

ЭФФЕКТИВНОСТЬ РАЗЛИЧНЫХ СХЕМ ЭЛЕКТРОДИНАМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ СПЛАВА АМг6 И ЕГО СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

Академик НАН Украины Л. М. ЛОБАНОВ, Н. А. ПАЩИН, О. Л. МИХОДУЙ, кандидаты техн. наук, А. В. ЧЕРКАШИН, А. Н. МАНЧЕНКО, инженеры (Ин-т электросварки им. Е. О. Патона НАН Украины), И. П. КОНДРАТЕНКО, А. В. ЖИЛЬЦОВ, доктора техн. наук (Ин-т электродинамики НАН Украины)

Исследовано влияние различных схем разрядного контура на эффективность электродинамической обработки (ЭДО) алюминиевого сплава АМг6 и его сварных соединений. Установлено, что максимальная эффективность ЭДО достигается при совместном воздействии импульсного электрического тока и динамической нагрузки на обрабатываемый металл, а минимальная — при воздействии только импульсного тока. Изучены параметры волн деформаций при ЭДО сварных соединений сплава АМг6.

Ключевые слова: сварные соединения, алюминиевый сплав, остаточные напряжения, электродинамическая обработка, волна деформации, плоский индуктор, емкостной накопитель энергии, эффективность обработки

Методы обработки металлических материалов и их сварных соединений воздействием импульсных электромагнитных полей находят все более широкое применение при регулировании напряженного состояния элементов сварных конструкций [1, 2].

Одним из таких методов является электродинамическая обработка (ЭДО), основанная на совместном импульсном воздействии электрического тока и динамической нагрузки на место электрического контакта. Электродинамическое воздействие на металл (сварное соединение) осуществляется при разряде емкостного накопителя энергии через электрический контакт рабочего электрода с поверхностью металла. Ранее исследования проводили по оценке влияния на эффективность обработки таких параметров электродинамического воздействия, как зарядное напряжение, емкость накопителя и амплитудные значения импульсного тока [3]. Во время прохождения токового разряда в обрабатываемом материале инициируются электроимпульсные и динамические процессы, определяемые соответственно механизмом электропластичности [4] и формированием в материале волн деформаций. Взаимодействие электропластической и динамической составляющих электродинамической обработки при прохождении импульсного тока через обрабатываемое изделие определяет ее эффективность.

Целью настоящей работы является оценка электропластического эффекта и динамической силовой нагрузки, определяющих эффективность ЭДО алюминиевого сплава АМг6 и его сварных соединений.

В работе использовали установку для ЭДО, принцип работы которой изложен в [5], а конструктивные особенности элементов разрядного контура, обеспечивающие электродинамическое воздействие на обрабатываемый металл, — в [3]. Установка (рис. 1, а) состоит из емкостного накопителя C , плоского индуктора L , электрода 2 и диска 3 из неферромагнитного материала. Электрическая энергия в накопителе C в виде токового импульса передается в обрабатываемый металл I в момент замыкания контактора K . При прохождении тока через индуктор L в нем возбуждается импульсное магнитное поле, которое индуцирует в диске вихревой ток, взаимодействие которого с магнитным полем приводит к возникновению электродинамической силы. Силовое воздействие от диска передается электроду, который передает электродинамическое взаимодействие на металл. Таким образом, при разряде емкостного накопителя обеспечивается взаимодействие двух механизмов — динамического силового воздействия электрода с одновременным прохождением импульсного электрического тока через обрабатываемый материал.

Исследовали влияние различных схем разрядного контура (рис. 1) на параметры электродинамического воздействия при ЭДО, такие как амплитудные значения силы импульсного тока I и динамической нагрузки P в период времени разряда емкостного накопителя. Измерения I и P выполняли на аппаратурном комплексе, принцип работы которого изложен в работе [3]. Значения импульсного тока I регистрировали бесконтактным методом пояса Роговского, параметры динамической нагрузки P — с помощью пьезоэлектрического датчика давления, а в качестве обра-

