисления	Распознаваемый объект	Алгоритм	$G_{эк}$	G
1	прямоугольник	1	0,26	0,544
2	прямоугольник	2	0,47	0,544
3	круг	1	0,26	0,544
4	круг	2	0,27	0,544

Максимальная величина $G_{эк} = 0,47$ получена для распознаваемого объекта – прямоугольника при использовании для распознавания образа дефекта второго алгоритма. Так как экспериментальные значения критерия Кохрена $G_{эк}$ не превышают критического значения, то можно сделать вывод об однородности дисперсий воспроизводимости экспериментов.

Список литературы

1. Кулешов В.К., Сертаков Ю.И., Ефимов П.В. Физические и экспериментальные основы радиационного контроля и диагностики. Ч. 1. – Томск: Изд-во ТПУ, 2007. – 341 с.
2. Воробейчиков С.Э., Фокин В.А., Удод В.А., Темник А.К. Исследование двух алгоритмов распознавания образов для классификации дефектов в объекте контроля по его цифровому изображению // Дефектоскопия. – 2015. – № 10. – С. 54 – 63.
3. Вуколов Э.А. Основы статистического анализа. Практикум по статистическим методам и исследованию операций с использованием пакетов STATISTICA и EXCEL: Учебное пособие. – М.: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2004. – 464 с.
4. Большаев Л.Н. Таблицы математической статистики / Л.Н. Большаев, Н.В. Смирнов. – М.: Наука, 1965. – 474 с.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ МЕХАНИЗИРОВАННОЙ ИМПУЛЬСНО-ДУГОВОЙ СВАРКИ В НИЗКОЧАСТОТНОМ ДИАПАЗОНЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ РЕЖИМА

С.А. Солодский, к.т.н., доцент, С.В. Стаценко, студент гр. 17Г51

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Юргинский технологический институт, Томск, Россия.

sergio80@inbox.ru

Представлена новая технология низкочастотной модуляции тока дуги при MAG, MIG-сварке. Процесс обеспечивает управление тепловыми и кристаллизационными процессами, стабилизирует время

образования и кристаллизации сварочной ванны. Проведение теоретических исследований позволило сформулировать основные критерии получения прочных неразъемных соединений для создания конструкций ответственного назначения, создавая условия для получения более равновесной структуры наплавленного металла и меньшей ширины зоны термического влияния. Стабилизация времени образования и кристаллизации сварочной ванны способствует улучшению формирования сварного шва и повышению производительности труда при сварке тонколистовых металлов.

Непрерывный поиск и совершенствование промышленных производств новых перспективных марок сталей, настоятельно требуют разработки и всестороннего исследования по наиболее эффективному применению новых технологических решений в области сварочного производства, которые бы значительно расширили границы возможностей как традиционных источников нагрева (дуга, плазма, лазерное излучение), так и их гибридного сочетания, применительно к созданию неразъемных соединений из перспективных марок сталей [1-3].

Такие возможности открывают импульсные технологические процессы сварки и наплавки [4-7]. Проявляемый интерес к разработке импульсных процессов сварки и наплавки вполне оправдан, поскольку, по сравнению со стационарными, они обеспечивают [7, 8, 9]: правление процессами плавления, переноса и кристаллизации металла, управление скоростью кристаллизации сварочной ванны, уменьшение степени деформационных процессов в сварных конструкциях, наплавленных поверхностях, повышение механических свойств получаемых сварных конструкций, связанных со значительным уменьшением зоны термического влияния и измельчением ее структуры.

