

УДК 621.791:669.24

Сливинский А. А., Зворыкин К. О., Жданов Л. А.

Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт». Украина, Киев

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АКТИВИРУЮЩИХ ФЛЮСОВ ДЛЯ АРГОДУГОВОЙ СВАРКИ (А-TIG) ВЫСОКОЛЕГИРОВАННЫХ ДУПЛЕКСНЫХ СТАЛЕЙ

Анотація

Останнім часом помітно збільшилась увага фахівців зварювання до застосування відомої вже з середини 60-х років, т. з. А-TIG технології при виготовленні зварних конструкцій з високолегованих сталей. В статті представлено один з варіантів подальшого розвитку цієї технології спеціально для аргонодугового зварювання корозійностійких дуплексних сталей. При цьому запропоновано низку технологічних заходів, як-то спеціальна газова суміш, механізований метод нанесення активаторів для уникнення можливих негативних впливів активуючих речовин на корозійну стійкість зварних з'єднань.

Inhaltsangabe

Die seit den 60er Jahren weltweit bekannte A-TIG-Schweißtechnologie hat in den letzten Jahren beim Fügen von hochlegierten Stählen erneut starke Aufmerksamkeit auf sich gezogen. Dieser Artikel stellt ein Beispiel der Weiterentwicklung vorhandener Schweißtechnologien unter Verwendung aktivierender Flussmittel mit dem Zwecke der Herstellung qualitativ hochwertiger Schweißnähte aus hochlegierten korrosionsbeständigen Duplex-Stählen dar. Hierzu wurde vorgeschlagen möglicherweise auftretende negative Wirkungen der Flussmittel auf die Korrosionsbeständigkeit mit Hilfe technologischer Maßnahmen (spezielle Schutzgasmischung sowie vollmechanisierte Auftragung der Aktivatoren) zu beseitigen.

В 2005 году исполнилось 40 лет с момента выхода первых научных публикаций, посвященных использованию т. н. активирующих флюсов для повышения эффективности процесса аргоно-дуговой сварки вольфрамовым электродом [1, 2]. Бескислородные флюсы на основе фторидов щелочных и щелочно-земельных металлов вначале предназначались для радикального металлургического воздействия на металл шва с целью предупреждения пористости при сварке титана. Однако дальнейшие исследования, проведенные в ИЭС им. Е. О. Патона, показали, что влияние галогенидов на процесс сварки вольфрамовым электродом в аргоне не исчерпывается предупреждением образования пор в швах. Наличие этих соединений в реакционной зоне сварки приводит к существенной контракции дугового разряда и изменению условий кристаллизации металла сварочной ванны. Результатами протекающих физико-химических и металлургических взаимодействий являются:

- повышение глубины проплавления основного металла;
- уменьшение ширины зоны термического влияния (ЗТВ);
- снижение уровня остаточных сварочных деформаций;
- возможность уменьшения погонной энергии с одновременным ростом производительности процесса аргоно-дуговой сварки.

Бурное развитие отечественной сварочной науки в 60-е – 80-е годы прошлого века способствовало дальнейшему развитию указанной технологии, разработке активирующих флюсов с различным химическим составом и их внедрению для аргоно-дуговой сварки вольфрамовым электродом материалов с разнообразными эксплуатационными, теплофизическими и физико-химическими свойствами, как-то меди [3], высокопрочных сталей [4, 5], в т. ч. подвергшихся рафинирующему переплаву [6, 7], высоколегированных сталей аустенитного класса [8, 9], сплавов на основе титана [1, 10, 11], а за последние 10 лет – и сплавов на основе никеля [12-14] и алюминия [15].

Публикации отечественных специалистов, а затем и презентация процесса дуговой сварки вольфрамовым электродом в аргоне по слою активирующего флюса в Британском институте сварки в 1993 году [16] послужили новым импульсом к развитию уже международных исследований в этом направлении. Сама технология получила на данный момент уже повсеместно используемую аббревиатуру А-TIG.

Вместе с тем, анализ теоретических представлений о механизме воздействия компонентов флюсов на процесс дуговой сварки вольфрамовым электродом в аргоне, представленных в многочисленных публикациях отечественных и зарубежных авторов, показывает, что единой концепции по этому вопросу в настоящее время не существует. В соответствии с одной из гипотез принято считать, что решающую роль играют физические процессы в сварочной дуге. Во-первых, благодаря существенно более низкой электропроводности расплавленного флюса в сравнении с жидким основным металлом, сварочный ток проходит лишь через центральную часть сварочной ванны, что, в свою очередь, уменьшает размеры анодного пятна [17, 18]. Во-вторых, по мнению ряда авторов, возможен захват электронов проводимости молекулами флюса и продуктов его взаимодействия с основным металлом в периферийных участках столба дуги, что приводит к эффекту сжатия дугового разряда [19, 20].

