

Министерство образования Украины  
Государственный аэрокосмический университет  
им. Н.Е.Жуковского «ХАИ»

## АВИАЦИОННО-КОСМИЧЕСКАЯ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИЯ

Труды Государственного аэрокосмического университета  
им. Н.Е.Жуковского «ХАИ»

Выпуск 10

Харьков, 1999

7

## АВИАЦИОННО-КОСМИЧЕСКАЯ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИЯ

Труды Государственного аэрокосмического университета  
им. Н.Е.Жуковского «ХАИ»

В трудах Государственного аэрокосмического университета «Авиационно-космическая техника и технология» печатаются статьи, посвященные следующим направлениям:

1. Технологические и прочностные аспекты надежности деталей машин.
2. Робототехнические комплексы и информационные технологии.
3. Плазменно-ионные, электронно-лучевые, электродуговые, наплавочные и комбинированные технологии и установки, реализующие эти технологии.
4. Импульсные технологии в машиностроении.
5. Физические процессы при действии ионных, электронных, световых, плазменных потоков на конструкционные материалы.

### Редакционная коллегия:

- профессор, д.т.н. Безручко К.В.
- член-корреспондент РАН, профессор, д.ф.-м.н. Диденко А.Н.
- профессор, д.т.н. Долматов А.И.
- профессор, д.т.н. Карпов Я.С.
- академик РАН, профессор, д.т.н. Колесников К.С.
- академик АИИУ и АНТКУ, профессор, д.т.н. Костюк Г.И.
- академик АИИУ, профессор, д.т.н. Кривов Г.А.
- академик АИИУ, профессор, д.т.н., член Президентского совета по научно-технической политике Кривцов В.С.
- академик Технологической академии, профессор, д.т.н. Лупкин Б.В.
- профессор, д.т.н. Малашенко Л.А.
- профессор, д.т.н. Мовшович А.Я.
- профессор Мышелов Е.П.
- член-корреспондент РАН, профессор, д.т.н. Попов Г.А.
- профессор, д.т.н. Тарасов Н.М.
- академик АНТКУ, профессор, д.т.н. Тернюк Н.Э.
- профессор, д.т.н. Федорович О.Е.

В трудах представлены работы ученых Украины, России, Белоруссии, Польши, а так же результаты работ украинских ученых, выполняемые по госбюджетным и отраслевым программам Министерства науки и технологии Украины, Министерства промышленной политики Украины, Минобразования Украины, а также хоздоговорных работ для предприятий Украины, стран СНГ и других зарубежных заказчиков.

## Совершенствование технологии сварки трубчатых деталей, имеющих гальванопокрытие

Н.М. Тарасов, О.М. Пигнастый

Государственный аэрокосмический университет «ХАИ»

В практике изготовления сварных конструкций, к внешнему виду которых предъявляются повышенные требования, широко используются защитно-декоративные гальванические покрытия. Нанесение гальванических покрытий, как правило, производится на готовые сварные узлы или изделия. В случае больших габаритов конструкций покрытие требует значительных затрат, необходимы гальванические ванны больших размеров. Эффективность производства можно повысить, если производить сварку деталей конструкции после нанесения покрытия.

Государственным аэрокосмическим университетом «ХАИ» совместно с НПФ «Интермаг» выполнена разработка по сварке трубчатых элементов с покрытием хрома применительно к массовому изделию - каркасу стула. Применяемая технология - дуговая сварка в  $\text{CO}_2$  элементов каркаса без покрытия с последующим нанесением хромового покрытия в гальванических ваннах.

Дуговая сварка в  $\text{CO}_2$  деталей с покрытием хрома практически невозможна в связи с обширной зоной нагрева деталей и разрушением покрытия на значительной поверхности. В связи с этим для соединения деталей с покрытием выбрана контактная сварка.

В конструкции каркаса стула основным соединением является крестообразное соединение трубы плоскоовального сечения (размеры  $30 \times 15 \times 1,2 \text{ мм}$ ) с трубой круглого сечения  $\varnothing 18 \times 1,5 \text{ мм}$  (рис. 1).

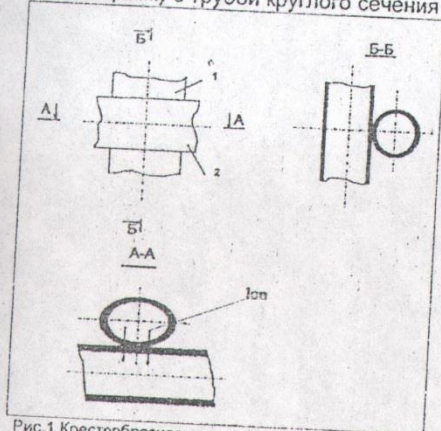


Рис. 1 Крестообразное соединение: 1-труба плоскоовального сечения; 2-труба круглого сечения.

