

Исследование технологии точечной сварки электромагнитным импульсом без прокладки для электромобиля

М.В. Поклонская

Донской государственный технический университет

Аннотация: В этой статье были изучены эффекты штамповки и точечной сварки при различных напряжениях разряда и проведено сравнение сварочных эффектов точечной сварки с катушками разной ширины.

Ключевые слова: точечная сварка электромагнитным импульсом, формирование электромагнитным импульсом, сплав Cu/Al.

Введение

Технология электромагнитной импульсной сварки (EMPW) – это экологичная и чистая технология сварки разнородных металлов, которая представляет собой применение технологии импульсной мощности в области производства металлических материалов. Электромагнитная сила, индуцируемая ЭМИ в металлах через сильное импульсное магнитное поле, ускоряет столкновение металлов с высокой скоростью и обеспечивает прямое металлургическое соединение в течение нескольких микросекунд. Существующие исследования позволили добиться надежной сварки сплавов Cu/Al по технологии EMPW. Эта технология может преодолеть различия в характеристиках между сплавами Cu/Al, поскольку она использует электромагнитную силу без эффекта нагрева [1].

Описание исследования

Формирование электромагнитного импульса осуществляется на оборудовании для точечной электромагнитной импульсной сварки WD21, разработанном нашей лабораторией. Принципиальная схема оборудования WD21S, используемого в этой статье, показана на рис. 1, которое в основном состоит из высоковольтного источника постоянного тока, конденсаторной

батареи, катушки и измерительных устройств. Параметры WD-21-S приведены в таблице 1. Максимальное напряжение зарядки этой системы составляет 20 кВ, емкость конденсаторной батареи составляет 140 мкФ. Согласно формуле (1), максимальная энергия разряда системы составляет 28 кДж [2].

$$W = \frac{1}{2}CU^2 \quad (1)$$

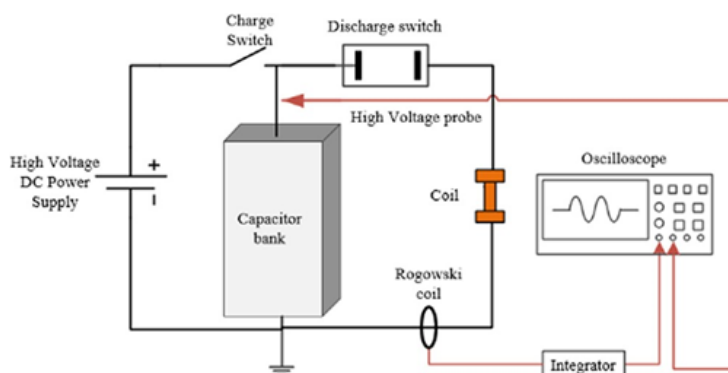


Рисунок 1. – Схема оборудования WD21S [2].

Таблица 1 – Таблица параметров системы WD-21-S

Максимальное напряжение зарядки	20 кВ
Максимальный зарядный ток	400 кА
Максимальная скорость нарастания тока	30 кА/мкс
Максимальная энергия разряда	28 кДж

Штамповка пластин методом EMPF осуществлялась при установке напряжения разряда от 10 кВ до 15 кВ с шагом 1 кВ каждая. Процесс EMPF можно разделить на три этапа: процесс зарядки, процесс разрядки и процесс формования. В процессе зарядки высоковольтный источник питания постоянного тока заряжает конденсаторную батарею. Когда напряжение на конденсаторе достигает заданного напряжения, переключатель зарядки выключается, и процесс зарядки заканчивается. Во время процесса разряда включается разрядный переключатель, и ток течет от конденсаторной батареи к катушке. Поскольку разрядный контур представляет собой контур с пониженным демпфированием, разрядное напряжение и разрядный ток

представляют собой форму сигнала с ослабленным колебанием, как показано на фиг. 2. Генерируется огромная электромагнитная сила, и алюминиевая пластина выбивается из горба во время процесса формования [3-5].

Формы сигналов напряжения разряда и тока разряда в процессе EMPF показаны на рис. 2. Из рисунка 2 видно, что ток разряда системы увеличивается с увеличением напряжения разряда. Когда напряжение разряда увеличивается до 15 кВ, максимальное пиковое значение тока разряда может составлять 313 кА.

