



ТЕХНОЛОГИЯ ДУГОВОЙ ТОЧЕЧНОЙ СВАРКИ СТАЛЬНОЙ ТРЕХСЛОЙНОЙ ПАНЕЛИ С ЯЧЕИСТЫМ ЗАПОЛНИТЕЛЕМ

Академик НАН Украины **Л. М. ЛОБАНОВ**, **А. Н. ТИМОШЕНКО**, канд. техн. наук, **П. В. ГОНЧАРОВ**, инж. (Ин-т электросварки им. Е. О. Патона НАН Украины),
В. И. ЗАЙЦЕВ, инж. (ОАО «ВПК «НПО машиностроения», г. Реутов, РФ)

Рассмотрены особенности применения дуговой точечной сварки при изготовлении трехслойной панели с ячеистым наполнителем из высоколегированной стали. Показана возможность осуществления процесса с односторонним доступом к изделию и в стесненных условиях без применения значительных усилий для сжатия соединяемых конструктивных элементов, а также при соединении тонкостенного металла толщиной 0,1...1,0 мм на весу без подкладок.

Ключевые слова: аргонодуговая сварка, дуговая точечная сварка, сотовая конструкция, импульсная сварка, трехслойная панель, высоколегированная аустенитная сталь, тонкостенные металлоконструкции

Сотовые конструкции находят широкое применение в различных отраслях промышленности — авиа-, ракето-, машино- и судостроении, строительстве. Сотовые панели благодаря рациональному распределению металла в отдельных их элементах являются альтернативой уменьшения массы конструкции [1–4]. Такие конструкции при их относительно небольшой массе отличаются высоким уровнем прочности и жесткости, а также хорошими звуко- и теплоизоляционными свойствами. Трехслойная панель с ячеистым наполнителем (рис. 1) является разновидностью сотовых конструкций. Она представляет собой составную сварную трехслойную конструкцию из тонколистового металла, состоящую из двух несущих слоев, ячеистого наполнителя, расположенного между ними, и элементов каркаса (окантовок, законцовок, накладок и др.). Несущие слои воспринимают нагрузки (растяжение, сжатие, сдвиг) и поперечные изгибающие моменты. Наполнитель, монолитно связанный с несущими слоями (обшивками), обеспечивает совместную работу и устойчивость всей трехслойной конструкции и при ее изгибе подвергается воздействию поперечных сил [4]. При изготовлении сотовой панели требуется выполнить большое количество сварных точечных соединений, которые целесообразнее получать дуговой точечной сваркой (ДТС).

Контактная сварка с односторонним подводом тока имеет ограниченное применение вследствие малой жесткости получаемых соединений, а также невозможности использовать подкладки, противодействующие давлению электродов. Еще одним недостатком контактной сварки является то, что

этот процесс невозможно выполнить со стороны обшивки.

Цель настоящей работы — разработка и освоение технологии ДТС стальной трехслойной панели с ячеистым наполнителем.

Технологию ДТС отработывали на образцах трехслойной панели размером 300×300×7,2 мм с ячеистым наполнителем, несущие слои которой изготовлены из стали аустенитно-ферритного класса 03X11N10M2T толщиной 0,6 мм, а ячеистый наполнитель — из аустенитной стали 12X18N10T толщиной 0,3 мм. ДТС выполняли со стороны обшивки. При ДТС образцов и макетов изделий использовали вольфрамовый электрод диаметром 1,5...2,0 мм, защиту сварочной дуги и зоны сварки осуществляли аргоном.

В состав лабораторной установки для отработки технологии процесса ДТС сварки трехслойной панели с ячеистым наполнителем (рис. 2) входят источник сварочного тока 1, сварочный стенд 2, блок управления сварочным циклом 4, комплект соединительных кабелей и шлангов 3. Эта установка позволяет эффективно выполнять сварные точечные соединения на токах 5...80 А за 0,05...0,50 с с защитой зоны соединения инертным газом.

