

4. Березовский Б.М. Математические модели дуговой сварки. Т. 1. Челябинск: Из-во ЮУрГУ, 2002, 2003. 585 с.
5. Nishiguchi K., Ohji T., Takebayashi H. Studi on behaviour of molten pool in arc welding. Surface tensional analysis of molten pool in I-butt welding / J. of the Japan Weld. Soc., 1979. Vol. 48. № 10. P. 776–780.
6. Акулов А.И., Чернышов Г.Г., Елистратов А.П. Некоторые особенности сварки корневых швов в газовых смесях // Сварочное производство, 1975. № 1. С. 18–19.
7. Столбов В.И., Макасов В.В. Образование прожога при сварке плавлением тонких листов. // Сварочное производство, 1977. № 10. С. 20–22.
8. Данилов В.А., Чернышов Г.Г. Критерии выбора тока при сварке импульсной дугой на весу // Автоматическая сварка, 1973. № 2. С. 22–24.
9. Теория сварочных процессов. Под редакцией В.М. Неровного. М.: Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2007. 752 с.



Поляков А.Ю.



Фурманов С.М.



Федотов Б.В.

УДК 621.791.763.2

Поляков А.Ю., канд. техн. наук,

Фурманов С.М., канд. техн. наук

Белорусско-Российский университет (Республика Беларусь)

Федотов Б.В., канд. техн. наук

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

mortis2008@mail.ru

ВЛИЯНИЕ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩЕЙ ТЕХНОЛОГИИ КОНТАКТНОЙ РЕЛЬЕФНОЙ СВАРКИ НА ТВЕРДОСТЬ МЕТАЛЛА СОЕДИНЕНИЙ ИЗ НИЗКОУГЛЕРОДИСТЫХ СТАЛЕЙ

В статье приведены результаты исследований процесса контактной рельефной сварки нахлесточных соединений из низкоуглеродистой тонколистовой ферритно-перлитной стали с нетипичной циклограммой нагрева. Показано, что в сравнении со сваркой на режимах, рекомендуемых в литературе, последовательный двухэтапный ввод электрической энергии в межэлектродную зону, с одной стороны, в допустимых пределах повышает твердость металла литого ядра и зоны термического влияния и, с другой стороны, выравнивает соотношение твердости в этих зонах. Это связано с повышением скорости охлаждения металла в зоне контакта деталь–деталь, обусловленным изменением характера деформирования рельефа во времени ввиду отсутствия перегрева металла и уменьшения тепловой мощности, выделяемой в контакте.

Ключевые слова: рельефная сварка, низкоуглеродистая сталь, двухэтапный ввод электрической энергии, твердость металла, скорость охлаждения, уменьшение тепловой мощности.

The results of studies of projection welding of low-carbon ferrite-pearlite steel sheet overlap joints with special cycle of heating are considered. It is shown, that using of two stage input of electric power to joining works, unlike welding conditions taken from literature, increases hardness of nugget and HAZ metal to permissible level and equalize hardness in these zones. The reason of this phenomenon is cooling rate increasing because of projection deformation character changing in time. The last depends on heat power decreasing in welding contact.

Keywords: resistance projection welding, mild steel, two stage electric power input, metal hardness, cooling rate, heat power decreasing.

Введение. Сварные соединения, получаемые способами контактной рельефной (далее — КРС) и точечной сварки (далее — КТС), в процессе эксплуатации могут подвергаться не только воздействию статического нагружения на срез или отрыв, но и динамического. Примером таких конструкций являются кузова легковых автомобилей, элементы которых воспринимают знакопеременные нагрузки при разгоне, торможении и столкновении с препятствиями [1].

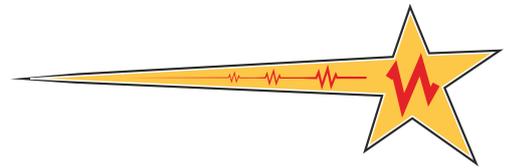
Качество сварных соединений в таких случаях оценивается показателями прочности, пластичности, твердости и ударной вязкости.

При этом наличие значительно более узкой зоны термического влияния (далее — ЗТВ) у точечных, и, особенно, у

рельефных соединений в сравнении с дуговыми позволяет утверждать, что сварка на рекомендуемых в литературе режимах [1, 2, 3] с получением диаметра сварной точки с соответствием с ГОСТ 15878-79 обеспечивает получение не только прочных, но и пластичных соединений с достаточной ударной вязкостью.

Однако данное утверждение справедливо только для наиболее широко применяемых циклограмм контактной сварки, характеризующихся заданием кругонарастающих импульсов сварочного тока и соответствующим скачкообразным вводом электрической энергии в межэлектродную зону, в ряде случаев негативно влияющим на прочностные характеристики сварных соединений даже в режиме модуляции [4].