Опыт строительства и эксплуатации металлоконструкций ответственного назначения в условиях Крайнего Севера показал, что наиболее интенсивно их сооружение происходит в зимний период, когда труднопроходимые территории, становятся доступными для транспорта и всей сварочно-монтажной техники. Однако, производство сварочных работ в зимнее время имеет свои объективные особенности, связанные с отрицательной температурой воздуха, наличием ветров и обильных снегопадов, которые оказывают существенное влияние на качество сооружаемых конструкций. [10]

Характер изменения скорости охлаждения с понижением температуры при малых значениях критических скоростей охлаждения для некоторых сталей повышенной прочности показывает возможность получения структуры закалки в зоне термического влияния сварного шва и закалочных трещин [11]. В связи с этим, возникает необходимость управлять кристаллизационными процессами формирования шва.

Технически это достигается управлением двумя параметрами: температурой нагрева и, самое важное, временем пребывания и своевременным переходом металла шва из одного структурного состояния в другое, согласно диаграммы "Железо – Углерод". Таким образом, для получения равновесной, близкой к основному металлу, для управления структурно-фазовым состоянием в металле сварного шва, необходимо управлять временем кристаллизации согласно циклам диаграмм фазового состояния. Это возможно реализовать импульсно-дугowymi сварочными процессами на частотах от 0.25 до 5 Гц, получившими в России название "низкочастотная модуляция тока дуги" [4,11].

Управление температурным режимом кристаллизации возможно только током дуги в чередующихся с заданной частотой и скважностью циклах импульса и паузы. Например, широко известен способ сварки с низкочастотной модуляцией тока дуги во время паузы, который реализуется за счет снижения сварочного тока до дежурного тока дуги, для процесса кристаллизации сварочной ванны [8]. Но данный способ применяется при ММА-сварке, в этом случае сварка ведется на жестком участке вольтамперной характеристики (ВАХ) дуги, от источника питания с крутопадающей внешней вольтамперной характеристикой, что позволяет модулировать сварочный ток параметрами самого источника питания [12].

В процессах MAG сварки с постоянной скоростью подачи электрода имеет свои ограничения, связанные с возможным «окунанием» проволоки в сварочную ванну. В основном это может происходить при больших длительностях паузы, когда скорость плавления резко уменьшается, а скорость подачи электродной проволоки остается на прежнем уровне. Модуляция тока и напряжения в этом случае возможна только в узком диапазоне изменения энергетических параметров режима, когда на интервале импульса длина дуги увеличивается, но не до разрывной, а на интервале паузы сокращается, но до «окунания» проволоки в сварочную ванну. Данный подход позволяет плавно изменять, но не управлять током паузы, что не обеспечивает четкого управления скважностью импульсов [13,14].

Для получения стабильного процесса с низкочастотной модуляцией тока дуги при MAG сварке разработан способ сварки, принцип которого поясняется циклограммой, представленной на рис. 1.

Для формирования сварочной ванны процесс сварки ведется с постоянной подачей сварочной проволоки на возрастающей вольтамперной характеристике дуги и жесткой внешней вольтамперной

характеристике источника питания до образования сварочной ванны заданного объема (период $T1_{\text{cycle}}$ "Pulse" на рис. 1 и рис.2). Далее, для кристаллизации сварочной ванны, наступает момент "паузы", движение сварочной проволоки останавливают, а процесс горения дуги переводят на жесткую ВАХ дуги и внешнюю крутопадающую ВАХ источника питания (период $T2_{\text{cycle}}$ "Pause" на рис. 1 и рис.2).

Данный подход с одновременной остановкой сварочной проволоки, позволяет управлять временем паузы и увеличивает диапазон регулировки тока дуги за счет управления наклоном ВАХ источника питания. В связи с этим должны выполняться следующие условия:

1. время паузы должно обеспечивать кристаллизацию 0,75 части объема;
2. время паузы должно обеспечивать непрерывность горения дуги (во время горения малоамперной дуги не должно произойти обрыва дуги вследствие чрезмерного расплавления вылета электрода. Это достигается введением канала обратной связи по току дуги и переходом источника питания на падающую ВАХ.

Материал и методы исследования.