Сварочный стенд 2 предназначен для закрепления образца и его перемещения к месту вы-



Рис. 1. Трехслойная панель с ячеистым наполнителем

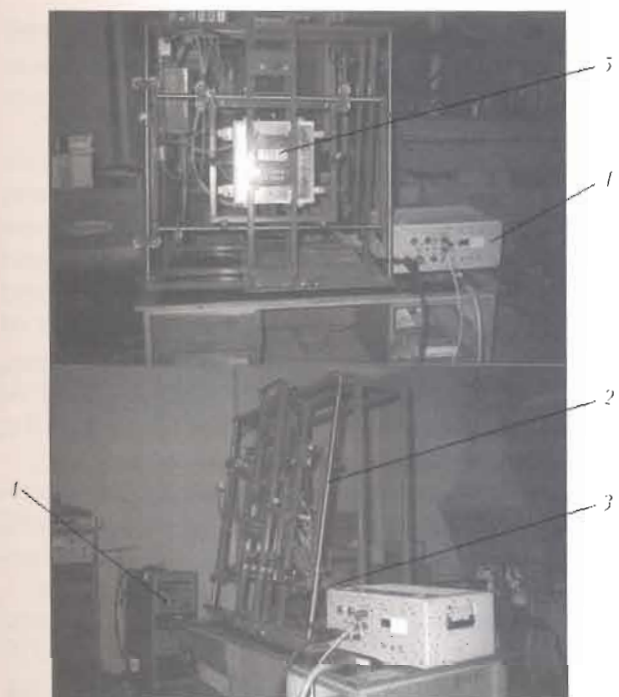


Рис. 2. Лабораторная установка для отработки технологии ДТС трехслойной панели с ячеистым наполнителем: 1 — источник сварочного тока; 2 — сварочный стенд; 3 — соединительные кабели; 4 — блок управления сварочным циклом; 5 — рамка с образцом

полнения ДТС на вертикальной плоскости. С помощью блока управления 4 на лабораторной установке осуществляется согласованное управление всеми исполнительными устройствами, обеспечивающими требуемый цикл сварки, включение и отключение сварочного источника, газовую защиту, прижим обшивки к наполнителю.

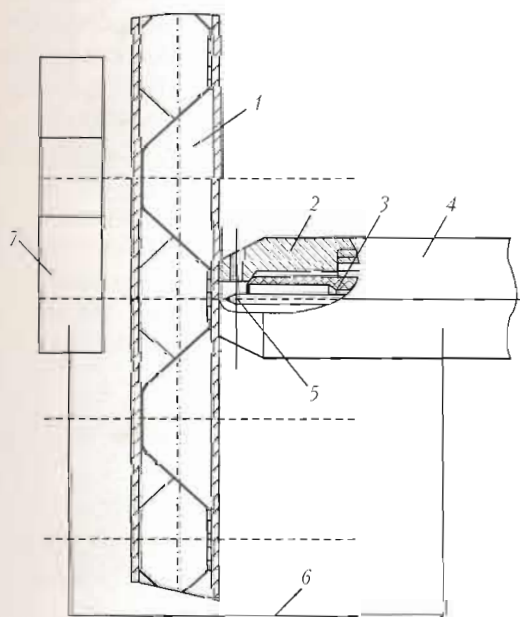


Рис. 3. Схема выполнения ДТС трехслойной панели: 1 — трехслойная панель; 2 — опорное сопло; 3 — керамическая вставка; 4 — сварочная горелка; 5 — неплавящийся электрод; 6 — жесткая связь; 7 — система слежения

ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ РАЗДЕЛ

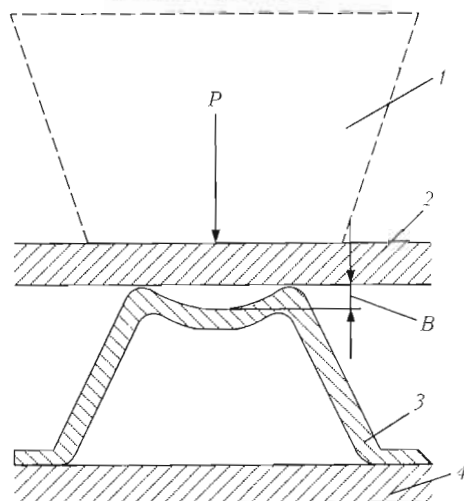


Рис. 4. Схема образования зазора B в месте выполнения ДТС трехслойной панели: 1 — сварочная горелка; 2, 4 — обшивка панели; 3 — ячеистый наполнитель

В процессе отработки технологии ДТС трехслойных панелей с ячеистым наполнителем выявлены следующие технологические особенности.

