

УДК 621.791.76

С.В. НЕСКОРОМНЫЙ, Е.Л. СТРИЖАКОВ

ВЫБОР И РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ РЕЖИМА УДАРНОЙ КОНДЕНСАТОРНОЙ СВАРКИ С МАГНИТНО-ИМПУЛЬСНЫМ ПРИВОДОМ

Рассмотрен алгоритм определения параметров процесса конденсаторной сварки и оборудования стержневых элементов с тонкостенными. Приведены значения выбранных и расчетных параметров процесса и оборудования.

Ключевые слова: конденсаторная сварка, магнитно-импульсный привод.

Введение. Для широкого внедрения научно-прогрессивной технологии получения сварных соединений крепежных элементов с тонкостенными необходимо разработать научно обоснованные методы расчета параметров процесса и оборудования.

Постановка задачи. Теоретические исследования и результаты экспериментов позволили приступить к разработке методики процесса и проектных изысканий устройств ударной конденсаторной сварки (УКС) с магнитно-импульсным приводом (МИП) [1].

Методика расчета и выбора параметров технологического процесса и оборудования для сварки стержневых элементов с тонкостенными включает *четыре* взаимосвязанных этапа (см. рисунок).



Рис.1. Блок-схема выбора и расчёта параметров процесса и оборудования сварки стержневых и тонкостенных элементов

На *первом этапе* анализируется конструкция изделия и определяется ряд величин и зависимостей с учетом электрофизических свойств свариваемых металлов, необходимых для последующих расчётов.

Для вычислений используются результаты полученных ранее *зависимостей*:

- диаметра и длины выступа стержневого элемента от диаметра стержня, $d_b=f(D_{ст})$, $l_b=f(D_{ст})$ [5];
- энергии импульса от скорости относительной локальной пластической деформации $W=f(\dot{\epsilon}_л)$.

На *втором этапе* определяются параметры:

- время релаксации напряжений в зоне соединения t_p ;
- время деформационной активации контактной поверхности t_a ;
- время твердофазного взаимодействия $t_{св}$.

Временные значения должны удовлетворять условию получения сварного соединения в твердой фазе: $t_{св} > t_a > t_p$ [2].

В развернутом виде уравнение твердофазного взаимодействия примет вид [2]:

$$t_{св} > \frac{L \cdot b}{\dot{\epsilon}_л \cdot S_a} > t_0 \cdot e^{\frac{E_p}{R \cdot T^0}}, \quad (1)$$

где L – средний путь движения дислокаций до препятствия; b – модуль вектора Бюргерса; $\dot{\epsilon}_л$ – скорость относительной локальной пластической деформации; S_a – площадь активного центра; t_0 – постоянная времени, $t_0=10^{-11}$ с; E_p – энергия релаксации напряжений по границам зерен [3]; R – универсальная газовая постоянная, $R=1,987$ кал/(К·моль); T^0 – температура процесса, $T^0=(0,8-0,9) \cdot T_{пл}$, °С.

Анализ соотношения (1) показывает, что при выборе параметров процесса необходимо в первую очередь определить время активации, главным фактором которого является скорость относительной локальной пластической деформации $\dot{\epsilon}_л$.

Значение скорости относительной локальной пластической деформации $\dot{\epsilon}_л$ в зависимости от энергии импульса W (1000-14000 Дж) для сплавов АМг6, М1 и Л63 находится в пределах $(0,1-10) \cdot 10^3 \text{ с}^{-1}$ [5].

Энергия импульса характеризует энергетические параметры оборудования [4] и зависит от емкости накопительного блока C , рабочего напряжения U_p , индуктивного сопротивления разрядного контура установки L_y и определяется на *третьем этапе*.

Частоту разряда определяют из соотношения:

$$f_p = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_y C}}. \quad (2)$$

Основные ограничения на рабочую частоту f_p накладываются условием малого проникновения магнитного потока в подложку толкателя и необходимой длительностью периода разряда $T=1/f$ для обеспечения условия реализации твердофазного взаимодействия. Для этого, с одной стороны, необходимо уменьшать период разряда, с другой – «растягивать» процесс.

Удовлетворяя эти требования, и определим рациональное значение периода разряда. Это дополнительное условие импульсного воздействия сформулировано соотношением:

$$\frac{0,2}{t_0 \cdot e^{\frac{E_p}{R \cdot T^0}}} > f > \pi \cdot \gamma \cdot \delta^2 \cdot \mu, \quad (3)$$

где γ – удельная электропроводность материала подложки толкателя; δ – толщина подложки толкателя; μ – магнитная проницаемость.

Собственная индуктивность установки для обеспечения максимального магнитного воздействия должна удовлетворять неравенству [4]:

$$L_y < L_{и-з}, \quad (4)$$

где $L_{и-з}$ – индуктивность системы «индуктор – заготовка».

Число витков индуктора выбираем по рекомендациям [4]:

$$N = \sqrt{\frac{L_y}{L_1}}, \quad (5)$$

где L_1 – индуктивность, приходящаяся на один виток.

На *четвертом этапе* выполняют уточненный расчет параметров: энергии импульса W , величины сварочного тока $I_{св}$, магнитного давления p_m [4], необходимого для силового воздействия на зону соединения, длительности твердофазного взаимодействия $t_{св}$.

Далее нужно проверить выполнимость всех соотношений, связанных с условиями формирования соединения, техническими требованиями на изделия, ограничений, связанных с выбором стандартных комплектующих изделий, входящих в разрядно-импульсное оборудование [4].

