

В положении 4 производится отсчет величины сварочного тока.

В положении 5 производится отсчет длительности сварочного импульса.

Перед каждым измерением необходимо производить сброс показаний. Переключателем П2 выбирается необходимый диапазон измерений сварочного тока (10кА; 50 кА), а переключателем П3 — диапазон измерения длительности (1 сек; 5 сек).

Питание прибора осуществляется от трех последовательно соединенных батарей типа КБСЛ — 0,5. Комплекта батарей достаточно для 50 часов работы прибора.

Для увеличения стабильности показаний прибора при разрядке батарей применен стабилизатор напряжения на транзисторе П4 и стабилитроне Д8.

Техническая характеристика прибора

Пределы измерения сварочного тока	— 10 кА; 50 кА.
Пределы измерения длительности импульса	— 1 сек; 5 сек.
Основная погрешность измерения тока	— не более 5%
Основная погрешность измерения длительности	— не более 5%
Габариты	— 265×165×170
Масса прибора с датчиком	— 4 кг.

Длительная эксплуатация прибора в производственных условиях показала его надежность и удобство использования.

ЛИТЕРАТУРА

Ветчинкин А. Высокоомный вольтметр постоянного тока. М., «Радио», № 5, 1967.

М. Д. Рудман, А. С. Ивашин, В. А. Курзин

КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА ОДНОТОЧЕЧНЫХ СОЕДИНЕНИЙ, ВЫПОЛНЕННЫХ ГРУППОВОЙ РЕЛЬЕФНОЙ СВАРКОЙ, ПО СКОРОСТИ ТЕПЛООВОГО РАСШИРЕНИЯ МЕТАЛЛА

Контроль качества точечной электросварки методом измерения мгновенного импульса силы, возбуждаемого металлом, расширяющимся в процессе образования сварной точки, был впервые предложен Д. С. Балковцем [1,2]. Контроль за процессом сварки производился по величине или скорости относительного перемещения электродов или по величине механических напряжений, возникающих в электродержателях. Им же было обосновано положение о «нормальной» сварной точке — точке с развитым литым ядром.

При холодном обжатии деталей перед сваркой усилие сжатия $P_{св}$ уравнивается силой упругости деталей P_y . При расплавлении металла ядра его объем увеличивается примерно на 6—8%, а возникающие при этом напряжения воспринимаются окружающим ядром основным металлом. Ввиду малого значения предела текучести нагретого до пластического состояния металла, который под действием жидкого металла деформируется, и часть импульса силы, возбуждаемого расплавленным металлом, передается электродам ($P_{ж}$). Под действием силы $P_{ж}$ верхний электрод перемещается вверх, если усилие сжатия не увеличилось.

Если усилие $P_{св}$ увеличится и уравнивает упругие силы деталей P_y и силу $P_{ж}$, т. е. $P_{св} = P_y + P_{ж}$, или станет больше их, например, при раннем приложении усилия проковки $P_{ков} \gg P_{св}$, то верхний электрод останется неподвижным или переместится вниз, вдавливаясь в поверхность детали. Увеличение $P_{св}$ может иметь место и в результате действия инерционных сил и сил трения в механизме сжатия сварочной машины.

Применение dilatометрического контроля при групповой рельефной сварке односточечных соединений имеет ряд особенностей.

Как показали опыты, при рельефной сварке односточечных соединений с развитым литым ядром приращение толщины свариваемых деталей $D_{пл}$ составляет 1,6—2,6% $\Sigma\delta$, что значительно меньше dilatометрического эффекта при точечной сварке, где $D_{пл} = 6—8\% \Sigma\delta$. Величина $D_{пл}$ отсчитывалась в момент t_3 от точки 4 (рис. 1), соответствующего сближению электродов к началу плавления. С учетом указанного сближения dilatометрический эффект $D_{пл}^*$ при рельефной сварке достигает значений $D_{пл}^* = 2,8—6,3\% \Sigma\delta$.