Например, при КРС обычный импульс тока уже за первые 0,04...0,06 с после включения достигает значения, составляющего 85...95% от максимального, т.е. на протяжении подавляющей части общего времени нагрева ток близок к максимуму. В таких условиях плотность тока в контакте деталь-деталь на начальной этапе процесса максимальна, имеет место перегрев металла, а площадь контакта увеличивается с такой скоростью, что «длительность существования рельефа» минимальна. Когда же рельеф «схлопывается» преждевременно и площадь контакта резко увеличивается до максимальной, то большая часть выделяющейся тепловой энергии расходуется на теплоотвод в электроды и металл вокруг сформированного ядра. Такой процесс КРС сопровождается начальными выплесками металла из зоны контакта деталь-деталь, а разброс прочности и твердости значителен даже в случае сварки феррито-перлитной стали, не склонной к образованию закалочных структур при дуговых способах сварки [5].

Методика проведения исследований. Ранее был разработан и запатентован способ КРС, заключающийся в поэтапном дозированном вводе электрической энергии в межэлектродную зону путем задания многоступенчатого импульса тока (рис. 1) [6].

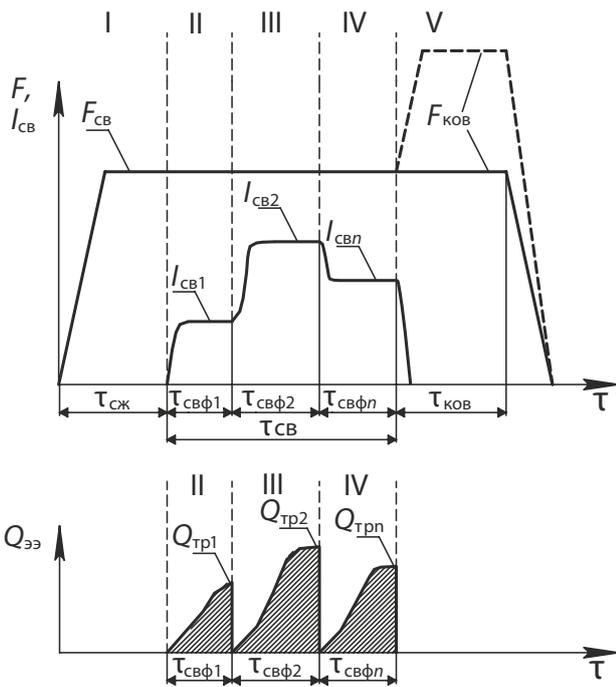


Рис. 1. Способ КРС

Для реализации предложенного способа на практике была разработана и запатентована система автоматического управления процессом КРС [7] (рис. 2).

На рис. 1: $I_{св1}, I_{св2}, \dots, I_{свn}$ — величина сварочного тока на соответствующей ступени импульса; $Q_{тр1}, Q_{тр2}, \dots, Q_{трn}$ — электрическая энергия, фиксировано вводимая в межэлектродную зону на соответствующей ступени импульса тока; $\tau_{свф1}, \tau_{свф2}, \dots, \tau_{свфл}$ — время достижения значений заданной электрической энергии на соответствующих ступенях импульса тока; $F_{св}$ — усилие сжатия электродов; $F_{ков}$ — ковочное усилие; $\tau_{сж}$ — длительность предварительного сжатия электродов; $\tau_{ков}$ — длительность приложения ковочного усилия.

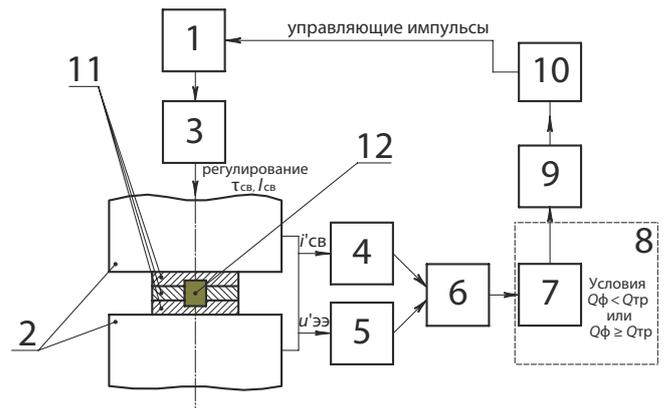


Рис. 2. Система автоматического управления процессом КРС: 1 — регулятор цикла сварки; 2 — электроды; 3 — контактор; 4 — датчик тока (на эффекте Холла); 5 — датчик напряжения; 6 — плата сбора данных; 7 — ЭВМ; 8 — среда LABVIEW [8]; 9 — устройство согласования; 10 — кабель управления; 11 — свариваемые детали; 12 — литая зона

Далее была разработана экспериментальная установка на базе устройства сбора данных компании NATIONAL INSTRUMENTS и среды графического программирования LABVIEW (рис. 3).