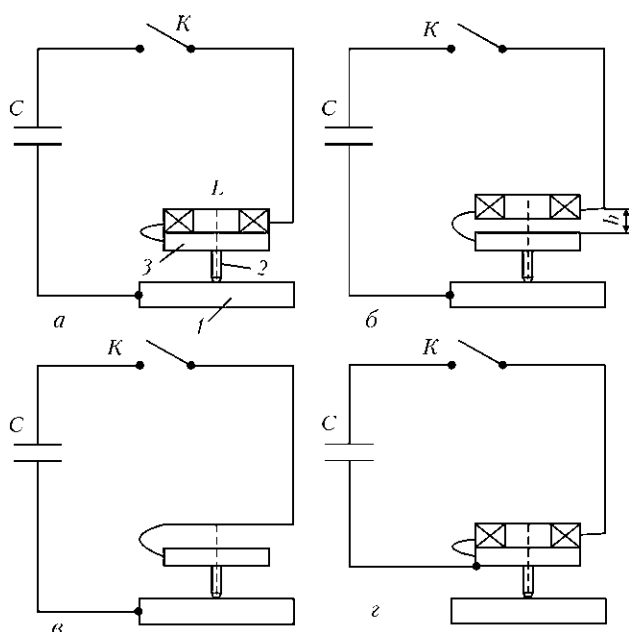


Рис. 1. Схемы разрядного контура в установке ЭДО: *a* — разряд тока проходит через плоский индуктор *L*, диск 3, электрод 2 и образец металла 1; *б* — аналогично *a*, но между плоским индуктором и диском выставлен воздушный зазор *h*; *в* — разряд тока проходит через диск, электрод и образец металла, плоский индуктор исключен; *г* — разряд тока проходит через плоский индуктор и диск

батываемого материала использовали цилиндрический образец из алюминиевого сплава.

Изучали четыре варианта схемы. В первом варианте (базовом) (рис. 1, *a*) разрядный ток протекал через индуктор *L*, диск 3, электрод 2 и обрабатываемый металл 1. В этом случае параметры *I* и *P* определяли электродинамическим взаимодействием элементов контура, таких как «индуктор + диск» и «электрод + металл». При втором варианте (рис. 1, *б*) индуктор *L* был удален от диска на расстояние $h = 10$ мм, но входил в состав контур. Это исключало фактор динамического давления индуктора на диск при сохранении равенства сопротивлений разрядных цепей (рис. 1, *a*, *б*). В третьем варианте индуктор *L* был полностью исключен из разрядной цепи (рис. 1, *в*), что позволило оценить влияние его сопротивления на значения параметров *I* и *P*, а также скоростей их нарастания. При этом схемы, реализованные в вариантах, представленных на рис. 1, *б*, *в*, позволяют оценить влияние импульсного тока на электродинамическое воздействие при ЭДО. В четвертом варианте (рис. 1, *г*) разрядный контур был замкнут на индуктор *L*, что исключало прохождение тока через обрабатываемый металл и позволило оценить вклад динамической нагрузки *P* как результат взаимодействия элементов кон-