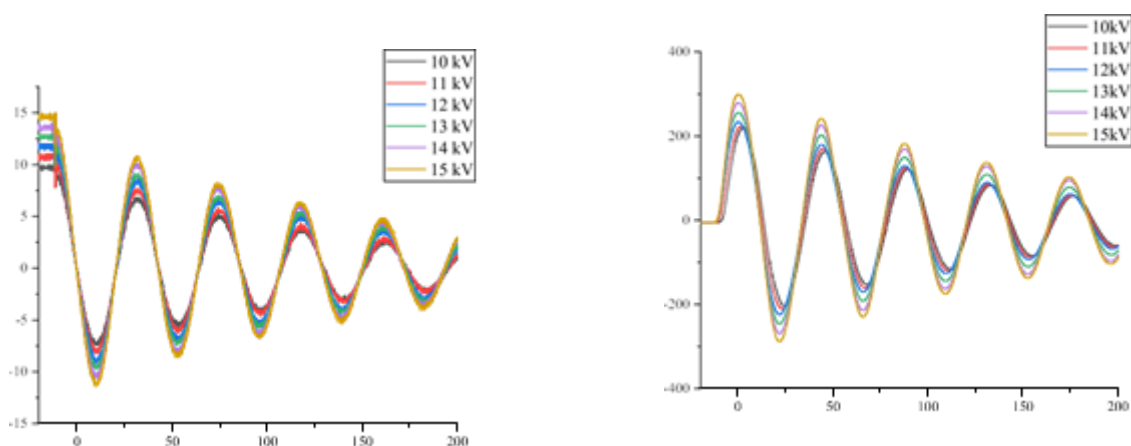


Рисунок 2. – Формы сигналов разряда в процессе EMPF (а) Формы сигналов напряжения разряда; (б) Формы сигналов тока разряда [4].

Оборудование, используемое при точечной сварке электромагнитным импульсом, – WD-21-S, такое же, как и в процессе EMPF. Листовая пластина представляет собой алюминиевую пластину с горбом, которая предварительно обрабатывается при 12 кВ EMPF. Выступ листовой пластины обращен к катушке, а между катушкой и выступом имеется изолирующая пленка. Родительская пластина изготовлена из меди Т2. Чтобы исследовать влияние ширины катушки на эффект точечной сварки электромагнитным импульсом, для выполнения EPSW использовали широкую катушку шириной 15 мм и узкую катушку шириной 8 мм, когда напряжение разряда устанавливалось в диапазоне от 10 кВ до 15 кВ с шагом 1 кВ каждый [6-7].

Горб алюминиевой пластины ускорялся бы и ударялся о медную пластину под действием огромной электромагнитной силы. Когда скорость удара достаточна, образуется металлическая струя, которая смывает оксиды и пятна со свариваемой поверхности. Наконец, образовалась бы прочная металлургическая связь.

Для сравнения прочности сварных образцов было проведено испытание на растяжение, результаты которого приведены в таблице 2. Сплав Cu/Al может быть сварен при 11 кВ с узкой катушкой, в то время как при 14 кВ с широкой катушкой. При том же напряжении прочность на растяжение сварного соединения с широкой катушкой намного ниже, чем у узкой катушки. Когда ширина катушки увеличивается, плотность тока в катушке уменьшается, а электромагнитная сила, создаваемая катушкой, уменьшается. Следовательно, по сравнению с узкой катушкой, широкая катушка требует более высокого напряжения разряда для обеспечения надежного соединения сплава Cu/Al [8].

Таблица 2 – Прочность образцов при точечной сварке на растяжение.

	10 кВ	11 кВ	12 В	13 кВ	14 кВ	15 кВ
Узкая катушка	x	–	1013.9 N	1409.2 N	1533.2 N	1852.8 N
Широкая катушка	x	x	x	x	–	1032.5 N

Алюминиевая пластина, сваренная широкой катушкой, имеет плоскую поверхность и не имеет выпуклости, в то время как узкая катушка имеет две выпуклости. Это происходит из-за разницы в соотношении соответствия между шириной катушки и шириной горба. Основная зона воздействия электромагнитной силы не будет превышать геометрический размер катушки. Для узкой катушки на центр горба воздействует большая электромагнитная сила, чем на край. Неравномерная сила бугорка приводит к разной степени деформации, что означает появление выпуклостей на краю области бугорка после сварки. При использовании широкой катушки весь

выступ деформируется под действием электромагнитной силы, поэтому поверхность алюминиевой пластины остается плоской после сварки.

Когда для сварки используется узкая катушка, сварочный шов представляет собой кольцо эллипса, а длинная ось эллипса находится в том же направлении, что и катушка, что аналогично сварке пластин методом EMPW. Когда ширина катушки увеличивается, соответственно увеличивается малая ось эллиптического кольца, и сварочный шов катушки шириной 15 мм представляет собой круглое кольцо [9-10].

Заключение

В данной работе реализована технология точечной сварки Cu/Al электромагнитным импульсом без прокладки. Штамповка алюминиевой пластины и точечная сварка сплава Cu/Al осуществляются с помощью электромагнитной силы. Основные выводы заключаются в следующем:

1. В процессе штамповки EMPF увеличение разрядного напряжения может улучшить эффект штамповки алюминиевой пластины. Геометрия горба близка к пределу формирования при 15 кВ.