Для определения влияния исследуемого способа сварки на микроструктуру сварного соединения получены макро- и микроструктуры методом оптической металлографии с использованием оптического микроскопа Olympus GX-71. Процесс сварки – MAG, сварочная проволока Св08ГСМТ диаметром 1.2 мм, напряжение источника сварки –22 В, ток в импульсе –220 А, в паузе – 50 А. Частота циклов–1.1 Гц, скважность–1.25. Процесс сварки производился при температуре окружающей среды: –15 С.

Исследование микроструктуры сварного шва образцов С17 из стали 09Г2С (труба 159х6).

Исходная структура стали 09Г2С в состоянии поставки феррито – перлитная. Перлит распределен равномерно (рис. 3 а, б). Количество и характер расположения перлита соответствуют баллу 1В по ГОСТ 5640-68.

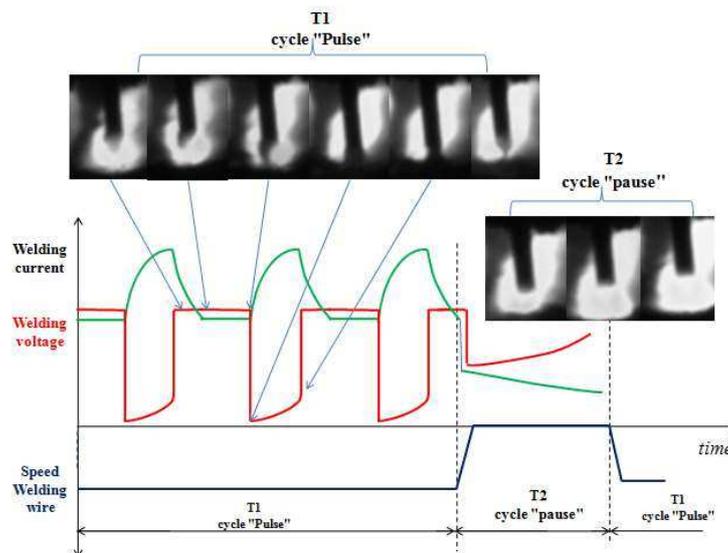


Рис. 1. Циклограмма процесса сварки.

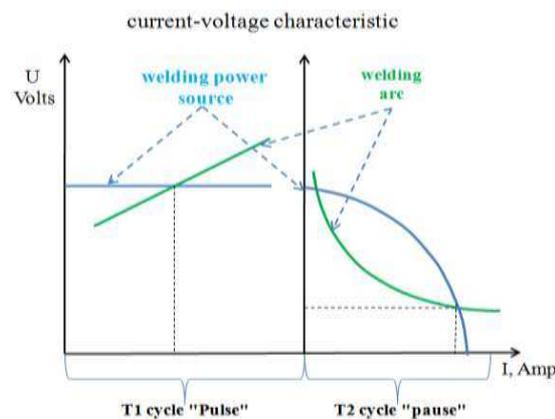


Рис. 2. Зависимость вольтамперной характеристики дуги и источника питания на различных интервалах цикла сварки.

Анализ микроструктуры образца при сварке с низкочастотной модуляцией тока, показывает, что зона термического влияния имеет феррито-перлитную структуру. Зерна феррита имеют суб-микроструктурное строение, феррит переходит в сорбитообразный, Структура наплавленного металла шва – феррито – перлитная. В зоне сплавления металла шва и основного металла исчезает видмандштеттовская структура в шве и в области основного металла, прилегающего к шву, за счет

Отличия, полученные в проведенном исследовании микроструктур сварного шва, можно объяснить различным характером изменения скорости охлаждения в интервале критических температур фазовых превращений при вторичной кристаллизации (в твердой фазе).