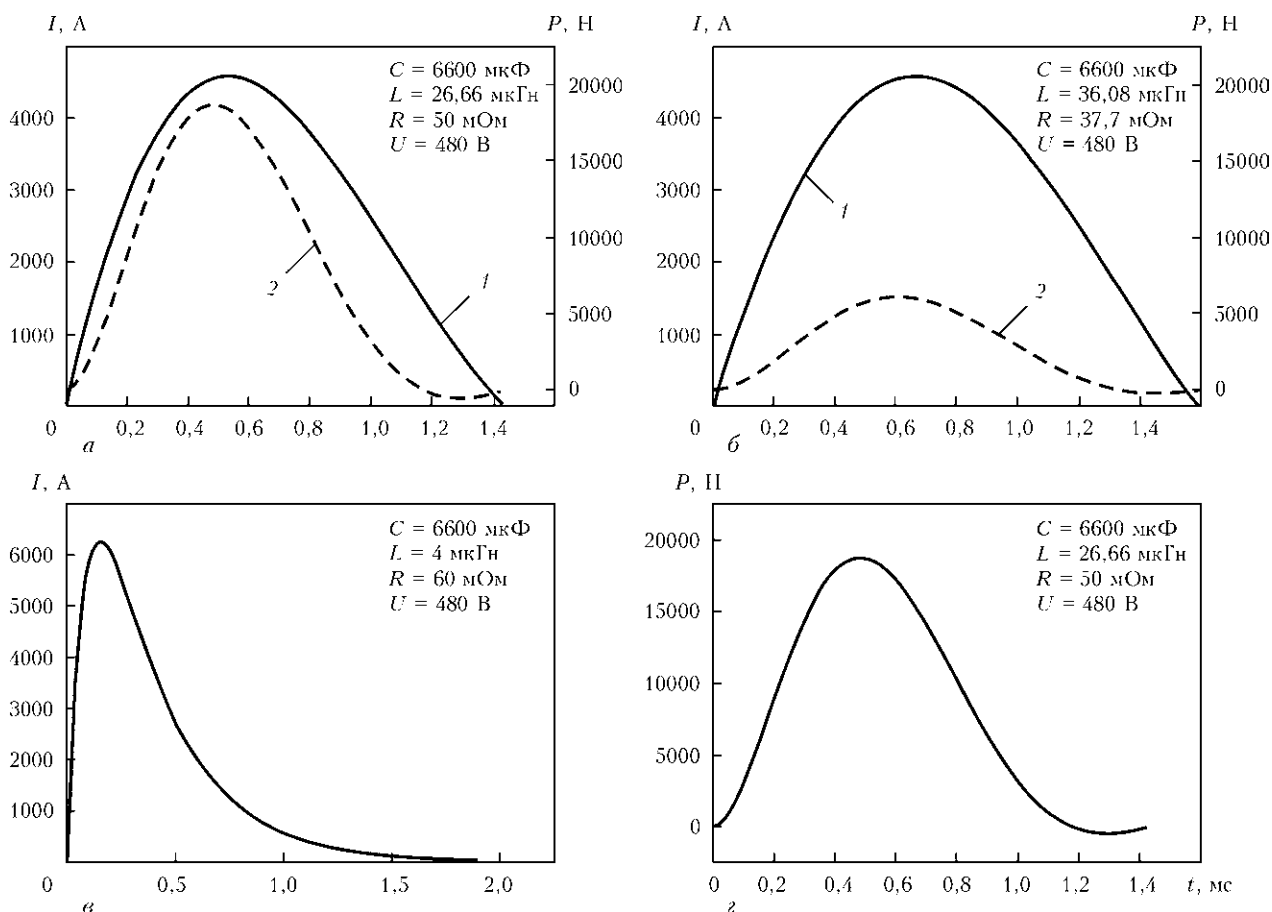


Рис. 2. Расчетные значения импульсного тока *I* (кривая 1) и динамической нагрузки *P* (2) для различных схем разрядного контура, представленных на рис. 1, *a–г*

тура «диск + электрод» в электродинамическое воздействие при ЭДО.

Расчет параметров I и P (см. рис. 2) проводили по методике [6] при реализуемых схемах разрядного контура, представленных на рис. 1. На рис. 2, а приведены расчетные значения импульсов тока и нагрузки при разряде емкостного накопителя емкостью 6600 мкФ, заряженного до напряжения 480 В на индуктивность 26,66 мкГн, установленную в электродной системе с минимальным зазором между катушкой и диском, что соответствует схеме на рис. 1, а. Из рисунка видно, что максимального значения динамическая нагрузка достигает до наступления наибольшего значения тока. Незначительно изменяется данное соотношение при увеличении индуктивности с 26,66 до 36,08 мкГн, получаемое путем увеличения зазора между катушкой и диском (рис. 2, б), что соответствует схеме на рис. 1, б. Следует отметить, что при любых значениях емкости и индуктивности максимальное расчетное значение динамической нагрузки достигается до наступления наибольшего значения тока.

Расчетные значения тока и нагрузки, создаваемые при разряде емкостного накопителя при схемах, представленных на рис. 1, в, г, показаны на рис. 2, в, г соответственно. Так, при удалении из разрядной цепи индуктора токовый импульс формируется емкостью накопителя и паразитной индуктивностью проводов, принятой в расчетах равной 4 мкГн, и достигает максимального значения 6200 А в момент времени 0,125 мс. При этом передний фронт импульса сокращается примерно в 4 раза по сравнению с вариантом, представленным на рис. 2, а, б, а импульс динамической нагрузки отсутствует. Напротив, когда исключается прохождение импульса тока через обрабатываемый металл при минимальном зазоре между диском и индуктором, создается динамическая нагрузка (см. рис. 2, г), достигающая максимума в 18000 Н при длительности 0,5 мс (индуктивность L составляет 26,66 мкГн). При этом амплитуда тока не отличается от варианта, представленного на рис. 2, а.

Исследования влияния различных схем разрядного контура на параметры P и I проводили при значении зарядного напряжения U емкостного накопителя, которое составляло 480 В. Суммарная емкость батареи конденсаторов марки EVOX RIFA 2200, входящих в состав разрядного контура, составляла 6600 мкФ. Погрешность измеряемых параметров электродинамического воздействия не превышала 5 %.

Полученные экспериментально осциллограммы импульсного тока I и динамической нагрузки P при различных схемах разрядного контура представлены на рис. 3. Из рисунка видно, что при использовании базовой схемы (см. рис. 1, а) и приложении только динамической нагрузки (см.