Сторонники другой концепции отдают предпочтение анализу металлургических и тепловых процессов в реакционной зоне сварки. Так, согласно [21], в сварочной ванне под действием поверхностно-активных элементов,

содержащихся во флюсе, происходит изменение градиента поверхностного натяжения жидкого металла и, как следствие, изменение направления конвективного течения Марангони. Последнее, как известно, отвечает за перенос жидкости (жидкого металла) от области с более низким к области с более высоким поверхностным натяжением. Поскольку в присутствии поверхностно-активных элементов флюса поверхностное натяжение жидкого металла ванны возрастает, то и течение металла координируется в направлении от периферии сварочной ванны к ее центру. Соответственно, в этом же направлении происходит эффективный перенос тепла (в центр и вглубь сварочной ванны), увеличивается провар и уменьшается ширина шва [18, 22, 23]. Дополнительным фактором, способствующим направлению потока жидкого металла, а следовательно и тепла, вглубь сварочной ванны, авторы [8, 24, 25] считают увеличение электромагнитной силы Лоренца в результате контракции дуги и увеличения плотности тока на аноде.

Согласно [26] «наиболее типичной является ситуация, при которой действуют обе группы процессов», но в зависимости от суммарного содержания серы и кислорода в основном металле. Эти элементы обладают высокой поверхностной активностью и энергией сродства к электрону и, таким образом, могут одновременно инициировать приведенные выше металлургические процессы в сварочной ванне и физические процессы в дуге.

Следует отметить также и определенные сложности на пути широкого внедрения А-TIG процесса в производстве сварных конструкций, связанные с отсутствием оптимального способа нанесения активаторов на кромки свариваемого изделия, способного обеспечить одинаковую эффективность действия наносимого вещества по всей длине сварного шва. Глубина проплавления, ширина шва и, соответственно, условия кристаллизации металла сварного шва в значительной мере зависят от количества

вводимого в зону сварки флюса и от толщины нанесенного слоя [8, 9, 24, 26, 27]. В связи с этим, в различное время предлагалось наносить порошкообразные активаторы механизированным способом, при помощи специальных устройств [28, 29], в виде суспензии кисточкой [30], специальным карандашом, аэрозольным способом из баллончика [31] и пр. Тем не менее, данная проблема остается актуальной и по сей день, прежде всего, в связи с различными уровнями подготовки персонала и культуры производства в разных странах.

Целью настоящей работы было изучение влияния активирующих флюсов на процесс сварки вольфрамовым электродом в инертных газах нержавеющей дулексных сталей, в частности стали X2CrNiMoN22-5-3 (W.-Nr. 1.4462, UNS S 31803). Эта сталь выпускается фирмой Butting (ФРГ) и относится к числу т. н. высоколегированных дулексных сталей, которые благодаря двухфазной аустенитно-ферритной структуре обладают высокими коррозионной стойкостью (прежде всего против питтинговой и межкристаллитной коррозии) и прочностью. В последнее время в странах Западной Европы при изготовлении сварных конструкций для нефтегазовой, химической промышленности и энергетики, предназначенных к эксплуатации в агрессивной среде при температурах до 400°C, дулексные стали по совокупности факторов стоимость/эффективность вытесняют аустенитные нержавеющие стали типа 18-10.

Химический состав стали X2CrNiMoN22-5-3 приведен в табл. 1.

Исследования проводились в сотрудничестве с Институтом лучевых и соединительных технологий (IFST) Магдебургского университета им. Отто фон Гёрике (ФРГ). При этом, для проведения экспериментов по А-TIG сварке были отобраны активаторы, выпускаемые в различных странах и разработанные специально для работы с высоколегированными сталями (табл. 2).

Таблица 1

Химический состав стали X2CrNiMoN22-5-3 (W.-Nr. 1.4462, UNS S 31803)

C, %	Fe, %	Cr, %	Ni, %	Mo, %	N, %	Прочие
≤ 0,030	основа	21,0-23,0	4,5-6,5	2,5-3,5	0,10-0,20	около 1,60 % Mn, 0,20 % Si

Таблица 2

Активаторы для А-TIG сварки высоколегированных сталей

Марка активатора	Производитель	Форма поставки	Способ нанесения на кромки свариваемых деталей
ПАТИГ С-А	ИЭС им. Е. О. Патона (Украина)	аэрозольная упаковка	аэрозольный, из баллончика объемом 160 см ³
Elisteel ST	Fluxmetal (Франция)	- » -	аэрозольный, из баллончика объемом 50 см ³
ActivaTec 500	Castolin GmbH (ФРГ)	порошковая смесь	кисточкой в виде суспензии с использованием спиртового или ацетонного разбавителя
SWS-FLUX-1	Swagelok (США)	- » -	- » -
LDW Catalyst	Liburdi (США)	- » -	- » -