Выводы:

1. Применение падающей характеристики источника питания на интервале паузы (этап остывания металла сварочной ванны и частичной её кристаллизации), позволяет увеличить длительность этого интервала, что положительно сказывается на процессе сварки. Снижение тока на интервале паузы до минимального, обеспечивает частичное остывание изделия, что способствует авто термообработке зоны сварного соединения.
2. Стабилизация длительностей интервалов плавления (импульс) и кристаллизации сварочной ванны (пауза), способствует улучшению формирования сварного шва и увеличению скорости кристаллизации металла шва из расплава.
3. Предлагаемая технология MAG учитывает влияние длительностей интервалов плавления и кристаллизации металла сварочной ванны на формирование и её теплосодержание, что способствует наиболее благоприятным структурно-фазовым превращениям в зоне неразъемного соединения.

Список литературы

1. Saraev Yu.N., Lebedev V.A., Solodsky S.A. The development and practical application of adaptive pulse-arc welding in the manufacturing and repair of metal structures responsible function // *Applied Mechanics and Materials*. Vol. 682 (2014). Pp. 332-338. Submitted: 07.07.2014. Online available since 2014/Oct/27 at www.scientific.net Accepted: 31.07.2014 © (2014) Trans Tech Publications, Switzerland, doi:10.4028/www.scientific.net/AMM.682.332.
2. Патон Б.Е. Критический анализ существующих представлений о саморегулировании дуги при сварке плавящимся электродом / Б.Е. Патон, В.С. Сидорук, С.Ю. Максимов, Ю.Н. Сараев // *Машиностроение: сетевой электронный научный журнал*. – 2015. – Т.3, №4. – С. 38-47.
3. Chinahov D. A. Study of thermal cycle and cooling rate of steel 30ХГСА single-pass weld joints // *Applied Mechanics and Materials*. – Vols. 52-54. – 2011. – p. 442-447. - Mode of access: <http://www.scientific.net/AMM.52-54.442>.
4. Сараев Ю.Н. Импульсные технологические процессы сварки и наплавки. Новосибирск, Наука, 1994, 108 с.
5. Сараев Ю.Н. Особенности разработки электротехнологических процессов сварки и наплавки на основе алгоритмов адаптивного импульсного управления энергетическими параметрами режима // *Машиностроение: сетевой электронный научный журнал*. – 2015. – Т.3, №3. – С. 3-11.
6. Вагнер Р.А. Оборудование и способы сварки пульсирующей дугой. М.: Энергия, 1980, 120 с.
7. Лебедев В.А., Сараев Ю.Н. Импульсные воздействия на процессы сварки и наплавки за счет систем механизированного и автоматического оборудования // *Сварочное производство*. – 2015. – № 5. – С. 34-44.
8. Saraev Yuri Evaluation of the productivity and quality of repair and reconditioning operations in equipment made of 12CR18N10T1 type steel // Saraev Y., Selivanov Y. – *Welding International*, 2012, T.26, p.p. 466-470.
9. Saraev, Yury The development and application of adaptive pulse-arc welding methods for construction and repair of pipelines. Group Author of books: IEEE Conference: International Conference on Mechanical Engineering, Automation and Control Systems (MEACS). Locality: Tomsk, RUSSIA, published: OCT. 16-18, 2014 Sponsors: Inst Elect Engineers; Russian Fdn. Basic Res; Tomsk Polytechnic university Tomsk IEEE Chapter; Tomsk Polytechnic university, Institute of Physics high-Tech 2014, Pp. 1-5. Print ISBN: 978-1-4799-6220-4. DOI: 10.1109 / MEACS.2014.6986956. Published: 2015.
10. Зайцев М.П., Кулешов О.М. Средства автоматизации в оборудовании для другой сварки // *Л.: Энергия*, 1975. – 144 С.
11. Сараев Ю.Н. Опыт разработки и практического применения адаптивных импульсно-дуговых методов сварки для строительства и ремонта магистральных трубопроводов // *Вопросы материаловедения*. – 2015. – № 1. – С. 210-219.