рис. 1, г) значения I_{\max} находились в диапазоне значений 2908...3080 А (рис. 3, а, г), которые можно принять близкими. При этом экспериментальные значения I_{\max} меньше расчетных, что можно объяснить контактными сопротивлениями элементов разрядной цепи, учет которых представляет собой достаточно сложную задачу, выходящую за рамки настоящего исследования. В то же время если максимальное значение динамической нагрузки P_{\max} для базового варианта (рис. 1, а) составляло 20461 Н (рис. 3, а), то для варианта, при котором обрабатываемый материал исключен из разрядного контура и подвержен только динамическому нагружению (см. рис. 1, г), P_{\max} не превышало 17895 Н (рис. 3, г), что меньше базового на 15 %. При этом экспериментальные значения P_{\max} достаточно близко соответствуют расчетным, что видно из рис. 2, а, г. Повышенные значения P_{\max} для контура, представленного на рис. 1, в по сравнению с рис. 1, г, можно объяснить совместным электродинамичес-

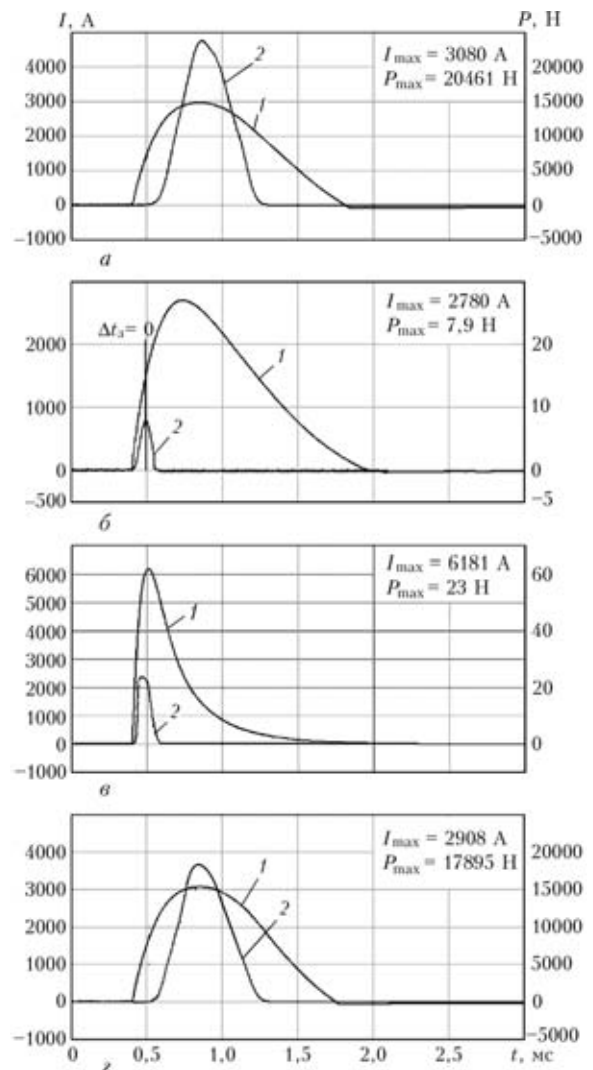


Рис. 3. Экспериментальные значения импульсного тока I (1) и динамической нагрузки P (2) при различных схемах разрядного контура, представленных на рис. 1, а–г

ким воздействием на обрабатываемый металл таких элементов разрядной цепи, как «индуктор + диск» и «электрод + металл». В варианте, показанном на рис. 1, *з*, действие пары «индуктор + диск» исключено и металл подвержен воздействию только динамической нагрузки. При этом периоды времени воздействия параметров *I* и *P* на металл для двух рассматриваемых вариантов схемы были сопоставимы между собой и не превышали соответственно 1,42 и 0,87 мс (см. рис. 3, *а*, *з*).

Иную картину распределения значений *I* и *P* наблюдали при отсутствии динамической нагрузки в вариантах схемы контура, когда индуктор был удален от диска (см. рис. 1, *б*), а также полностью исключен из схемы (см. рис. 1, *в*). Так, периоды действия импульсного тока *I* для рассматриваемых вариантов схемы были близкие к расчетным 1,6...1,8 мс (см. рис. 3, *б*, *в*), но при отсутствии индуктора максимальное значение амплитуды тока I_{\max} было больше, а скорость его нарастания и спада отличалась большей крутизной, что видно при сравнении кривых *I* на рис. 3, *б*, *в*, а также расчетных кривых (см. рис. 2, *б*, *в*). Если при удаленном от диска индукторе (см. рис. 1, *б*) максимальное значение тока I_{\max} составляло 2780 А, то при его исключении из схемы значение I_{\max} было 6181 А, что близко к расчетному. Это можно объяснить пониженным сопротивлением контура из-за отсутствия элемента индуктивности. Скорости нарастания и спада тока в случае удаленного индуктора (см. рис. 1, *б*) были соответственно 8687 и 2138 А/мс, а при ее исключении из схемы (см. рис. 1, *в*) — 61810 и 4578 А/мс. Таким образом, уменьшение индуктивности рассматриваемого контура и соответственно энергии накопителя приводит к увеличению скорости нарастания импульсного тока более чем в семь раз, а убывания — в два. Максимальные значения динамических нагрузок P_{\max} в вариантах удаления и исключения индуктора достигали соответственно 7,9 и 23 Н, а период их действия составлял 0,16 мс (см. рис. 3, *б*, *в*, кривые 2). Значения скоростей нарастания/убывания значений *P* на рис. 3, *б* (соответствует схеме рис. 1, *б*) составляли 79 Н/мс, а для контура на рис. 3, *в* (соответствует схеме рис. 1, *в*) — 255 Н/мс, что соответствует значениям P_{\max} для рассматриваемых вариантов контура.