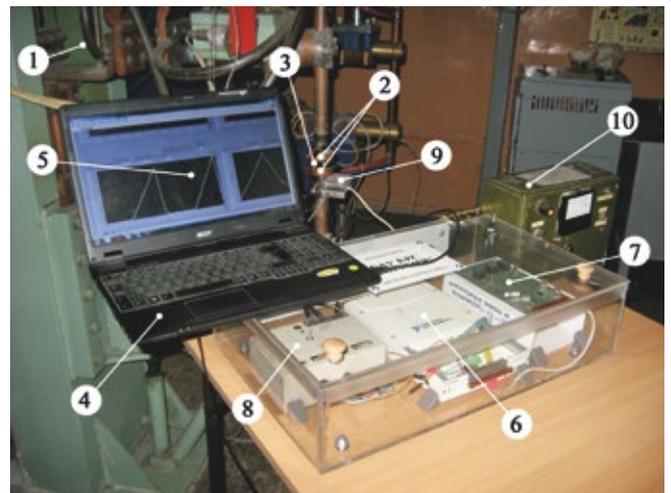
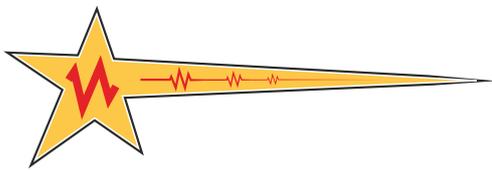


Рис. 3. Экспериментальная установка: 1 — контактная машина МТ-32; 2 — электроды для рельефной сварки; 3 — свариваемые детали; 4 — ЭВМ; 5 — интерфейс среды LABVIEW; 6 — устройство NATIONAL INSTRUMENTS; 7 — устройство согласования; 8 — источник питания датчика тока; 9 — датчик тока ДТПХ-32000; 10 — прибор для тарировки датчика тока

Предыдущие исследования процесса КРС [9, 10, 11] показали, что указанный способ позволяет задавать нестандартные циклограммы нагрева межэлектродной зоны и 10-кратно уменьшать электрическую энергию, вводимую в межэлектродную зону (в сравнении с расчетным значением по уравнению теплового баланса [2]), при сохранении приемлемого уровня прочности сварных соединений (рис. 4). Одновременно обеспечивается экономия электроэнергии, потребляемой контактной сварочной машиной из сети.





При этом качество получаемых соединений оценивалось по результатам анализа макро- и микрошлифов, а также испытаний образцов статическим нагружением на срез и продавливание.

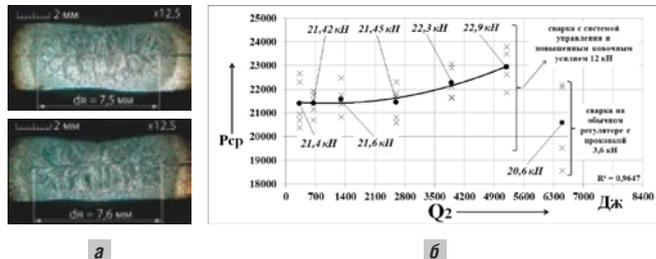


Рис. 4. Сравнение базового режима КРС [1, 2, 3] с энергосберегающим: макрошлифы соединений (сверху — базовый режим КРС, снизу — энергосберегающий) (а); влияние электрической энергии Q_2 , введенной на второй ступени импульса тока, на прочность соединения R_{cp} (б)

В настоящей работе было предположено, что при КРС соединений из низкоуглеродистой стали двухэтапное последовательное введение в межэлектродную зону 10% от расчетной энергии в соотношении «5% энергии при токе, равном 50% от расчетного — 5% энергии при расчетном токе» существенно не повышает твердость литой зоны, границы сплавления и ЗТВ в сравнении со сваркой по наиболее широко применяемым циклограммам. В соответствии с нормативами допустимые значения твердости должны составлять не более 320 HV [12, 13].

Экспериментально на машине МТ-32 осуществлялась сварка двух пластин из Ст3 размером 100×30 мм толщиной 2 + 2 мм (рис. 5).

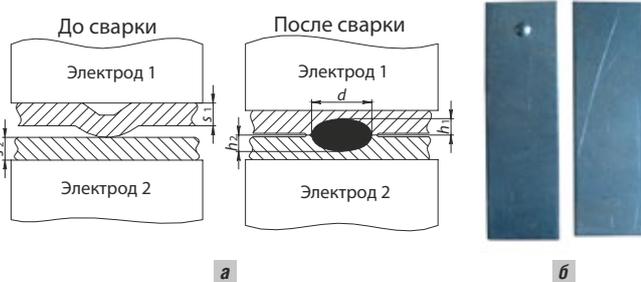


Рис. 5. Схема соединения (а) и внешний вид свариваемых пластин (б)

Выштампованный круглый рельеф диаметром 6 мм и высотой 1,2 мм располагался на верхней свариваемой детали. При этом геометрические размеры формируемого рельефа определялись матрицей и пуансоном, разработанными специально для толщины листа 2 мм по рекомендациям [3], а усилие штамповки прикладывалось универсальной испытательной машиной МУП-50.