При сварке деталей малой относительной ширины (отношение ширины детали b к ее толщине δ или диаметру ядра $d_{я}$) возрастает роль деформации контакта в плоскости прилегания деталей и, соответственно, уменьшается деформация вдоль оси электродов. Например, для сварных точек на сепараторах подшипников № 407 диаметром $d_{я} = (1,8—3,7) \delta$ относительная ширина площадки в радиальном направлении $b : d_{я}$ оказывается равной 3,2—1,6. Так как отвод тепла в радиальном направлении затруднен, то перемишка между литым ядром и торцом детали почти на 90% своей ширины нагревается до температуры интенсивной пластической деформации металла. В этих условиях образование развитого литого ядра сопровождается меньшим раздвиганием электродов, чем при образовании ядер меньших размеров.

Статистическая обработка опытных данных указывает на недостаточно тесную корреляционную связь между $D_{пл}$ и прочностью сварных соединений на отрыв (коэффициент корреляции

равен $0,357 \pm 0,071$; корреляционное отношение равно $0,403 \pm \pm 0,068$).

В условиях групповой рельефной сварки одноточечных соединений можно предположить, что расплавление сварочных контактов начинается неодновременно и развивается с различной интенсивностью, так что использование параметров $D_{пл}$ и $D_{пл}^*$ для контроля весьма затруднительно.

При рельефной сварке образование литого ядра начинается при неполноты осаживаемом рельефе. Если прервать сварочный ток в этот момент (точка t_2 , рис. 1), то деформация нагретого

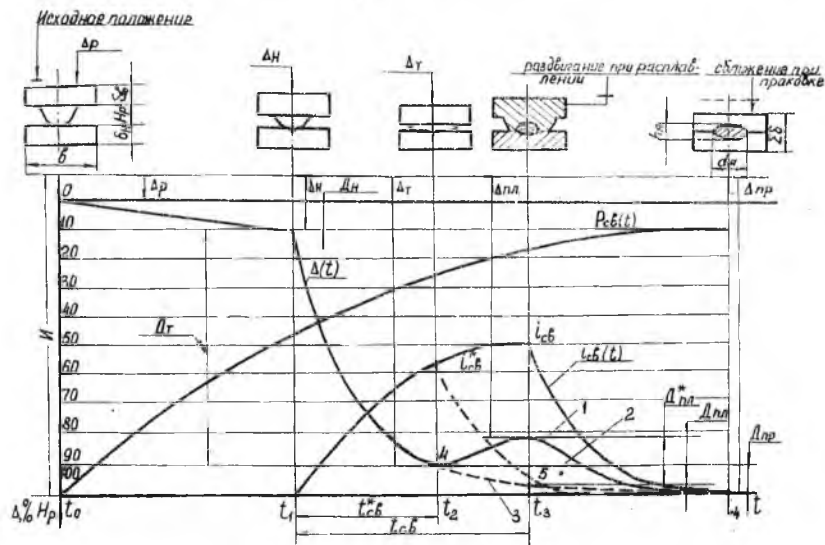


Рис. 1. Циклограмма рельефной сварки и стадии деформации сварочного контакта:

$I_{св}$ —сварочный ток, $P_{сж}$ —усилие сжатия деталей; Δ_p —перемещение верхнего электрода из исходного положения II до соприкосновения с верхней деталью; $\Delta_{пн}$, Δ_t , $\Delta_{пл}$, $\Delta_{пр}$ — соответственно перемещения верхнего электрода при холодном обжатии, под током, при расплавлении ядра и при проковке; $D_{пн}$, D_t , $D_{пл}$ и $D_{пр}$ — деформации сварочного контакта на соответствующих стадиях сварки

до пластического состояния сварочного контакта будет продолжаться до полного прилегания деталей, особенно если усилие сжатия при этом возрастает (кривая 3, рис. 1).

Если длительность сварочного импульса больше $t_{св}^*$, то с началом расплавления контакта и возбуждением импульса силы $P_{ж}$ скорость осаживания изменяется, так как одновременно протекают два противоположно направленных процесса — осаживание контакта под действием силы $P_{сж} > P_y$ и увеличение его объема под действием силы $P_{ж}$.

При развитом литом ядре $P_y + P_{ж} > P_{сж}$ и электрод перемещается вверх (кривая 1, рис. 1); при литом ядре умеренных раз-

меров, если $\dot{P}_y + P_{ж} = P_{сн}$, скорость опускания электрода равна нулю (линия 2); если литое ядро отсутствует $P_{ж} = 0$; $P_y < P_{сн}$ и электрод опускается (кривая 3). При малых размерах литого ядра, когда $\dot{P}_y + P_{ж} < P_{сн}$, электрод также перемещается вниз; графики перемещения электрода располагаются при этом между кривыми 2 и 3.