При реализации схем контура, представленных на рис. 1, *б*, *в* (динамическая нагрузка отсутствует), электродинамическое воздействие определяется парой «электрод + металл». В этом случае максимальные значения импульсного тока I_{\max} инициирующего механизмы электропластичности, соответствуют динамическим нагрузкам $P = 0$ при удаленном от диска индукторе *L* (см. рис. 3, *б*, кривые 1, 2) и $P = 0,5P_{\max}$ при исключенном из схемы индукторе (см. рис. 3, *в*, кривые 1, 2),

следствием чего является опережение воздействия динамической нагрузки P_{\max} относительно токовой I_{\max} при электродинамическом воздействии, что соответствует расчетам (см. рис. 2, *б*, *в*).

При сравнении периодов времени $t(I_{\max})$ и $t(P_{\max})$, соответствующих максимальным значениям тока и нагрузки на кривых 1 и 2 (см. рис. 3, *а*, *з*), имеет место отличие от расчетных кривых (см. рис. 2, *а*, *з*), выражаемое в запаздывании воздействия динамической нагрузки P_{\max} относительно токовой I_{\max} . Расчетные и экспериментальные значения скоростей нарастания *P* для вариантов схемы, показанных на рис. 1, *а*, *з*, были соответственно 37000 и 40000 Н/мс, что свидетельствует о том, что при указанных электрических параметрах контура реальное нарастание нагрузки сопоставимо с расчетным. Следует отметить, что реальные соотношения P_{\max} и I_{\max} на шкале времени (см. рис. 3, *а*, *з*) обеспечивают синхронизацию составляющих электродинамического воздействия на обрабатываемый материал. Запаздывание реального нарастания динамической нагрузки *P* по сравнению с расчетной связано с пластическим деформированием обрабатываемой поверхности при ее контактом взаимодействии со сферическим торцом электрода в момент разряда емкостного накопителя.

Для более детальной оценки влияния электродинамического воздействия на эффективность процесса ЭДО проводили обработку предварительно растянутых плоских образцов алюминиевого сплава АМг6 и его сварных стыковых соединений с размерами рабочей площадки 150×30×4 мм. Нагружение образцов выполняли на разрывной машине «жесткого» типа с максимальным усилием растяжения 98000 Н при скорости деформирования 0,1 мм/с и температуре 293 К. ЭДО выполняли сериями из пяти токовых разрядов при скважности 60 с на режиме, принятом при исследовании схем разрядного контура (см. рис. 3).

Проводили оценку влияния электродинамического воздействия при различных схемах контура на снижение сопротивления материала деформированию $\Delta\sigma$. Начальное значение растягивающего напряжения σ_0 задавали равным 150 МПа, при котором, согласно данным [7], достигаются максимальные показатели эффективности ЭДО — $\Delta\sigma/\sigma_0$ при указанных параметрах режима.

Использовали три варианта схемы разрядного контура (см. рис. 4). При первом варианте (см. рис. 4, *а*) эффективность ЭДО определяли взаимодействием элементов контура, таких как «индуктор + диск» и «электрод + образец металла». При втором варианте схемы контура (см. рис. 4, *б*) показатели $\Delta\sigma/\sigma_0$ определяли электродинамическим взаимодействием пары элементов «электрод + образец металла», а при третьем (см. рис. 4,