Предварительно осуществленный расчет уравнения теплового баланса позволил определить величину полной электрической энергии, необходимой для ввода в межэлектродную зону при сварке по рекомендациям [1, 2, 3] ($Q_{э3} = 6233$ Дж). Расчетный сварочный ток $I_{св}$ составил 14,9 кА. При этом длительность протекания сварочного тока $t_{св} = 0,28$ с выбиралась по рекомендациям [1]. Сопротивление межэлектродной зоны

в конце процесса прохождения тока $R_{э3} = 98$ мкОм, теплофизические характеристики свариваемого металла и материала электродов выбирались по рекомендациям [2]. Диаметр верхнего и нижнего электродов d_3 составлял 58 мм.

При проведении экспериментов сварочное усилие $F_{св} = 3,6$ кН выбиралось по рекомендациям [1] для соответствующей толщины листа. При этом повышенное ковочное усилие $F_{ков} = 12$ кН продолжительностью $t_{ков} = 1,2$ с прикладывалось к электродам в момент выключения тока.

Вышеуказанный режим сварки в двух вариантах — с приложением и без приложения $F_{ков}$ — был принят за обычный (базовый), обеспечиваемый регулятором цикла сварки, и с ним далее шло сравнение. Фактически на данном режиме в зону сварки вводилось не 6,2 кДж (согласно уравнению баланса), а 6,5 кДж (рис. 6).

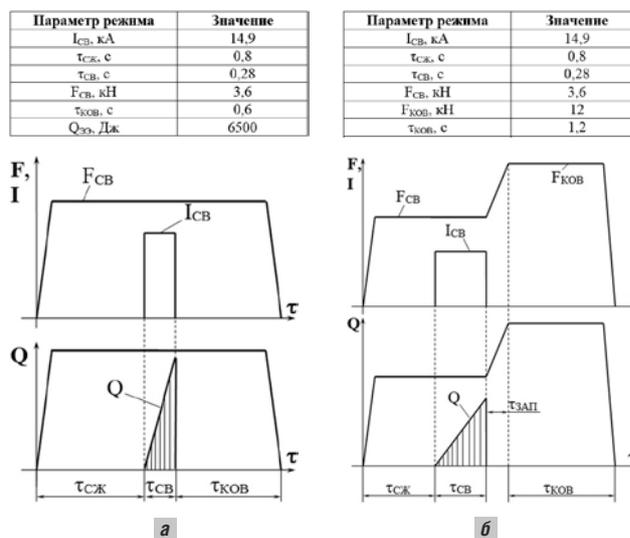


Рис. 6. Режим и циклограмма КРС по литературным рекомендациям: без приложения $F_{ков}$ (а); с приложением $F_{ков}$ (б)

После этого осуществлялась КРС образцов при использовании двухступенчатого импульса сварочного тока. Ток подогрева на первой ступени импульса составлял $I_{св1} = 7,5$ кА. Основной (сварочный) ток на второй ступени импульса составлял $I_{св2} = 14,9$ кА. Соответственно, электрическая энергия вводилась в межэлектродную зону в два этапа в следующем соотношении: введение на первом уровне тока 5% от расчетного значения энергии — 325 Дж; введение на втором уровне тока также 5% от расчетного значения энергии (рис. 7).

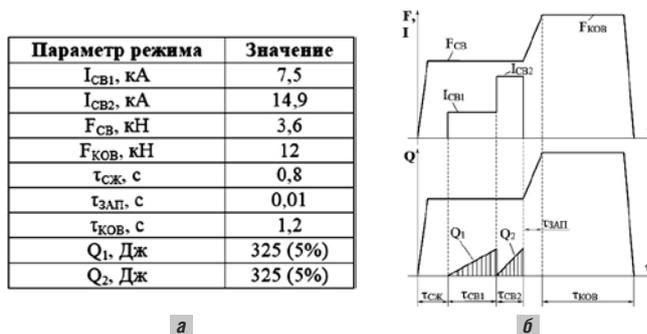
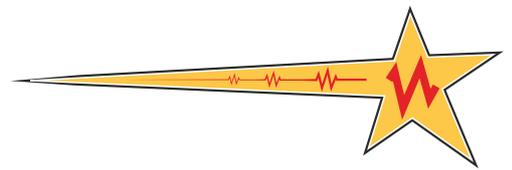


Рис. 7. Энергосберегающий режим КРС (а) и циклограмма процесса (б)





После выключения тока к электродам также прикладывалось $F_{КОВ}$ по аналогии с одним из базовых режимов (рис. 6, б).

На каждом из трех режимов (двух базовых (рис. 6, а и б) и одном энергосберегающем (рис. 7)) сваривалось по 10 образцов.