Контактную сварку указанных элементов выполняли с использованием специальных зажимов-электродов на универсальной сварочной машине МТ1601.

Зажимы обеспечивают надежный контакт и подвод тока к трубам по большой площади. В результате через зону контакта труб проходит сварочный ток  $I_{св}$ . При этом осуществляется теплоотвод от деталей в зонах прилегания зажимов

Изучение механизма формирования соединения теоретическими методами затруднено из-за сложной геометрии деталей и электродов. [1]. В связи с этим процесс формирования соединения изучался экспериментально.

Определяли размеры сварки и усилие разрушения  $P_{разр}$  в зависимости от степени нагрева деталей. Нагрев изменяли регулировкой величины сварочного тока  $I_{св}$  и длительности протекания тока. Усилие предварительного зажима деталей в электродах  $P_{зж}$  и усилие сжатия деталей при сварке  $P_{сж}$  выбраны предварительно и в процессе проведения опытов не изменялись.

Учитывая, что при нарушении покрытия хрома ухудшается внешний вид изделия и возможно снижение коррозионной стойкости, изучали также поведение покрытия в зоне термического влияния (З.Т.В.). С этой целью измеряли ширину зоны цветов побежалости на покрытии хрома в З.Т.В. Поведение покрытия в зоне соединения деталей устанавливали по микрошлифам поперечного сечения деталей. Изучали также формирование соединения в деталях без покрытия.

По характеру расположения и размерам зоны цветов побежалости, а также по свечению поверхности металла внутри и снаружи трубы при сварке установлено, что имеются две зоны максимального разогрева каждой трубы. Эти зоны соответствуют участкам трубы за пределами зажима, где длина линий тока в свариваемом материале деталей минимальна. Естественно в этих зонах плотность тока и интенсивность нагрева максимальны. Учитывая эту особенность, открывается возможность в широких пределах регулировать нагрев деталей изменением формы и размеров электродов, а также их взаимного расположения.

По микрошлифам сварных соединений установлено, что зона соединения труб представляет собой два отдельных ядра, между которыми располагается зона сварки в пластическом состоянии. На рекомендуемых режимах сварки диаметр литого ядра составляет 6,5-8,0 мм.

Формирование двух сварных точек в соединении объясняется неравномерностью распределения тока и его вытеснением от центра к периферии. Вытеснение тока при частоте 50 Гц достаточно велико [2].

Указанные особенности справедливы как для деталей с покрытием, так и без покрытий. Анализ показывает, что покрытия мало влияют на общую картину распределения электрического и теплового поля. Однако, на формирование соединения и прочность соединения покрытие хрома оказывает существенное влияние.

Так, при одинаковом нагреве детали без покрытия соединяются с достаточно высокой прочностью, в то время как детали с покрытием практически не соединяются. Наличие более тугоплавкой прослойки хрома препятствует соединению основного металла деталей. Для сварки деталей с покрытием хрома требуется более высокая температура нагрева и повышенная величина деформирования.

На рис.2 показана зависимость прочности соединения на отрыв  $P_{отр}$  от времени нагрева  $t_{св}$ . Усилие отрыва определяли на крестообразных сварных образцах с помощью специального приспособления и универсальной разрывной машины. Экспериментально установлен рекомендуемый диапазон времени сварки - 0,75-1,0 с, что соответствует усилию разрушения 10000-11000Н (рис.2). Характер разрушения - отрыв металла трубы вокруг зоны соединения. Ширина зоны цветов побежалости на покрытии хрома во всем диапазоне режимов сварки (0,1-1,0 с) лежит в пределах 0,25-2,0 мм.

В пределах литого ядра покрытие хрома разрушается и смешивается с расплавленным основным металлом. В зоне сварки в пластическом состоянии, а также в З.Т.В. покрытие хрома сохраняется.

Для деталей без покрытия характер зависимости  $P_{отр}=f(t_{св})$  сохраняется, однако в диапазоне малых  $t_{св}$  прочность соединения значительно выше.