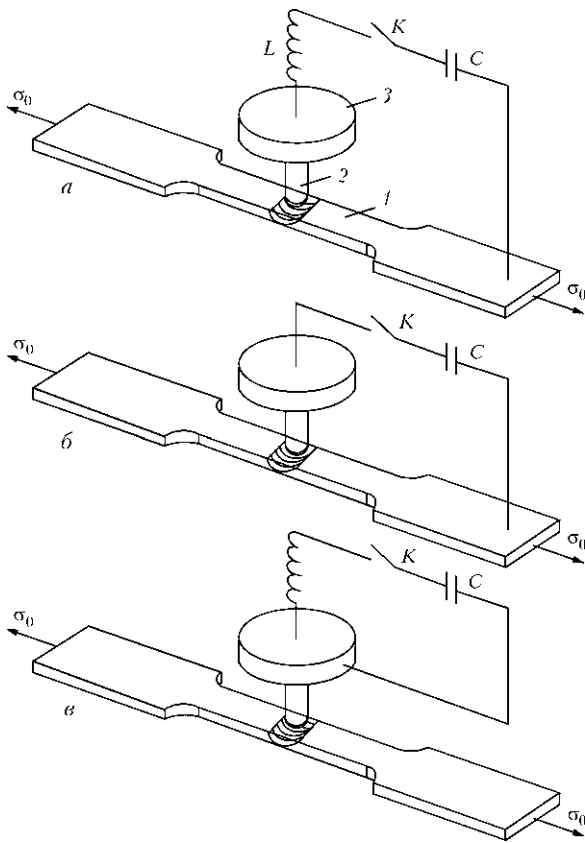


Рис. 4. Схемы ЭДО сплава АМг6 и его сварных соединений: а-в см. в тексте

в) — электродинамическим взаимодействием элементов «индуктор + диск».

Значения $(\Delta\sigma/\sigma_0) \cdot 100\%$ после ЭДО образцов сплава АМг6 и его сварных соединений, реализуемой при различных схемах разрядного контура, представлены на рис. 5, из которого видно, что действие только импульсного тока (кривые 1 и 1') соответствует схеме на рис. 4, б) не оказывает существенного влияния на сопротивление деформированию и, как следствие, на эффективность ЭДО. При сравнении значений $(\Delta\sigma/\sigma_0) \cdot 100\%$ в результате ЭДО в условиях динамической нагрузки (кривые 2 и 2' соответствуют схеме на рис. 4, в) и при взаимодействии импульсного тока и динамической нагрузки (кривые 3 и 3' соответствуют схеме на рис. 4, а) можно видеть, что эффективность ЭДО при динамической нагрузке имеет пониженные значения. При этом ЭДО основного металла менее эффективно по сравнению с ЭДО сварных соединений, что видно при сопоставлении кривых 1-3 и 1'-3'. Это связано с наличием остаточных напряжений в образцах сварных соединений, а в работе [7] показано, что эффективность электродинамических воздействий зависит от значений упругих растягивающих напряжений в материале, подверженном ЭДО.

Повышение эффективности ЭДО при взаимодействии токовой и динамической составляющих

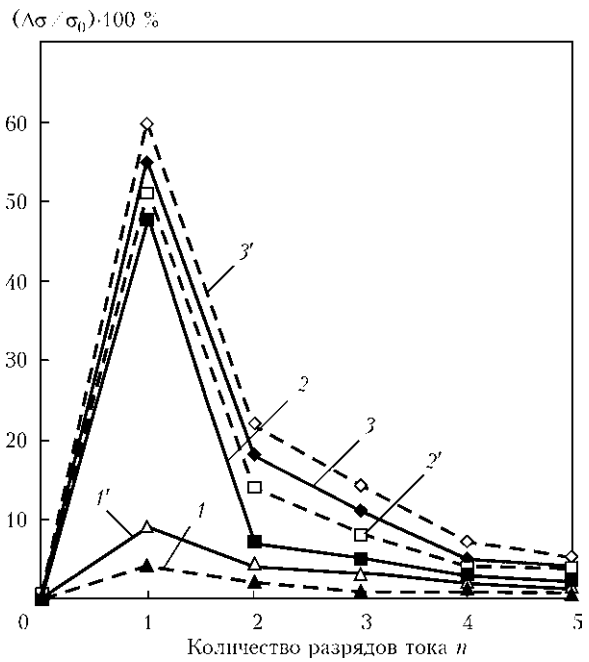


Рис. 5. Влияние схемы разрядного контура на относительную эффективность ЭДО $(\Delta\sigma/\sigma_0) \cdot 100\%$ сплава АМг6 и его сварных соединений (обозначения кривых см. в тексте)

по сравнению с динамической нагрузкой можно объяснить взаимодействием электронов проводимости с дислокационными скоплениями в период действия токового импульса [8]. Динамическая нагрузка, значение которой при указанном выше напряжении заряда составляет 20460 Н, создает условия для прорыва барьеров скоплениями дислокаций. Импульсный ток обеспечивает продвижение дислокаций потоком электронов при его воздействии на металл. Таким образом, воздействие только импульсного тока без влияния динамической нагрузки способно обеспечить срыв дислокационных скоплений со стопоров в микрообъеме материала, но недостаточное для инициирования скачка напряжений $\Delta\sigma$ по всему поперечному сечению образца (рис. 5, кривые 1 и 1'). Динамическая нагрузка (рис. 5, кривые 2 и 2') содействует прорыву барьеров дислокационными скоплениями по всему сечению образца в течение первого токового разряда ($n = 1$ на рис. 5), но ее эффективность существенно снижается при последующих разрядах. Это можно объяснить тем, что при $n = 1$ энергия динамического воздействия обеспечивает прорыв барьеров для дислокационных скоплений конечной плотности. При этом в металле сохраняются устойчивые дислокационные группировки, плотность которых превышает энергетические возможности динамической нагрузки, что делает малоэффективными токовые разряды $n = 2...5$ на рис. 5. В то же время динамическое воздействие характеризуется необходимым потенциалом для срыва дислокаций со стопоров, но недостаточным для их продвижения. В пользу данного допущения