В свободном состоянии заготовки трехслойной панели характеризуются сравнительно малой жесткостью и для устранения зазоров B , которые образуются при сварке, необходимо применять местные сжимающие усилия P в зоне сварного соединения. Для устранения зазоров между внешней обшивкой и наполнителем прикладывали сжимающее усилие, которое передается через опорное сопло сварочной горелки непосредственно к круглой площадке вершины наполнителя (рис. 3). При этом существенным фактором является значение прикладываемого сжимающего усилия. Так, в случае повышенных сжимающих усилий на плоской площадке привариваемой вершины наполнителя появляется вогнутость (рис. 4). Образование вследствие этого зазора между наполнителем и обшивкой может привести к прожогам или неплавлениям обшивки и наполнителя.

С целью определения допустимого значения сжимающего усилия проведены замеры зазора площадки наполнителя от прикладываемого усилия:

| | | | | | | |
|---------|-----|------|------|------|------|------|
| $P, Н$ | 200 | 250 | 280 | 300 | 400 | 450 |
| $B, мм$ | — | 0,09 | 0,10 | 0,12 | 0,15 | 0,20 |

Результаты замеров зазора свидетельствуют о том, что сжимающее усилие, передаваемое через опорное сопло сварочной горелки, не должно превышать 200 Н, поскольку тогда не происходит деформации плоской площадки вершины наполнителя. При сжимающих усилиях более 300 Н возникают зазоры, вызывающие появление в сварном соединении дефектов.

Технологические режимы сварки (длительность импульса тока, паузы, процесса сварки, сварочный ток, усилие сжатия) устанавливаются экс-

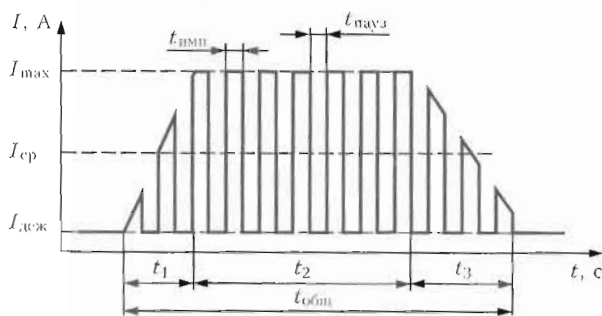


Рис. 5. Циклограмма сварочного тока при импульсной ДТС: I_{\max} , $I_{\text{ср}}$, $I_{\text{деж}}$ — сварочный ток соответственно максимальный, среднего значения и дежурной дуги; $t_{\text{общ}}$ — общее время сварки; $t_1 - t_3$ — длительность нарастания соответственно сварочного тока, рабочего сварочного тока и его спада; $t_{\text{имп}}$, $t_{\text{пауз}}$ — длительность соответственно импульсов сварочного тока и паузы между ними

периментально на технологических образцах с использованием блока управления и источника сварочного тока. Сварные образцы выполнены ипульсной ДТС и сваркой дугой с постоянной мощностью. При этом использовали инверторный источник сварочного тока «Fronius MW 2600».

Сварные соединения, полученные дугой с постоянной мощностью, имели ряд дефектов прожоги, наличие горячих трещин, повышенный уровень деформации его поверхности. Использование импульсной ДТС позволило устранить или уменьшить ряд существенных дефектов по сравнению со сваркой дугой постоянной мощности. Как отмечено в работах [5, 6], использование импульсного режима сварки уменьшает погонную энергию процесса при заданной глубине проплавления. Время пребывания металла зоны термического влияния в высокотемпературной области также значительно меньше, чем при сварке на постоянном токе. Управление частотой, длительностью импульсов тока и паузой между ними позволяет регулировать тепловложение в сварное соединение.