2. В процессе IPSW сплав Cu/Al успешно реализовал точечную сварку. Производительность сварки улучшается с увеличением напряжения разряда.

3. По сравнению с узкой катушкой, широкая катушка требует более высокого напряжения разряда для достижения той же производительности сварки. Зона сварки широкой катушки плоская, а сварочный шов круглый, в то время как зона сварки узкой катушки имеет выпуклости, а сварочный шов представляет собой эллиптическое кольцо.

Литература

1. Соснин Н.А., Тополянский П.А. Плазменные технологии: Руководство для инженеров. – СПб: Изд-во Политехнического ун-та, 2013. – с. 406
2. Wu Hao, Li Chengxiang, Zhou Yan, Shen Ting, Wang Xianmin, Zhang Bingfei. Study of electromagnetic pulse spot welding technology without gasket for Electric Vehicle – Trans China Electrotech Soc, 2021 – p. 28-45
3. Патон Б.Е., Гвоздецкий В.С., Дудко Д.А. Микроплазменная сварка. – Наукова Думка, 1979. – с. 215
4. Коротеев А.С., Миронов В.М., Свирчук Ю.С. Плазменная сварка. Плазмотроны. – Машиностроение, 1993 – с. 124
5. Овчинников В. В., Гуреева М. А. Технология дуговой и плазменной сварки и резки металлов. Учебник. – Инфра-Инженерия, 2021 – с. 34
6. Alkheir Marwan, Assoum Hassan H., Hamdi Jana, Mrach Tarek, Hassan Mouhammad EL, Sakout Anas. Experimental study of the vortex organization in a rectangular impinging jet in the presence of self-sustained tones. – Trans China Electrotech Soc, 2021 – p. 46-54
7. Гирфанов Н.Э., Галимова М.П. Сравнение лазерной и плазменной сварки по экономическим показателям. – Современные материалы, техника и технологии, 2017. – с. 58-61
8. Баженов А.М., Панов А.И., Гилев И.А. Плазменная сварка алюминиевых сплавов малых толщин – Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Машиностроение, материаловедение, 2015. – с. 118-124
9. Поклонская М.В., Сеньченко А.А., Палий А.В., Чернега Ю.Г. Численный анализ теплопередачи в конфигурации с несколькими трубами для различных смесей жидкостей. Инженерный вестник Дона. 2021. №11. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n11y2021/7309.

10. Поклонская М.В., Сеньченко А.А., Палий А.В., Чернега Ю.Г. Влияние источника тепла от воспламенения на расчетную кривую горения пенополиэтилена при пожаре в отсеке. Инженерный вестник Дона. 2021. №11. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n11y2021/7308.

References

1. Sosnin N.A., Topolyanskij P.A. Plazmennyye tekhnologii: Rukovodstvo dlya inzhenerov [Plasma Technologies: A Guide for Engineers]. SPb.: Izd-vo Politexnicheskogo un-ta, 2013. P. 406.
2. Wu Hao, Li Chengxiang, Zhou Yan, Shen Ting, Wang Xianmin, Zhang Bingfei. Study of electromagnetic pulse spot welding technology without gasket for Electric Vehicle. Trans China Electrotech Soc, 2021, pp. 28-45.
3. Paton B.E., Gvozdeczkij V.S., Dudko D.A. Mikroplazmennaya svarka [Microplasma welding]. Naukova Dumka, 1979. P. 215.
4. Koroteev A.S., Mironov V.M., Svirchuk Yu.S. Plazmennaya svarka. Plazmotrony [Plasma welding. Plasmatrons]. Mashinostroenie, 1993. P. 124.
5. Ovchinnikov V. V., Gureeva M. A. Tekhnologiya dugovoj i plazmennoj svarki i rezki metallov. Uchebnik [Technology of arc and plasma welding and cutting of metals]. Infra-Inzheneriya, 2021. P. 34.
6. Alkheir Marwan, Assoum Hassan H., Hamdi Jana, Mrach Tarek, Hassan Mouhammad EL, Sakout Anas. Trans China Electrotech Soc, 2021. pp. 46-54.
7. Girfanov N.E., Galimova M.P. Sovremennyye materialy, tekhnika i tekhnologii, 2017. pp. 58-61.
8. Bazhenov A.M., Panov A.I., Gilev I.A. Vestnik Permskogo nacional'nogo issledovatel'skogo politexnicheskogo universiteta. Mashinostroenie, materialovedenie, 2015. pp. 118-124.



11. Poklonskaya M.V., Sen`chenko A.A., Palij A.V., Chernega Yu.G. Inzhenernyj vestnik Dona. 2021. №11. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n11y2021/7309.
12. Poklonskaya M.V., Sen`chenko A.A., Palij A.V., Chernega Yu.G. Inzhenernyj vestnik Dona. 2021. №11. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n11y2021/7308.