свидетельствует различие в показаниях эффективности на участках кривых 2-2' и 3-3' при $n = 2 \dots 5$ на рис. 5. Импульсный ток способствует продвижению дислокаций, сорванных со стопоров динамической нагрузкой при $n = 2 \dots 5$, что дает возможность повышать $(\Delta\sigma/\sigma_0) \cdot 100\%$. Это видно при сравнении кривых 3-3' и 2-2'. Если динамическая нагрузка не обеспечивает срыв дислокаций со стопоров после первого токового разряда ($n = 1$), то кривые 2-2' и 3-3' совпадают в течение всего цикла обработки, т. е. при $n = 1 \dots 5$ на рис. 5. Таким образом, импульсный ток не является единственным параметром, определяющим эффективность ЭДО. Данный механизм применительно к скачкообразной деформации алюминия описан в работе [9].

Для оценки динамических нагрузок, инициируемых электродинамическим воздействием, исследовали распределение продольных волн деформаций при различных схемах разрядного контура, соответствующих представленным на рис. 4, а, в. При проведении исследований использовали плоский образец сварного соединения сплава АМг6, на поверхности которого вдоль центральной продольной оси располагали тензорезистор с базой 10 мм на расстоянии 70 мм от центра образца, поверхность которого обрабатывали одиночным разрядом тока на режиме, соответствующем зарядному напряжению 480 В. Запись показаний датчиков проводили двухканальным цифровым осциллографом PCS Welleman при развертке 0,1 мс.

Значения волн деформаций $\epsilon_{\text{ЭДО}}$, инициируемых динамической нагрузкой (без воздействия тока) и электродинамическим воздействием, представлены на рис. 6 (соответственно кривые 1 и 2). Из рисунка видно, что максимальный размах амплитуды волны, который составляет 0,0042, соответствует электродинамическому воздействию (кривая 2). При этом остаточной пластической деформации в зоне измерения тензодатчиков зарегистрировано не было. Это подтверждают результаты, представленные в работе [7], где указывается, что область пластического деформирования при ЭДО локализована в зоне электродинамического воздействия.

Как видно из рис. 6, периоды нарастания первичной волны деформации для двух вариантов схемы контура равны между собой и составляют 0,05 мс. При этом скорость нарастания волны деформаций при динамической нагрузке (кривая 1) составляет 0,04 мс, а при электродинамическом воздействии (2) достигает 0,049 мс. Более высокая скорость нарастания волны, достигаемая при условии прохождения тока через образец, обеспечивает максимальное значение деформаций растяжения — 0,0024 (кривая 2). При исключении

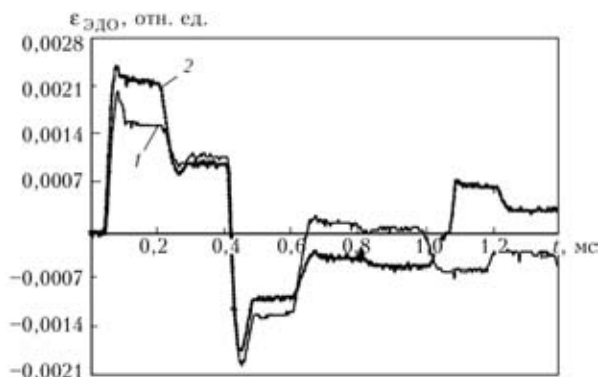


Рис. 6. Значения волн деформаций $\epsilon_{\text{ЭДО}}$, инициируемых динамической нагрузкой (1) и электродинамическим воздействием (2)

образца из разрядной цепи значение напряжений не превышало 0,002 (1). Более заметно влияние импульсного тока на пологом участке спада первичной волны, где разница значений деформаций растяжения на кривых 1 и 2 на протяжении 0,12 мс составляла до 0,0007.

По результатам проведенных исследований можно заключить, что наименьшее влияние на снижение остаточных напряжений в сварных соединениях сплава АМг6 оказывает обработка импульсным током. Более эффективно воздействие динамической нагрузки, реализуемое без прохождения импульсного тока через обрабатываемый материал. Наибольшая эффективность ЭДО имеет место при прохождении импульсного тока через материал, при его совместном воздействии с динамической нагрузкой на образцах со сварным соединением. Таким образом, такое воздействие наиболее предпочтительно при ЭДО сварных соединений тонколистовых конструкций из алюминиевых сплавов.