Так как при рельефной сварке вдавливание электродов в свариваемые детали практически исключено, то уменьшение скорости или изменение знака скорости перемещения электродов в определенном интервале цикла сварки ($t > t_2$, рис. 1) может служить показателем расплавления металла ядра.

Для оценки статистической связи между качественными признаками «ядро есть»—«ядра нет»; «скорость перемещения электродов положительна»—«скорость перемещения отрицательна» использовался показатель сходства «А» [3]

$$A = \frac{ad - bc}{\sqrt{(a + b)(c + d)(a + c)(b + d)}}$$

причем корень в знаменателе принимается с положительным знаком. Величина «А» лежит в пределах $-1 \leq A \leq +1$. Если $b = c = 0$, то $A = +1$; при $a = d = 0$, $A = -1$. Показатель сходства равен нулю, если $ad = bc$, что указывает на независимость исследуемых признаков.

Для контроля наличия литого ядра при групповой рельефной сварке одноточечных соединений сепаратора подшипников по указанному признаку изготовлен и испытан прибор «Аккорд-8». Результаты опытов по установлению связи между показаниями контрольного прибора и наличием литого ядра сварной точки, при групповой сварке сепараторов подшипника № 407 приведены в таблице.

Наличие литого ядра и показания прибора	Ядро есть	Ядра нет	Σ
Ядро есть	$a = 56$	$b = 2$	$a + b = 58$
Ядра нет	$c = 6$	$d = 36$	$c + d = 42$
Σ	$a + c = 62$	$b + d = 38$	$a + b + c + d = 100$

Для рассматриваемого случая показатель сходства $A = 0.93$, что указывает на эффективность предложенного способа контроля.

Прибор [4] работает следующим образом. Для измерения перемещения электродов служит блок датчика 1 (рис. 2), содержащий емкостной датчик 2, включенный в мостовую схему 3, пита-

тора 11. Синхронизатор, управляемый напряжением сварочного трансформатора, выдает сигналы положительной полярности на схему совпадений. Если сварка была качественной, т. е. в процессе сварки отмечалось сближение электродов под током и их раздвигание в результате расширения металла при образовании литого ядра, то на время контроля на схему совпадений с разделительного фильтра поступают сигналы положительной полярности и сигналом на выходе схемы, модулированным модулятором, зажигается световой индикатор 13.

Результаты контроля качества каждого одноточечного соединения при их групповой сварке обобщаются схемой 14, сигнал от которой поступает на исполнительный механизм, связанный со сварочной машиной. Если все соединения данной группы сварены качественно, то схема управления разрешает сварку последующей группы (последующего изделия). В противном случае она выдает сигнал на отбраковку сваренного изделия и запрещает сварку последующих.

ЛИТЕРАТУРА

1. Балковец Д. С., Григорьев В. А. Способ контроля процесса точечной сварки. Авторское свидетельство СССР, № 74264.
2. Балковец Д. С. Технологические основы образования литой зоны сварного точечного соединения. Докторская диссертация. 1953.
3. Митропольский А. К. Техника статистических вычислений. «Физматгиз», 1961.
4. Рудман М. Д., Ивашин А. С., Курзин В. А. Устройства для определения качества сварного соединения по скорости теплового расширения металла. Авторское свидетельство СССР № 383555. Класс В23К—11/24. (№ 333812/25 — 27). Бюллетень № 24, 1973.

И. С. Гришин, Ю. Н. Копылов, В. А. Медников

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ДИФфуЗИОННОЙ СВАРКИ

Математическое моделирование сварочных процессов является перспективным направлением исследований, позволяющим перейти от традиционных методов однофакторного эксперимента к экспериментам многофакторным [1]. При этом существенно снижается трудоемкость исследований, направленных на изыскание оптимальных параметров процесса, расширяется информация о взаимосвязи всего комплекса технологических параметров с характеристиками получаемых соединений.

Для описания технологических процессов обычно применяется локально-интегральная (полиномиальная) модель [2], улучшение аппроксимации которой может быть достигнуто повышением порядка полинома. Аппроксимирующая функция остается при этом линейной по своим параметрам, что облегчает необходимые