Для сравнительной оценки эффективности различных активаторов выполнялось проплавление А-TIG способом образцов размерами 300 x 150 x 6 мм по активирующему слою на следующих режимах: ток – 180 А, напряжение на дуге – 10 В, скорость сварки – 20 см/мин, защитный газ – 100% Ar. Затем для каждого из шести проплавленных образцов определялась средняя глубина проплавления по результатам замеров на поперечных шлифах, вырезаемых через каждые 50 мм длины шва. Замеры проводились на оптическом микроскопе Leica Reichert MeF3A с компьютерной системой обработки и анализа изображения аналSISPro. По аналогичной методике также определялась средняя ширина шва. Результаты исследований представлены на рис. 1 и 2. Исходя из представленных результатов, наиболее эффективными для А-TIG сварки стали X2CrNiMoN22-5-3 являются аэрозольный активатор ПАТИГ С-А и порошкообразный ActivaTec 500. В дальнейшем с данными активаторами выполнялась также

и соединительная А-TIG сварка пластин толщиной 6 мм, с целью окончательного подтверждения преимуществ А-TIG процесса для указанной стали в сравнении с обычной аргоно-дуговой сваркой (рис. 3).

Вместе с тем, внешний осмотр выполненных сварных соединений обнаруживает существенное снижение качества поверхности сварных швов при перемещении дуги по активирующему слою: неравномерность усиления шва, образование бугров, седловин, побитостей по поверхности швов (рис. 4). С учетом требований, выдвигаемых к сварным конструкциям из дуплексных сталей, которые определяются прежде всего их эксплуатацией при наличии существенных статических и динамических нагрузок при постоянном действии агрессивных сред, данные дефекты являются недопустимыми.

Следует также отметить, что оптимальные механические и коррозионно-защитные свойства дуплексных сталей обеспечиваются их исходной двухфазной аустенитно-ферритной структурой (соотношение аустенит /

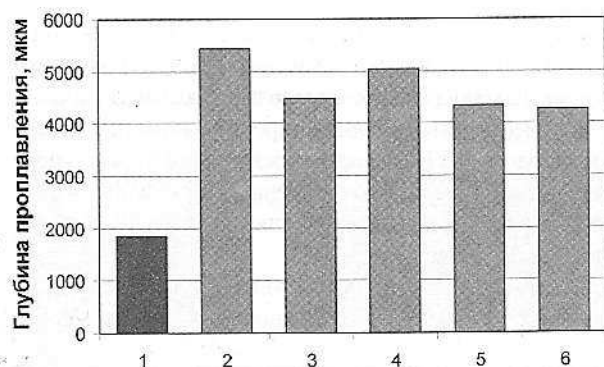


Рис. 1. Влияние активаторов различных типов на глубину проплавления: 1 – без активатора; 2 – ПАТИГ С-А; 3 – Elisteel ST; 4 – ActivaTec 500; 5 – SWS-FLUX-1; 6 – LDW Catalyst. Материал: сталь X2CrNiMoN22-5-3

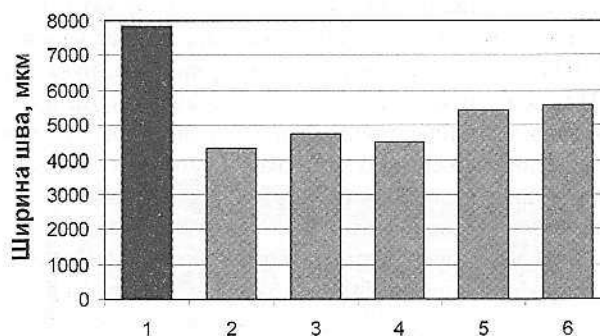


Рис. 2. Влияние активаторов различных типов на ширину шва: 1 – без активатора; 2 – ПАТИГ С-А; 3 – Elisteel ST; 4 – ActivaTec 500; 5 – SWS-FLUX-1; 6 – LDW Catalyst. Материал: сталь X2CrNiMoN22-5-3