В качестве примера в таблице приведены выбранные и расчетные параметры процесса и результаты испытаний сварных соединений различных материалов.

Параметры процесса ударной конденсаторной сварки

Материал стержень – лист	Временные пара- метры, мкс			Энер- гия W , кДж	Скорость относи- тельной деформа- ции, $\dot{\epsilon}_d \cdot 10^3, c^{-1}$	Частота разряда тока f_p , кГц	Ёмкость нако- пительного блока батарей кон- денсаторов C , мкФ	Напряже- ние заряда U , кВ	Число витков индуктора N , витк.	Макси- мальное значение тока $I_{св}$, кА	Усилие отрыва P , Н
	t_p	t_a	$t_{св}$								
Л63	37	42	80	9,4	5,6	2,3	2400	2,8	7	97,2	5000
М1	32	35	60	8,1	4,6	2,3	2400	2,6	7	90,3	2900
АМг6	24	28	50	7,5	6,8	2,3	2400	2,5	7	86,8	1890

Заключение. Данная методика апробирована при разработке технологии изготовления крепежной панели (толщина основания $\delta=0,8$ мм, диаметр стержневых элементов $D_{ст}=10$ мм, сплав – Л63, М1 и АМг6) [4].

Библиографический список

1. Конденсаторная сварка с динамическим приводом / С.В. Нескоромный, Р.В. Меркулов, А.В. Сальник // Сварка и диагностика. – 2008. – №3. – С.15-16.
2. Каракозов Э.С. Соединение металлов в твердой фазе / Э.С. Каракозов. – М.: Metallurgiya, 1976. – 264 с.
3. Теплотехнический справочник / под общ. ред. В.Н. Юренева. в 2-х т. – М.: Энергия, 1975.
4. Стрижаков Е.Л. Комбинированные процессы магнитно-импульсной сварки: монография / Е. Л. Стрижаков, М. Ю. Бацемакин, С. В. Нескоромный. – Ростов н/Д: Издательский центр ДГТУ, 2010. – 124 с.
5. Нескоромный С.В. Исследование процесса конденсаторной сварки стержневых элементов с плоскими основаниями / С.В. Нескоромный // Вестник ДГТУ, 2009. – Спец. вып. – С.70-77.

References

1. Kondensatornaya svarka s dinamicheskim privodom / S.V. Neskornomnyi, R.V. Merkulov, A.V. Sal'nik // Svarka i diagnostika. – 2008. – №3. – С.15-16. – in Russian.
2. Karakozov E.S. Soedinenie metallov v tverdoi faze / E.S. Karakozov. – M.: Metallurgiya, 1976. – 264 s. – in Russian.

3. Teplotehnicheskii spravochnik / pod obsch. red. V.N. Yureneva. v 2-h t. – M.: Energiya, 1975. – in Russian.

4. Strijakov E.L. Kombinirovannye processy magnitno-impul'snoi svarki: monografiya / E. L. Strijakov, M. Yu. Bacemakin, S. V. Neskormnyi. – Rostov n/D: Izdatel'skii centr DGTU, 2010. – 124 s. – in Russian.

5. Neskormnyi S.V. Issledovanie processa kondensatornoi svarki sterjnykh elementov s ploskimi osnovaniyami / S.V. Neskormnyi // Vestnik DGTU, 2009. – Spec. vyp. – S.70-77. – in Russian.

Материал поступил в редакцию 15.08.2010.

S.V. NESKORMNIY, E.L. STRIZHAKOV

SAMPLING AND REGIME PARAMETERS COMPUTATION OF PERCUSSIVE CONDENSER WELDING WITH MAGNETIC PULSED DRIVE

The algorithm of process and equipment of hairpins with thin-walled details characterization is considered. The values of the chosen and calculated parameters of process and equipment are presented.

Key words - condenser welding, magnetic pulsed drive.

НЕСКОРОМНЫЙ Станислав Валерьевич (р.1981), кандидат технических наук (2010), старший преподаватель кафедры «Машины и автоматизация сварочного производства» ДГТУ. Окончил ДГТУ (2005).

Область научных интересов – исследования импульсных методов сварки цветных металлов и их сплавов.

Имеет патент на полезную модель.

Автор 20 публикаций, 1 монографии.

nescormniy@mail.ru

СТРИЖАКОВ Евгений Львович (р.1943), доктор технических наук, профессор кафедры «Машины и автоматизация сварочного производства» ДГТУ. Окончил МВТУ им. Баумана (1971).

Область научных интересов – исследования сварки цветных тонколистовых материалов с использованием импульсных источников энергии.

Имеет 6 авторских свидетельств и 3 патента на полезную модель.

Автор 120 публикаций.

strishakov@inbox.ru

Stanislav V. NESKORMNIY (1981), Senior Lecturer of the Welding Fabrication Machines and Automation Department, Don State Technical University (2005). Candidate of Science in Engineering (2010), Don State Technical University.

Research interests - pulse technique of nonferrous metals and alloys welding.

Author of 20 scientific publications, 1 monograph and 1 useful model patent.

Evgeny L. STRIZHAKOV (1943), Professor of the Welding Fabrication Machines and Automation Department, Don State Technical University. PhD in Science. He graduated from Bauman Moscow Highest Technical School (1971).

Research interests - nonferrous light-gage welding with the use of pulsed energy sources.

Author 120 scientific publications, 6 certificates of authorship, 3 useful model patents.