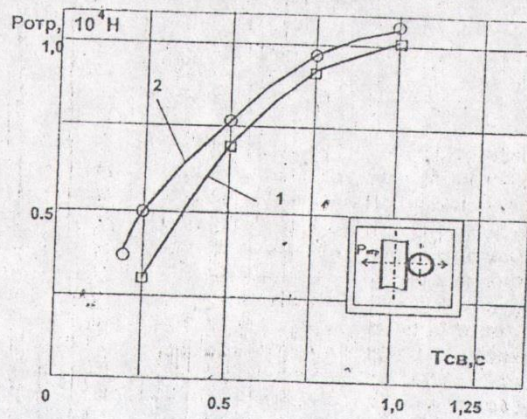


Рис.2 Зависимость усилия отрыва  $P_{отр}$  в зависимости от времени сварки  $t_{св}$ : 1-детали с покрытием хрома; 2-детали без покрытия.

Прочность соединений, выполненных контактной сваркой на неизменном режиме, характеризуется высокой стабильностью. Разброс прочности не превышает  $\pm 10\%$  от среднего значения (детали с покрытием). Для соединений, выполненных дуговой сваркой в  $CO_2$ , разброс составляет  $\pm 40\%$  (детали без покрытия).

Проведенные исследования позволили рекомендовать контактную сварку деталей с гальванопокрытиями (вместо дуговой сварки в  $CO_2$  деталей без покрытия). При этом производительность процесса сварки увеличивается в два раза, а общие затраты на сварку уменьшаются в три раза. Затраты на выполнение гальванопокрытий также снижаются благодаря использованию ванн меньших размеров и увеличению плотности загрузки деталей.

#### Литература

1. Прохоров Н.Н. Физические процессы в металлах при сварке. Т1. М., Металлургия, 1968, 696 с.
2. Технология и оборудование контактной сварки под ред. Б.Д. Орлова. М., «Машиностроение» 1975, 536 с.

16. А.С.Кулик, Н.В.Нечипорук, О.А.Пищухина, Е.В.Ярбая. Выбор финансовых стратегий факультета вуза с использованием имитационных моделей. 216
17. В.А.Новоселов. Подходы к оценке стоимости фирмы. 220
18. А.С.Кулик, О.И.Гавриленко. Обеспечение отказоустойчивости систем управления беспилотным самолетом. 222
19. В.М.Вартанян. Технология символьно-численных вычислений при проектировании систем управления 226

**ПЛАЗМЕННО-ИОННЫЕ, ЭЛЕКТРОННО-ЛУЧЕВЫЕ, ЭЛЕКТРОДУГОВЫЕ, НАПЛАВОЧНЫЕ И КОМБИНИРОВАННЫЕ, ТЕХНОЛОГИИ И УСТАНОВКИ, РЕАЛИЗУЮЩИЕ ЭТИ ТЕХНОЛОГИИ**

1. L.Morozow. Niezawodność procesu produkcyjnego. 230
2. О.О.Баранов, Г.И.Костюк. К расчету качественных характеристик плазменно-ионных покрытий: микротвердость. 239
3. Н.М.Тарасов, О.М.Пиенастый, А.М.Жуков, А.В.Келеберда. Изготовление трубчато-стержневых конструкций для интерьеров помещений контактной сваркой. 243
4. Г.И.Костюк, Е.Г.Скорик, А.А.Белоусов. Выбор оптимальных технологических параметров обработки детали, обеспечивающих максимально возможное значение функции цели и диапазон качественных характеристик детали. 246
5. А.Ю.Волошко, С.В.Гулый, Г.И.Костюк. Некоторые аспекты создания комбинированных технологий. 254
6. Н.М.Тарасов, О.М.Пиенастый. Совершенствование технологий сварки трубчатых деталей, имеющих гальванопокрытие. 262
7. Г.И.Костюк, О.В.Пыпинин, Т.А.Сырицкая. Технологические особенности осаждения нитрида титана ионно-плазменным методом. 265
8. О.М.Пилипенко, Ю.В.Власенко. Эффект Блага-Лангенкера при виброшлифованні покриттів. 270
9. Г.И.Костюк, А.Г.Трушин, С.И.Романенко. Общий подход к определению ресурса электродов плазменных технологических устройств. 273

Авиационно-космическая техника и технология

Выпуск 10

Ответственный за выпуск профессор, д.т.н. В.Н.Везуб

Подп. к печати 18.08.99г.

Формат 60 × 84/16

Усл. печ. л. 17,3

Тираж 100 экз.

Бумага офсетная

Уч.-изд. л. 15,27

Заказ 17 7/1

Цена свободная

Государственный аэрокосмический университет  
им. Н.Е. Жуковского  
«Харьковский авиационный институт»  
310070, Харьков-70, ул. Чкалова, 17

---

Отпечатано в издательстве ХГАПИ  
310023, г. Харьков, ул. Сумская, 134