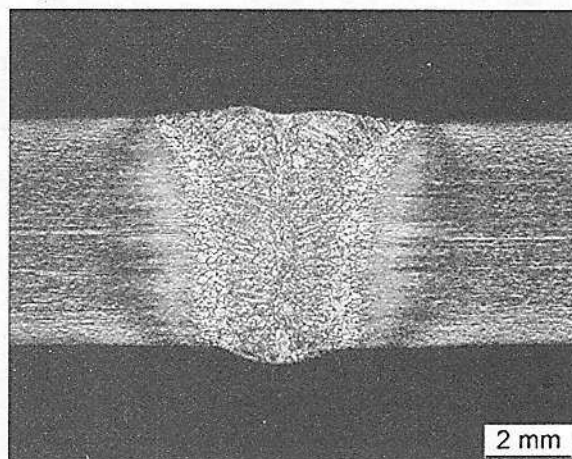
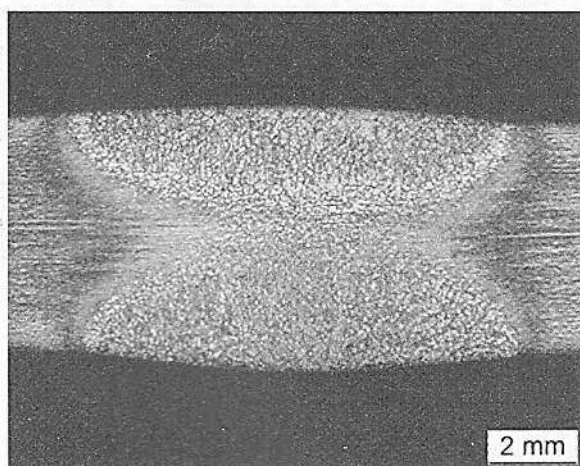


Рис. 3. Макрошлифы сварных швов из стали X2CrNiMoN22-5-3, толщиной 6 мм, выполненные TIG (слева) и А-TIG сваркой (справа) в аргоне при следующих режимах: ток – 150 А, напряжение 11,5 В, скорость сварки 10 см/мин. Активатор: ПАТИГ С-А. Масштаб: 10:1

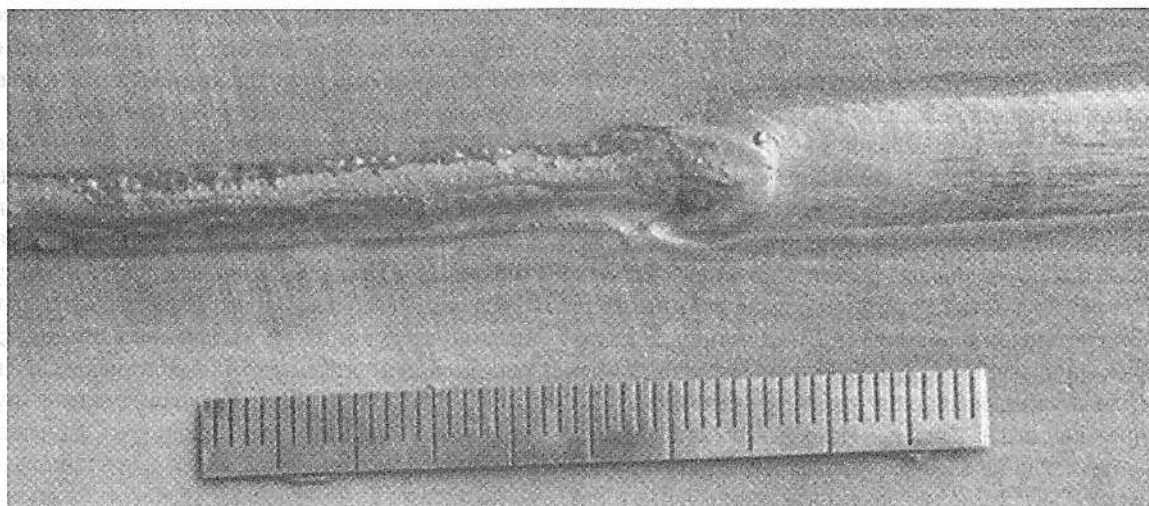


Рис. 4. Внешний вид поверхности шва при переходе дуги на металл, покрытый слоем флюса ActivaTec 500. Способ нанесения активатора – кисточкой. Направление сварки: справа-налево