Фактическая номинальная длительность поэтапного ввода энергии в межэлектродную зону на энергосберегающем режиме составила $\tau_{СВ1} = 118$ мс и $\tau_{СВ2} = 68$ мс, соответственно. Длительность включенного состояния тиристоров была зафиксирована регистратором сварочных процессов РКДП 0401 и составила: $\lambda_1 = 84,6$ мс — для первой ступени импульса тока; $\lambda_2 = 63,6$ мс — для второй ступени импульса тока (на базовых режимах сварки $\lambda_Б = 267$ мс).

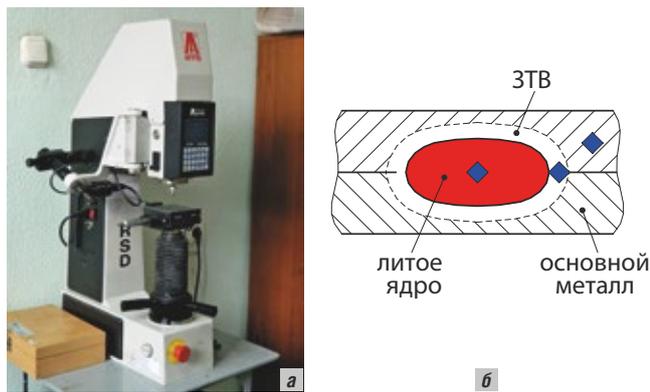


Рис. 8. Твердомер фирмы AFFRI (а) и схема уколов образцов при определении твердости HV (б)

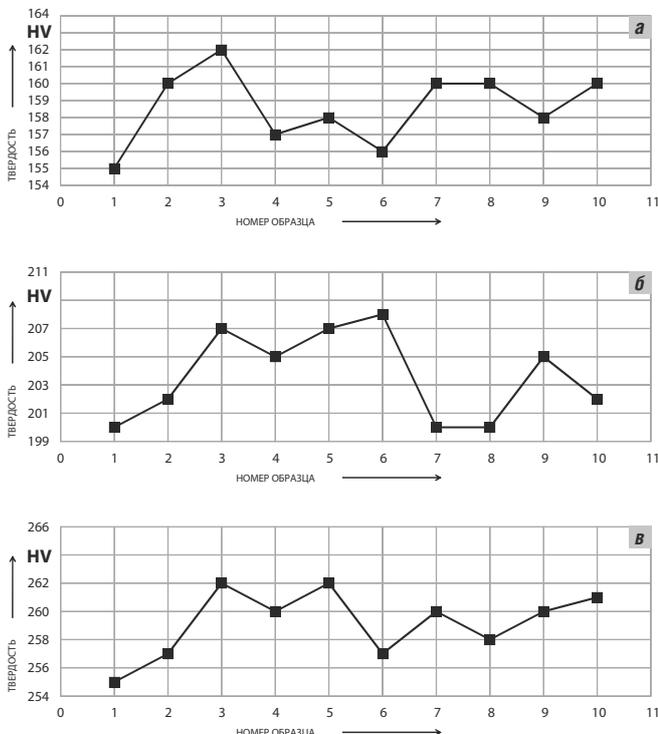


Рис. 9. Разброс значений твердости в центре литого ядра: при сварке на базовом режиме без приложения $F_{КОВ}$ (с проковкой сварочным усилием) (а); при сварке на базовом режиме с приложением $F_{КОВ}$ (б); при сварке на энергосберегающем режиме с приложением $F_{КОВ}$ (в)

Далее изготавливались макрошлифы соединений путем резки, абразивной шлифовки и травления образцов 30% — ым раствором хлористого железа в воде.

Твердость по Виккерсу измерялась с помощью твердомера фирмы AFFRI итальянского производства (рис. 8, а). Схема уколов представлена на рис. 8, б.

Результаты исследований и их обсуждение. Средняя твердость в центре литого ядра при КРС на двух базовых и энергосберегающем режиме, составила 159, 204 и 259 HV, соответственно (Рис. 9).

Средняя твердость в ЗТВ по границе сплавления при КРС на двух базовых и энергосберегающем режиме, составила 204, 225 и 250 HV, соответственно (рис. 10).