Импульсную ДТС образцов выполняли по циклограмме, приведенной на рис. 5. Параметры режима сварки, в пределах значений которых про-

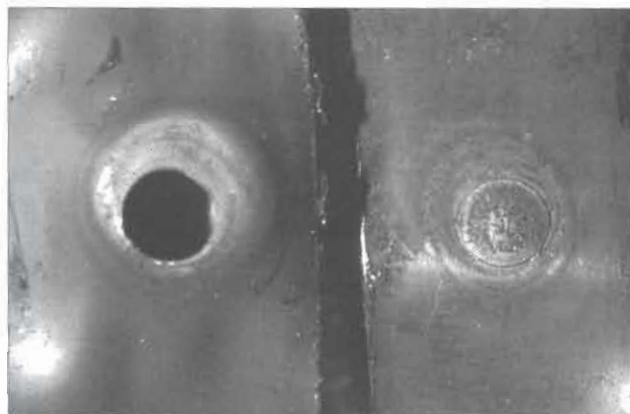


Рис. 6. Внешний вид сварной точки с вырывом ее ядра

Результаты замеров диаметра ядра сварной точки и разрывного усилия

| D , мм | d , мм | F , Н |
|----------|----------|---------|
| 1,5 | 1,0 | 240 |
| 2,0 | 1,3 | 280 |
| 2,2 | 1,5 | 410 |
| 2,5 | 1,8 | 440 |
| 3,0 | 2,0 | 450 |

исходил поиск оптимального сварочного режима, следующие: $I_{\max} = 40 \dots 80$ А; $I_{\text{ср}} = 20 \dots 40$ А; $I_{\text{деж}} = 6 \dots 20$ А; $t_1 = 0,05 \dots 0,45$ с; $t_2 = 0,5 \dots 4,0$ с; $t_3 = 0,05 \dots 0,55$ с; $t_{\text{общ}} = 0,55 \dots 5,00$ с.

Технологические образцы подвергали разрушению на разрывной машине РМ-50, после чего с помощью бинокулярного микроскопа БМ-1 проводили замеры диаметра ядра сварной точки.

Установлено, что геометрические параметры сварного точечного соединения, выполненного ДТС неплавящимся электродом, целесообразно выбирать такими, чтобы разрушение образцов происходило с вырывом ядра сварной точки (рис. 6). Разрывное усилие F , прикладываемое к сварному соединению, зависит от диаметра сварной точки. Для принятого сочетания толщин диаметр d ядра сварной точки должен быть не менее 1,4 мм (таблица). При этом диаметры зоны плавления со стороны сварки составляют $D = 2,2 \dots 3,0$ мм, $D_0 = 1,4 \dots 2,0$ мм (рис. 7).

Отклонение диаметра ядра сварной точки от заданного значения, вызванное несовершенством технологии сварки (отсутствие надежного взаимного прилегания свариваемых деталей, отклонение режимов сварки в процессе выполнения сварного соединения и т. п.), приводит к заметным изменениям площади среза и, как следствие, к нестабильности показателей прочности точечного соединения.

Из изложенного выше можно заключить, что разработанная технология ДТС неплавящимся электродом трехслойных панелей с ячеистым наполнителем имеет следующие преимущества: возможность сварки с односторонним доступом к изделию и в стесненных условиях без применения значительных усилий для сжатия соединяемых конструктивных элементов; возможность сварки

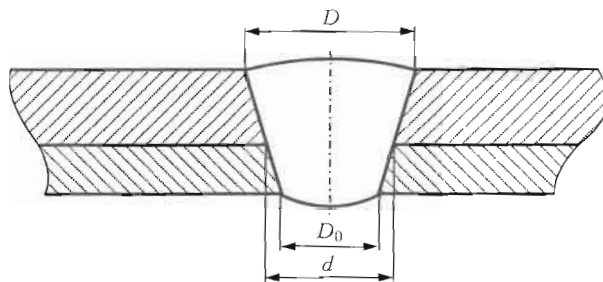


Рис. 7. Поперечное сечение сварной точки: D, D_0 — диаметры зоны плавления соответственно с лицевой стороны сварной точки и противоположной ее стороны

тонкостенной конструкции толщиной 0,1...1,0 мм на весу без подкладок; простой и компактный исполнительный механизм (сварочная горелка).

Созданные технология и аппаратура для ДТС могут служить основой разработки автоматизированных установок для сварки крупногабаритных трехслойных изделий из конструктивных элементов. Небольшие размеры сварочной ванны точечного соединения позволяют выполнять ДТС во всех пространственных положениях.

1. Коршенико А. Н., Жадкевич А. М. Разработка и применение паяных решетчатых и соговых конструкций в авиа-

ционной технике // Автомат. сварка. — 2005. — № 12. — С. 18–25.