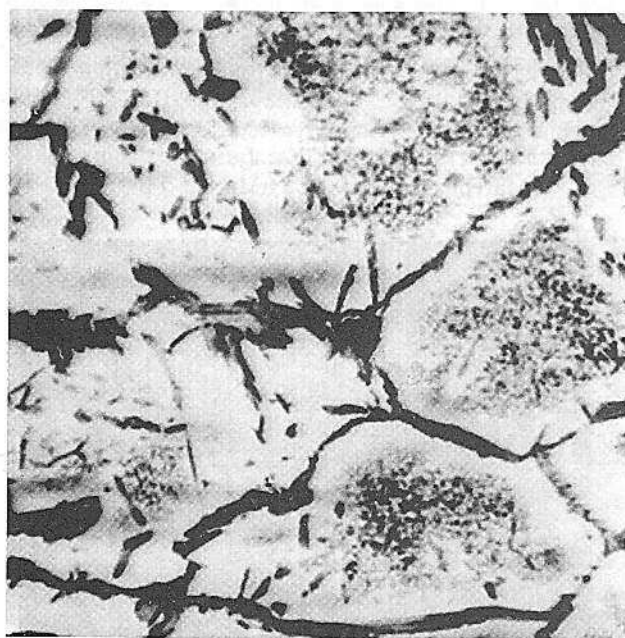
δ -феррит составляет приблизительно 50:50). Воздействие термического цикла сварки на основной металл приводит не только к появлению крупнозернистой структуры в ЗТВ, но и к изменению соотношения аустенит/феррит, прежде всего в шве, а также в околошовной зоне. В этой связи, стандартная технология сварки материалов данного класса предусматривает обязательное использование высокоаустенитной присадочной проволоки.

С другой стороны, именно возможность выполнения сварных швов на толщинах порядка 6–12 мм за один

проход, без необходимости в сложной разделке кромок и присадочных материалах, выгодно выделяют А-TIG процесс от обычной аргоно-дуговой сварки вольфрамовым электродом.

Количественный анализ микроструктуры выполненных методом А-TIG сварных соединений показал рост содержания δ -феррита по сравнению с исходным состоянием материала как в сварных швах, так и в перегретых участках ЗТВ (рис. 5).

Вместе с тем, механико-технологические испытания сварных образцов не обнаруживают снижения прочности



a



б

Рис. 5. Участок ЗТВ сварных швов из стали X2CrNiMoN22-5-3, выполненных аргоно-дуговой сваркой вольфрамовым электродом:
a) по слою активатора ПАТИГ С-А (содержание δ -феррита 81,8 %) и *б*) по слою активатора ActivaTec 500 (содержание δ -феррита 70,1 %).

Защитный газ: 100 % Ar.

Масштаб: 200:1

и деформационной способности у сварных швов, выполненных по активирующему слою, в сравнении со стандартной технологией многопроходной TIG сварки стали X2CrNiMoN22-5-3 с использованием аустенитной присадочной проволоки X6CrNiMoTi 17-12-2 [32].

Таким образом, дальнейшие исследования были сконцентрированы вокруг обеспечения необходимого качества поверхности дуплексных сварных швов и требуемого соотношения аустенитной и ферритной фазы в них при использовании А-TIG метода. Для этого рассматривались различные технологические приемы, как-то вдувание активирующего порошка вместе с защитным газом, использование аустенитной присадочной проволоки, а также микродобавки никелевого порошка в состав активирующих флюсов.

Наиболее простым и технологичным способом повышения содержания аустенита в А-TIG сварных швах из дуплексной стали, по мнению авторов, является использование защитной газовой смеси с добавками азота. При этом, стандартная газовая смесь для сварки дуплексных сталей: 97,5% Ar + 2,5% N₂ не обеспечивает требуемого содержания аустенита в шве. В то же время, использование смеси: 96% Ar + 4% N₂ хотя и приводит к некоторому сокращению срока службы вольфрамовых

электродов, но позволяет полностью решить проблему аустенитизации шва.

Причины неудовлетворительного состояния поверхности сварного шва при А-TIG сварке практически всегда связаны с неравномерностью толщины слоя активатора, предварительно наносимого на свариваемые кромки. При этом, малейшие воздействия, нарушающие стабильность течения жидкого металла в сварочной ванне, размеров анодного пятна или степени сжатия столба дуги вызывают картину, показанную на рис. 4. По мнению авторов, единственно возможным путем решения данной проблемы является исключение влияния "человеческого фактора" на процесс нанесения активатора на поверхности свариваемых деталей.

Для реализации этой идеи использовалась специальная дозировочная система "MikroMark 780S" (рис. 6), разработки фирмы GLT mbH (ФРГ). Данное устройство предназначено для прецизионного нанесения различных жидкостей средней и низкой степени вязкости, как-то смазочных средств, красителей и т. п., обеспечивая ширину наносимого слоя в пределах 5-30 мм. Внешний вид поверхности сварного шва, выполненного по слою активатора ActivaTec 500, нанесенного при помощи данной системы показан на рис. 7.