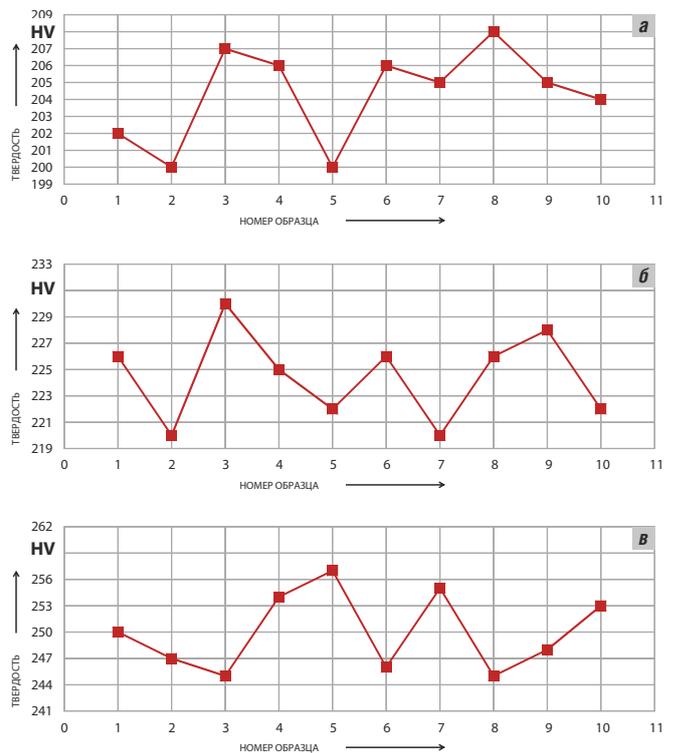


Рис. 10. Разброс значений твердости в ЗТВ по границе сплавления: при сварке на базовом режиме без приложения $F_{КОВ}$ (с проковкой сварочным усилием) (а); при сварке на базовом режиме с приложением $F_{КОВ}$ (б); при сварке на энергосберегающем режиме с приложением $F_{КОВ}$ (в)

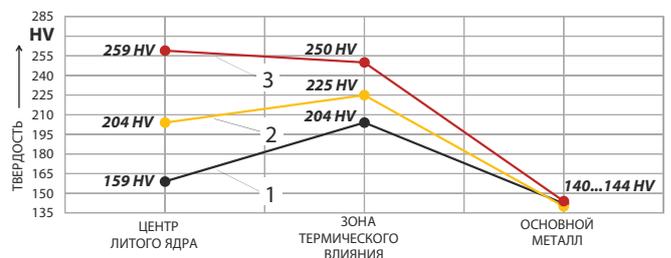
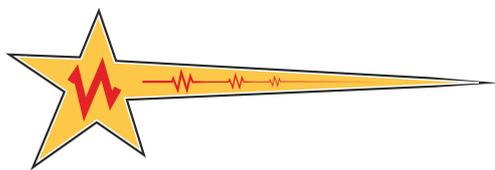


Рис. 11. Кривые изменения твердости в отдельных зонах сварного соединения (коэффициент достоверности аппроксимации $R_2 = 1$ [14]): 1 — при сварке на базовом режиме без приложения $F_{КОВ}$ (с проковкой сварочным усилием); 2 — при сварке на базовом режиме с приложением $F_{КОВ}$; 3 — при сварке на энергосберегающем режиме с приложением $F_{КОВ}$





Разброс показаний твердомера на 10 образцах в каждом из трех случаев КРС не превысил 5%. Средняя твердость основного металла при КРС на двух базовых и энергосберегающем режиме, существенно не изменилась и составила от 140 до 144 HV.

Совмещение аппроксимированных кривых изменения твердости в различных зонах сварного соединения при сварке на двух базовых и энергосберегающем режиме представлено на рис. 11.

Выводы. Таким образом, эксперименты показали, что при КРС пластин из ферритно-перлитной низкоуглеродистой тонколистовой стали по выштампованным рельефам использование дозированного двухэтапного ввода (током подогрева и расчетным током) в межэлектродную зону электрической энергии, в 10 раз меньшей в сравнении с расчетным значением (по уравнению теплового баланса), в совокупности с приложением $F_{\text{ков}}$ в момент выключения сварочного тока дает следующий эффект:

а) обеспечивается прочность соединения, соответствующая сварке на базовых режимах, рекомендованных в литературе [1, 2, 3];

б) повышается твердость металла литого ядра и ЗТВ на 39 и 19%, соответственно, в сравнении со сваркой на базовых режимах без приложения $F_{\text{ков}}$;

в) повышается твердость литого ядра и ЗТВ на 22 и 10%, соответственно, в сравнении со сваркой на базовых режимах с приложением $F_{\text{ков}}$;

г) более равномерно распределяется твердость между литым ядром и ЗТВ в сравнении со сваркой на базовых режимах. Увеличение твердости литого ядра и ЗТВ при использовании энергосберегающего режима сварки находится в рамках допустимых значений и объясняется изменением характера деформирования рельефа в процессе нагрева, влияющим на скорость охлаждения металла.

Ток подогрева на первой ступени импульса в начале процесса сварки не позволяет рельефу интенсивно сминаться. Роль тока подогрева состоит в начальной стабилизации контактных сопротивлений межэлектродной зоны, причем благодаря пониженной площади контакта деталь–деталь плотность тока в нем значительно повышается. Относительно малая величина тока при подогреве не позволяет рельефу преждевременно деформироваться и электрическая энергия преобразуется в тепловую, с одной стороны, при меньшем теплоотводе в электроды и относительно большей плотности тока в зоне контакта деталь–деталь за счет его малой площади на первой стадии прохождения тока, и, с другой стороны, при одновременном отсутствии перегрева в контакте.