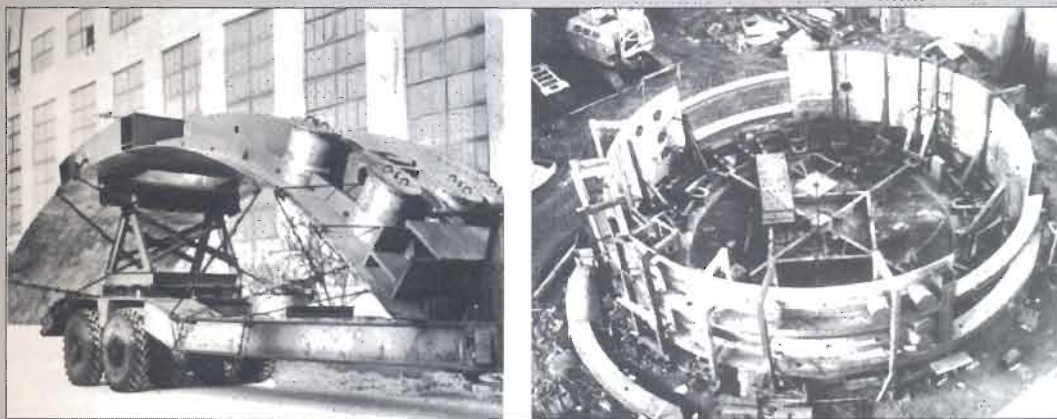
2. Жаров М. В. Технология производства оребренных авиационных панелей сложной формы // Технология машиностроения. — 2006. — № 8. — С. 31–33.
3. Мосягин А. С. Технологический процесс сборки сварных сотовых панелей // Там же. — 2006. — № 5. — С. 36–37.
4. Панин В. П., Гладков Ю. А. Конструкции с заполнителем: Справочник. — М.: Машиностроение, 1991. — 271 с.
5. Кархин В. А., Хомич П. Н. Минимизация погонной энергии при импульсной сварке // Свароч. пр-во. — 2006. — № 10. — С. 3–6.
6. Вагнер В. А. Термоциклирование при сварке вольфрамовым электродом // Там же. — 1980. — № 2. — С. 4–6.

Considered are the features of arc spot welding application in manufacture of a three-layer panel with a cellular filler of high-alloyed steel. A possibility is demonstrated of process implementation with one-sided access to the item and under constricted conditions without application of considerable forces for compression of the structural elements being joined, as well as at joining of thin-walled metal 0,1...1,0 mm thick in the gravity position without a backing.

Поступила в редакцию 05.11.2007

СВАРКА КРУПНОГАБАРИТНЫХ ИМИТАТОРОВ КОСМИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ

Разработана технология сварки для изготовления камеры вертикальных испытаний, представляющей собой цилиндрический сосуд диаметром 16000 мм, длиной ≈ 50000 мм и объемом ≈ 10000 м³. Камера предназначена для имитации космических условий и испытаний в этих условиях различных изделий в вертикальном положении. Имитатор космоса состоит из цилиндрической части, изготавливаемой из стали 03X13AG19 (ЧС-46) толщиной 20 мм, двух доньшек из стали 12X18H10T толщиной 24 мм и силового набора из стали 09Г2С толщиной до 30 мм.



Заготовки цилиндрической части камеры (обечайки 1/4 диаметра) изготавливали в заводских условиях вместе с силовым набором и поставляли на монтажную площадку. На монтаже вертикальные швы обечайки длиной 4000 мм выполняли ЭШС проволокой Св-05X15H9AG6 (ЧС-31) под флюсом АН-45. Для сварки горизонтальных швов на вертикальной плоскости при наращивании обечайки использовали электроды АНВ-24.

Заготовки доньшек из стали 12X18H10T сваривали в заводских условиях. Экраны, по которым пропускается жидкий гелий для имитации температур космоса, изготавливали из сплава инвар и сваривали аргонодуговым способом. Качество швов контролировали рентгеном, вакуумную плоскость — гелиевым течеискателем.

Контакты: 03680, Украина, Киев-150, ул. Боженко, 11
Институт электросварки им. Е. О. Патона НАН Украины, отд. № 19
Тел./факс: (38044) 289 90 87, 287 10 88