12. Chinakhov D.A., Agrenich E.P. Computer simulation of thermo-mechanical processes at fusion welding of alloyed steels // Materials Science Forum. – Vols. 575-578 (2008). – Pp. 833-836.
13. Патент на изобретение № 2293630 (РФ). Способ механизированной сварки в СО 2 с низкочастотной модуляцией сварочной ванны. Федько В.Т., Брунов О.Г., Солодский С.А., Крюков А.В., Седнев В.В. Приоритет изобретения 14 июля 2005 В23К 9/33. Опубликовано 10.04.2007. Бюл.№10.
14. Solodskii S.A, Brunov O.G., Zelenkovskii A.F. Automated system for controlling the process of co2 welding with pulsed wire feed and welding current modulation. Welding International. 2012. Т. 26. № 4. p. 314 – 317.
15. Brunov O.G., Fedko V.T., Solodskii S.A. Transfer of electrode metal in welding with the pulsed feed of welding wire. Welding International. 2007. Т. 21. № 1. С. 50–54.

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗОН УСТАЛОСТНОГО РАЗРУШЕНИЯ ШНЕКОВ

К.В. Епифанцев, к.т.н, доц., В.В. Кульбик студент гр. 7532ВЦ,

Епринцев В.А. студент гр. 1612

Санкт-Петербургский государственный университет

Аэрокосмического приборостроения

190000, г. Санкт-Петербург, ул. Большая Морская 67,

тел. 8(963)343-7759, E-mail: epifancew@gmail.com

Шнек – основной рабочий орган машин для переработки отходов – экструдеров. От качества его изготовления зависит производительность цеха и целостность корпуса машины. При перебоке многокомпонентного сырья, которым является Refuse Derived Fuel – это общее название альтернативных видов топлива, получаемых при переработке отходов. В качестве сырья используется практически любой органический материал: целлюлоза, резина, пластик, кожа, дерево, пищевые заменители. В исследовании использован пример на базе работы с RDF-сырьем Мусороперерабатывающего комбината «Янино, Ленинградская область. Именно при работе с такими высокоабразивными отходами возникает необходимость многократно повышать ресурс шнеков за счет использования новых технологий обработки металлов, так как в составе данного сырья могут встречаться металлические компоненты и трудноразмалываемые силикаты.

Screw - the main working organ of machines for processing waste - extruders. From the quality of its production depends the productivity of the shop and the integrity of the machine body. When refining a multicomponent raw material, which is Refuse Derived Fuel - this is the general name for alternative fuels obtained from recycling. As raw material, almost any organic material is used: cellulose, rubber, plastic, leather, its substitutes. The study used an example based on work with RDF-raw materials of the Janino Refuse Processing Plant. Leningrad region. It is when working with such highly abrasive waste that it becomes necessary to increase the service life of screw augmentedly by using new processing technologies, since metal components and hard-to-break silicates can occur in the composition of this raw material.

При моделировании экструдеров для переработки отходов большое внимание уделяется проектированию и испытанию работы шнека – основного рабочего органа, участвующего в процессе измельчения, разогрева и подготовки к формообразованию пластичной массы.

Шнек сжимает массу до точки накопления т. Рп, после которой, возникает возможность создать давление р1, необходимое для прохода массы через матрицу (рис. 1). Только тогда, когда есть баланс с обеих сторон экструдера, масса может выходить из фильер матрицы. Однако, если условно разбить экструдер на 4 зоны работы, в момент нарастания давления Р, МПа и возникновения максимальной загрузки шнека р кг/м3 создается максимальная площадка давления (на рис 1 зона «2»), которая способна деформировать шнек.

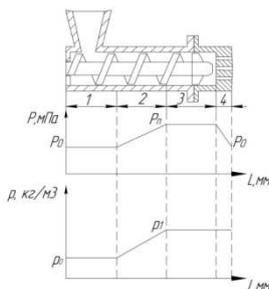


Рис. 1. Схема функционирования экструдера