1. Исследование влияния импульсной обработки на повышение ресурса металлических конструкций / Л. М. Лобанов, Н. А. Пашин, В. П. Логинов и др. // Автомат. сварка. — 2005. — № 11. — С. 28–32.
2. Перераспределение остаточных сварочных напряжений в результате обработки импульсным электромагнитным полем / Г. В. Степанов, А. И. Бабуцкий, И. А. Мамеев и др. // Пробл. прочности. — 2011. — № 3. — С. 123–131.
3. Эффективность электродинамической обработки алюминиевого сплава АМг6 и его сварных соединений / Л. М. Лобанов, И. П. Кондратенко, Н. А. Пашин и др. // Автомат. сварка. — 2012. — № 1. — С. 3–7.
4. Физические основы электроимпульсной и электропластической обработок и новые материалы / Ю. В. Баранов, О. А. Троицкий, Ю. С. Аврамов и др. — М.: Моск. гос. индустр. ун-т, 2001. — 844 с.
5. Влияние электродинамической обработки на напряженно-деформированное состояние теплоустойчивых сталей / Л. М. Лобанов, Н. А. Пашин, В. П. Логинов, В. М. Скульский // Автомат. сварка. — 2006. — № 5. — С. 28–32.
6. Александров Г. Н. Теория электрических аппаратов. — М.: Высш. шк., 1985. — 312 с.
7. Лобанов Л. М., Пашин Н. А., Логинов В. П. Влияние электродинамической обработки на напряженное состояние сварных соединений алюминиевого сплава АМг6 // Автомат. сварка. — 2007. — № 6. — С. 11–13.

8. Стрижало В. А., Новогрудский Л. С., Воробьев Е. В. Прочность материалов при криогенных температурах с учетом воздействия электромагнитных полей. — Киев: Ин-т пробл. прочности им. Г. С. Писаренко НАНУ, 2008. — 504 с.

9. Бобров В. С., Лебедкин М. А. Электрические эффекты при низкотемпературной скачкообразной деформации алюминия // Физ. твердого тела. — 1989. — 31, № 6. — С. 120–124.

Influence of various discharge circuits on effectiveness of electrodynamic treatment (EDT) of aluminium alloy AMg6 and its welded joints was studied. It is established that maximum EDT effectiveness is achieved at simultaneous impact of pulsed electric current and dynamic load on the treated metal, while minimum effectiveness is achieved at the impact of just the pulsed current. Deformation wave parameters at EDT of AMg6 alloy welded joints were studied.

Поступила в редакцию 26.07.2012

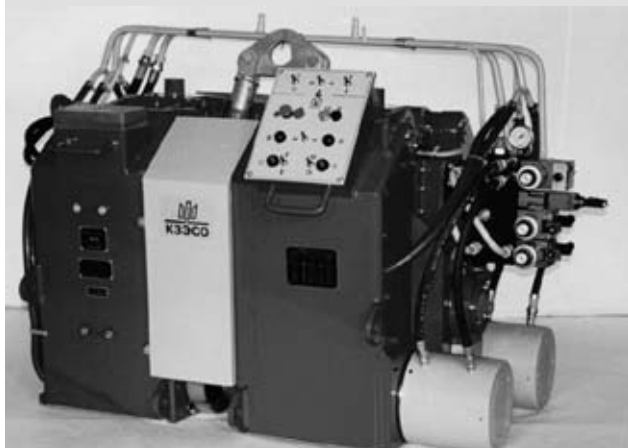
РАЗРАБОТАНО В ИЭС

ТЕХНОЛОГИЯ И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ АВТОМАТИЧЕСКОЙ КОНТАКТНОЙ СТЫКОВОЙ СВАРКИ ОПЛАВЛЕНИЕМ ТРУБОПРОВОДОВ

Разработана технология и оборудование для стыковой сварки оплавлением труб диаметром 114... 325 мм. Процесс сварки производится в локальной камере (от воды изолируется только зона сварки). Полная автоматизация цикла сварки позволяет проводить сварочные работы без участия сварщиков-водолазов.

Технология и оборудование предназначены для автоматической стыковой сварки оплавлением труб различных категорий прочности и химического состава при строительстве трубопроводов разного назначения диаметром 57... 1420 мм, в том числе при строительстве морских и подводных трубопроводов.

Серийное производство трубосварочного оборудования освоено ОАО «Каховский завод электросварочного оборудования», г. Каховка Херсонской области (Украина) и заводом «Псковэлектросвар», г. Псков Ленинградской области (Российская Федерация).



Контактная стыковая машина K813



Контактная стыковая машина K548M



Контактная стыковая машина K805



Контактная стыковая машина K700-1