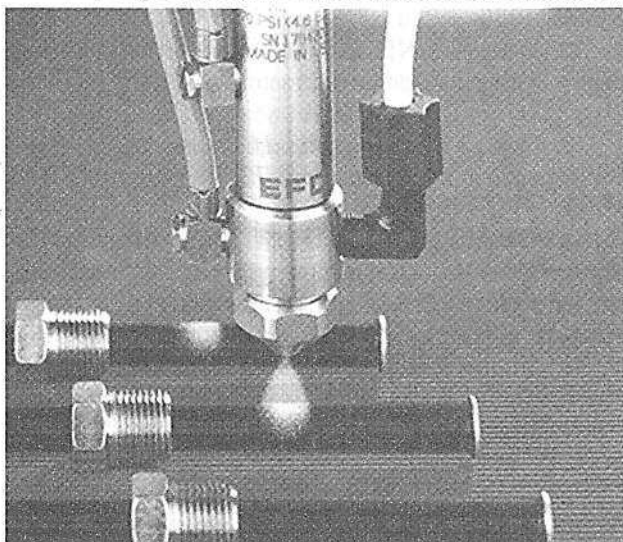


Рис. 6. Элементы дозировочной системы MikroMark™ 780S, с помощью которой на кромки свариваемых деталей наносилась флюсовая суспензия ActivaTec 500: слева – сопло распылителя; справа – блок управления VALVEMATE™ 7040 [Источник: GLT mbH]

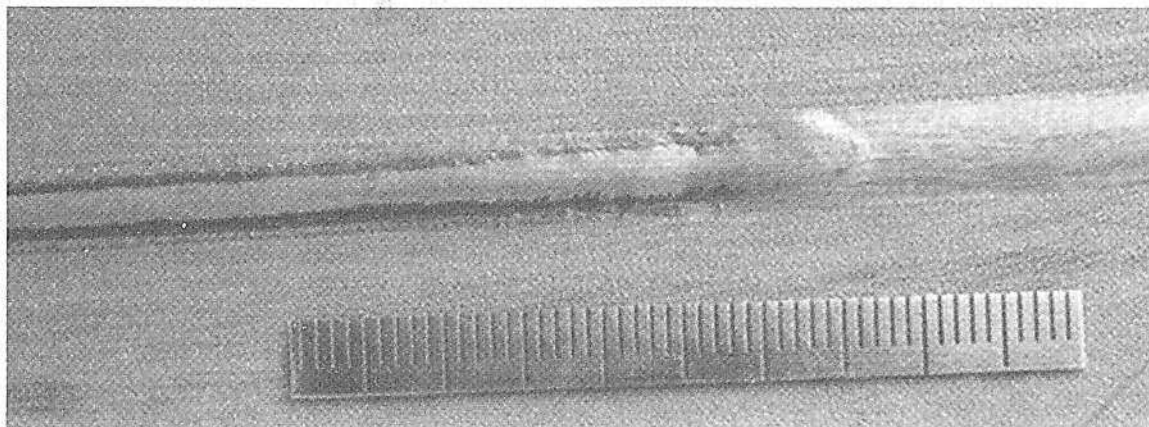


Рис. 7. Внешний вид поверхности шва при переходе дуги на металл, покрытый слоем флюса ActivaTec 500. Способ нанесения активатора – с помощью дозировочной системы «MikroMark 780S». Направление сварки: справа-налево

Сравнительные испытания поведения сварных образцов, выполненных по различным технологиям, в условиях воздействия питтинговой коррозии показывают существенное преимущество использования для А-TIG сварки газовой смеси аргона с 4%-ной добавкой азота при условии механизированного нанесения активатора, в данном случае при помощи системы "MikroMark 780S". В то время как большинство проб по прошествии 72 ч выдерживания в агрессивной среде обнаружили критические потери массы, образцы, вырезанные из сварных швов, выполненных по данной технологии, сохранили свою коррозионную устойчивость и при более длительной выдержке (рис. 8).

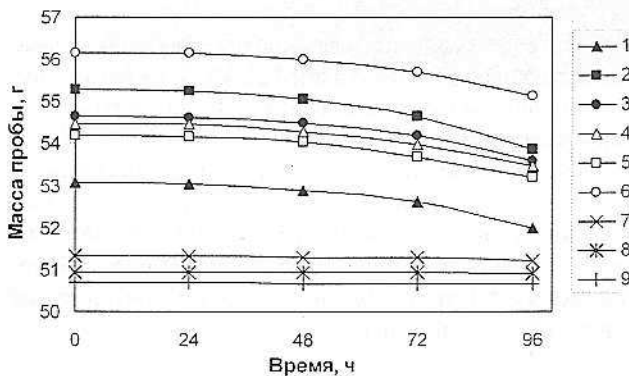


Рис. 8. Результаты испытаний на стойкость против питтинговой коррозии сварных образцов из стали X2CrNiMoN22-5-3:

1...3 – TIG сварка (защитный газ – 100 % Ar);
4...6 – А-TIG сварка с активатором ActivaTec 500 (защитный газ – 100 % Ar, активатор нанесился кисточкой); 7...9 – А-TIG сварка с активатором ActivaTec 500 (защитный газ – Ar + 4 % N₂, активатор нанесился с помощью дозирочной системы MikroMark™ 780S). Агрессивная среда: 6% FeCl₃ • 6H₂O + 1% HCl. Условия испытаний: начальная температура 20°C; каждые 24 часа температура повышалась на 2,5°C

Литература

1. Гуревич С. М., Замков В. Н., Кушниренко Н. А. Повышение эффективности проплавления титановых сплавов при аргонодуговой сварке // Автоматическая сварка. – № 9, 1965. – С. 1–5.
2. Гуревич С. М., Замков В. Н. Некоторые особенности сварки титана неплавящимся электродом с применением флюсов // Автоматическая сварка. – № 12, 1966. – С. 13–16.
3. Илюшенко В. М., Васильченко В. В., Седов В. Е. Влияние некоторых фторидов на проплавление меди при аргоно-дуговой сварке // Автоматическая сварка. – №2, 1981. – С. 70–71.
4. Макара А. М., Кушниренко Б. Н., Замков В. Н. Аргоно-дуговая сварка высокопрочных сталей мартенситного класса с применением флюса // Автоматическая сварка. – №7, 1968. – С. 73–74.
5. Стеренбоген Ю. А., Варенко Н. И., Савицкий М. М. и др. Механизированная аргоно-дуговая сварка

бурильных труб с резьбовыми концами // Автоматическая сварка. – №10, 1981. – С. 73.

6. Патон Б. Е., Макара А. М., Медовар Б. И. и др. Свариваемость конструкционных сталей, подвергшихся рафинирующему переплаву // Автоматическая сварка. – №6, 1974. – С. 1–4.

7. Савицкий М. М., Кушниренко Б. Н., Лунан А. Ф. и др. Особенности формирования шва при сварке по активирующему флюсу // Автоматическая сварка. – №2, 1981. – С. 18–21.

8. Островский О. Е., Крюковский В. Н., Бук Б. Б. и др. Влияние активирующих флюсов на проплавляющую способность сварочной дуги и концентрацию энергии в анодном пятне // Сварочное производство. – №3, 1977. – С. 3–4.

9. Казаков Ю. В., Столбов В. И., Корягин К. Б. и др. Влияние активирующих флюсов на строение сварочной дуги, горячей в аргоне // Сварочное производство. – №4, 1985. – С. 30–32.

10. Симошник А. Г. Влияние галогенидов на эффект проплавления при аргоно-дуговой сварке титановых сплавов // Сварочное производство. – №3, 1974. – С. 52–53.

11. Гуревич С. М., Замков В. Н. и др. Металлургия и технология сварки титана и его сплавов. К.: Наукова думка, 1986. – 240 с.

12. Adams A. E. NJS flux reduces distortion on turbine engine housing for defense contractor // Welding Journal. – №1, 2000. – P. 92.

13. Ющенко К. А., Коваленко И. В. и др. А-TIG сварка никелевого сплава Нимоник-75 // Сварщик. – №4, 2000. – С. 26–27.

14. Ющенко К. А., Коваленко Д. В., Коваленко И. В. Применение активаторов при дуговой сварке вольфрамовым электродом в инертных газах сталей и сплавов // Автоматическая сварка. – № 7, 2001. – С. 37–43.

15. Saidov R. M., Semmler U., Matthes K.-J. u. a. Verbesserung der Schweißbarkeit von Al-Legierungen durch Anwendung von Flussmitteln - Teil 1: Nahtform und Schweißnahtunregelmäßigkeiten // Schweißen und Schneiden. – №4, 2003. – S. 172–179.

16. Ющенко К. А., Коваленко Д. В. О сотрудничестве Британского института сварки и Института электросварки им. Е. О. Патона // Автоматическая сварка. – №1, 1994. – С. 54–55.

17. Замков В. Н., Прилуцкий В. П., Гуревич С. М. Влияние состава флюса на процесс сварки титана неплавящимся электродом // Автоматическая сварка. – №4, 1977. – С. 22–26.

18. Замков В. Н., Прилуцкий В. П. Теория и практика TIG-F сварки (А-TIG) // Автоматическая сварка. – №9, 2004. – С. 12–15.

19. Симошник А. Г., Петвиашвили В. И., Иванов А. А. Эффект контракции дугового разряда при введении электроотрицательных элементов // Сварочное производство. – №3, 1976. – С. 49–51.

20. Патон Б. Е., Замков В. Н., Прилуцкий В. П. и др. Контракция дуги флюсом при сварке вольфрамовым

электродом в аргоне // Автоматическая сварка. – №1, 2000. – С. 3–9.