Расчетный (максимальный) ток на второй ступени импульса в дальнейшем интенсивно сминает рельеф, значительно увеличивая площадь контактирования деталей и уменьшая плотность тока в контакте. Но так как фактическая продолжительность протекания максимального тока на второй ступени импульса примерно в 4 раза ниже, чем на базовом режиме, то выделяемая тепловая мощность при нагреве металла уменьшается. По этой причине охлаждение межэлектродной зоны происходит более интенсивно (с меньших температур).

При этом следует отметить, что во всех случаях сварки на участке литого ядра между его центром и ЗТВ вдоль гра-

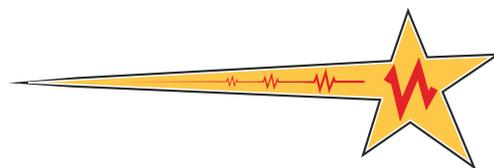
ницы сплавления наблюдается зона повышенной твердости (вплоть до 300 HV; на рис. 11 не указана), что свидетельствует о наличии области преимущественно мартенситной структуры, которая может негативно влиять на прочностные характеристики соединений при ударных и знакопеременных нагрузках. Причина ее образования — высокая скорость охлаждения при КРС, достигающая 400...500 °C в секунду [5, 15].

По мнению авторов работы предложенный энергосберегающий способ КРС целесообразно использовать в комбинации с приложением к электродам ковочного усилия до момента выключения сварочного тока [16]. Это позволит изменить характер деформирования металла межэлектродной зоны и повысить прочностные характеристики формируемых сварных соединений.

Список литературы.

1. Гуляев А.И. Технология и оборудование контактной сварки. М.: Машиностроение, 1985. 256 с.
2. Березиенко В.П., Мельников С.Ф., Фурманов С.М. Технология сварки давлением. Могилев: Белорусско-Российский университет, 2009. 256 с.
3. Гилевич В.А. Технология и оборудование рельефной сварки. Л.: Машиностроение, 1976. 151 с.
4. Поляков А.Ю., Фурманов С.М., Бендик Т.И. Система автоматического управления процессом контактной рельефной сварки // Вестник Белорусско-Российского университета, 2013. № 4. С. 75–84.
5. Куликов В.П. Технология и оборудование сварки плавлением и термической резки: учебное пособие. Минск: Эксперспектива, 2003. 415 с.
6. Способ контактной точечной и/или рельефной сварки: пат. Респ. Беларусь, МПК В 23 К 11/11 / А.Ю. Поляков, С.М. Фурманов, Т.И. Бендик, С.С. Короткевич, А.О. Булышко; заявл. 25.11.2013; опубл. 30.04.2016. — 2016, № 19977 (С1). 4 с.
7. Система автоматического управления процессом рельефной сварки: пат. Респ. Беларусь, МПК В 23 К 11/10 / А.Ю. Поляков, С.М. Фурманов, Т.И. Бендик, С.С. Короткевич, А.О. Булышко; заявл. 18.11.2013; опубл. 30.12.2014. — 2014, № 10481 (U). — 5 с.
8. Тревис Джеффри LABVIEW для всех: перевод с английского. М.: ДМК Пресс; Приборкомплект, 2005. 544 с.
9. Поляков А.Ю. Разработка технологического процесса контактной рельефной сварки пакетных соединений засовов замков // Вестник Белорусско-Российского университета, 2014. № 3. С. 56–67.
10. Поляков А.Ю., Фурманов С.М., Степанов А.А., Колобова М.С., Денисов Д.А. Разработка энергосберегающего технологического процесса контактной рельефной сварки кронштейна лифта по кольцевому рельефу // Вестник Белорусско-Российского университета, 2016. №3. С. 51–62.
11. Поляков А.Ю., Фурманов С.М., Бендик Т.И., Степанов А.А., Колобова М.С. Об обеспечении прочности соединений, получаемых способом контактной рельефной сварки, без образования литого ядра // Вестник Полоцкого государственного университета, 2016. Серия В. Промышленность. Прикладные науки. № 3. С. 75–81.
12. ГОСТ Р ИСО 15614–12–2009. Технические требования и аттестация процедур сварки металлических материалов





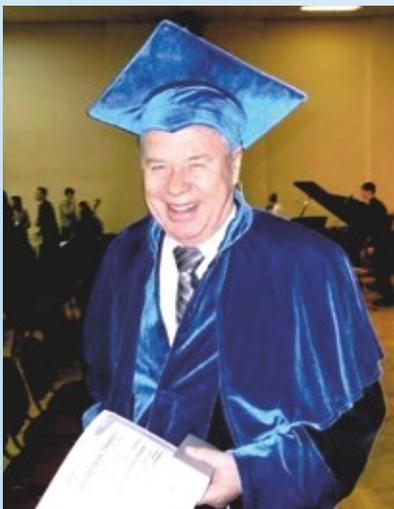
Проверка процедуры сварки. Часть 12. Точечная, шовная и рельефная сварка. М.: Стандартинформ, 2011. 12 с.