21. Steffens H.-D., Thier H., u. a. Auswirkungen der Eisenbegleitelemente auf die Schmelzonengeometrie beim vollmechanischen WIG-Schweißen von austenitischen Stählen // Schweißen und Schneiden. – №7, 1990. – S. 338–342.

22. Heiple C., Roper J. Mechanism for Minor Element Effect on GTA Fusion Zone Geometry // Welding Journal. – №4, 1982. – P. 97–102.

23. Allen J. W., Olson D. L., Frost R. H. Exothermally assisted shielded metal arc welding // Welding Journal. – №7, 1998. – P. 277–285.

24. Modenesi P., Apolinario E., Pereira I. TIG welding with single-component fluxes // Journal of Materials Processing Technology. – № 99, 2000. – P. 260–265.

25. Tanaka M., Shimizu T., Terasaki H. Effects of activating flux on arc phenomena in gas tungsten arc welding // Science and Technology of Welding and Joining. – №5, 2000. – P. 397–402.

26. Патон Б. Е., Савицкий М. М., Гвоздецкий В. С. и др. Применение активных флюсов и активных газов для повышения эффективности дуговой и плазменной сварки // Автоматическая сварка. – №5, 2003. – С. 3–6.

27. Савицкий М. М., Лесков Г. И. Механизм влияния электроотрицательных элементов на проплавляющую способность дуги с вольфрамовым катодом // Автоматическая сварка. – №9, 1980. – С. 17–22.

28. Раймонд Э. Д., Нефедов В. П., Шиганов Н. В. Сварка высокопрочной стали с применением порошкообразных активирующих флюсов // Сварочное производство. – №6, 1973. – С. 18–19.

29. Калинин Г. А., Комаров Б. С. Устройство для нанесения порошковых флюсов // Сварочное производство. – №2, 1979. – С. 32–33.

30. Lucas W., Howse D. Activating flux-increasing the performance and productivity of the TIG and plasma processes // Welding and Metall Fabrication. – №1, 1996. – P. 11–17.

31. Ющенко К. А., Коваленко Д. В., Коваленко И. В. Аэрозольный активатор ПАТИГ С-А для А-ТИГ сварки сталей // Сварщик. – №3, 1998. – С. 21–22.

32. Slywinsky A. A-WIG-Schweißen vom Duplexstahl X2CrNiMoN22-5-3 // Tagungsband des XXVIII. Assistentenseminars "Fugetechnik/Schweißtechnik", 7. – 9. November 2003, Oberwiesenthal. – S. 45–48.

УДК 621.73

Скрябин С.А.¹, Барабой Н.Н.²

¹ НПП „Ухналь”. Украина, г. Киев.

² ГАКХ «Артем». Украина, г. Киев

ОПРЕДЕЛЕНИЕ УСИЛИЙ ПРИ ВАЛЬЦОВКЕ ЗАГОТОВОК С УЧЕТОМ РАЗВИТИЯ ДЕФОРМАЦИИ ВО ВРЕМЕНИ

Анотація

У роботі представлений вивід формул для визначення контактної площі при вальцюванні заготовок у калібрах різних систем, з урахуванням розвитку деформації в часі, що дає можливість досліджувати розподіл середнього питомого зусилля у вогнищі деформації і сил тертя, визначити зусилля вальцювання в будь-який проміжок часу деформації.

У статті вперше запропонована уточнена формула визначення зусиль при вальцюванні заготовок, що враховує розвиток деформації в часі і вплив відцентрової сили, що виникає внаслідок зміщеного центра ваги, при наявності на валках кувальних вальців секторів – штампів. Представлено висновок формул для визначення відцентрової сили.

Розбіжність результатів теоретичного розрахунку з експериментальними даними при перевірці запропонованої методики визначення контактної площі, з урахуванням розвитку деформації в часі складає до 4%, що підтверджує можливість її застосування для визначення зусиль вальцювання заготовок на кувальних вальцах.

Abstract

The work shows formulas to determine the contact area at rolling billets in calibers of different systems, taking into account the progress of deformation in the course of time, what gives the possibility to explore the distribution of average specific strain in the point of deformation and friction forces, to determine the forces of rolling at any interval of time of deformation.

The article for the first time offers a refined formula to determine forces at rolling billets, taking into account the progress of deformation in the course of time and the influence of centrifugal force, which arises due to the displaced center of gravity, with the presence of sectors' forging rolls on cylinders – punches. There has been given the formula's derivation to determine the centrifugal force.

The deviation of theoretical calculation results with experimental data while checking the offered method of determining the contact area, taking into account the progress of deformation in time makes up to 4%, what confirms the possibility of its usage to determine the forces of rolling billets on forging rolls.