13. ГОСТ Р ИСО 15614-1-2009. Технические требования и аттестация процедур сварки металлических материалов Проверка процедуры сварки. Часть 1. Дуговая и газовая сварка сталей и дуговая сварка никеля и никелевых сплавов. М.: Стандартинформ, 2011. 28 с.

14. Тарасик В.П. Математическое моделирование технических систем: учебник для вузов. Минск: ДизайнПРО, 2004. 640 с.

15. Хорн Ф. Атлас структур сварных соединений: перевод с немецкого. М.: Metallургия, 1977. 288 с.

16. Mikno, Z. Projection Welding with Pneumatic and Servomechanical Electrode Operating Force Systems // Welding Journal. 2016. № 8. P. 286-299.



ОТ МАСТЕРА ЦЕХА ДО РЕКТОРА ВУЗА...

26 февраля исполнилось 85 лет заслуженному деятелю науки и техники, лауреату Государственной премии РФ, доктору технических наук, профессору Владимиру СТОЛБОВУ

Родившись в начале 30-х в семье раскулаченного крестьянина, Владимир Иванович рано познал тяготы голода, скитаний и нищеты. Но, несмотря на все испытания, он сумел сохранить тягу к учебе, творчеству, совершенствованию. Уже во время учебы в Уральском политехническом институте, находясь на практике в городе Ставрополе (ныне — Тольятти) на строительстве Волжской ГЭС, ему удалось разработать и внедрить свое первое изобретение. В 1954 году, после окончания ВУЗа, его распределяют на Куйбышевский авиационный завод, где Владимир Столбов прошел путь от мастера до заместителя начальника цеха. В 1957 году поступил в аспирантуру, а с 1960 по 1967 год работал начальником лаборатории сварки и пайки в Куйбышевском филиале НИАТ (Научно-исследовательский институт авиационной технологии). В это же время Владимир Иванович защищает кандидатскую диссертацию.

В НИАТе наряду с освоением новых способов сварки, разработанных учеными академических и отраслевых институтов, В.И. Столбов предложил и применил импульсную сварку под флюсом закаленных сталей типа хромансиль, многоимпульсную точечную сварку марганцовистых сталей, сварку трехфазной дугой в аргоне неплавящимися электродами и высокоскоростную сварку по расплавляемой нахлестке алюминиевых сплавов. Разработка источников питания трехфазной дуги, стенов и установок сопровождалась глубокими исследованиями теплофизических и деформационных процессов.

В 1967 году В.И. Столбов назначается проректором по научной работе, а в 1969 году его назначают ректором Тольяттинского политехнического института, в должности которого Владимир Иванович проработал 22 года. За это время он последовательно организует кафедры «Оборудование и технология сварочного производства» (1968), «Оборудование и технология пайки» (1970), «Восстановление деталей машин» (1991).

Его целеустремленность и многогранная деятельность крупного ученого, талантливого педагога и видного организатора высшей школы снискали признание и высокий авторитет в России и за рубежом. На международных выставках в Лейпциге, Париже, Лондоне, Бомбее, Москве его изобретения были удостоены высоких оценок, им получено 6 медалей ВДНХ.

Ученый с мировым именем в области теплофизики сварки, создатель нового научного направления по сварке алюминиевых сплавов, автор более трехсот публикаций и более ста изобретений, Владимир Иванович подготовил целую плеяду учеников — около пятидесяти человек защитили кандидатские и докторские диссертации.

Несмотря на почтенный возраст Владимир Иванович продолжает работать — пишет очередную книгу, продвигает собственные изобретения, является председателем Президиума регионального научного центра ноосферных знаний и технологий Российской академии естественных наук (РАЕН). Недавно губернатор Самарской области вручил В.И. Столбову Знак отличия «За заслуги перед Самарской областью».

**От всей души желаем Владимиру Ивановичу здоровья, долголетия, дальнейших творческих успехов!
Счастья и семейного благополучия!**

Коллектив ООО «ССДС «Дельта»



www.mvcnacs.ru

МЕЖОТРАСЛЕВОЙ ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧНЫЙ ЦЕНТР НАКС —
ПРОФЕССИОНАЛЬНОЕ ОБУЧЕНИЕ И ДОПОЛНИТЕЛЬНОЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЕ
ОБРАЗОВАНИЕ ПО НАПРАВЛЕНИЮ «СВАРКА И РОДСТВЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ»

Лицензия на осуществление образовательной деятельности № 036955, выдана Департаментом образования города Москвы 29.12.2015 г.