

Рис. 2. Влияние пластической деформации в зоне сварного шва на строение и свойства переходной зоны биметалла Ст3-АДО ( $\sigma$  — прочность соединения; X — число включений;  $K_{\Pi}$  — глубинный показатель коррозии;  $\pi$  — коэффициент пассивации в 0,1 N растворе NaCl)

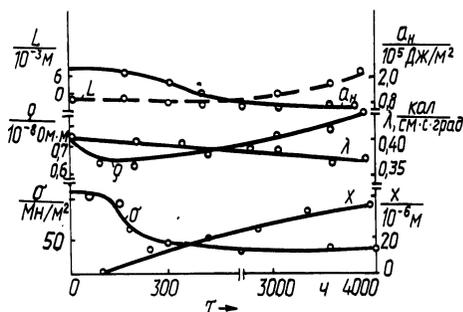


Рис. 3. Физико-механические свойства переходной зоны биметалла Ст3-АДО в процессе его эксплуатации в конструкции токоподвода электролизера алюминия ( $t = 300-350^{\circ}\text{C}$ ,  $I = 101 \text{ кА}$ ):  $\sigma$  — прочность соединения;  $a_n$  — ударная вязкость; X — количество интерметаллидов;  $\rho$  — удельное электросопротивление;  $\lambda$  — удельная теплопроводность; L — глубина коррозионных трещин

ние промежуточной прокладки (толщиной 0,5–0,8 мм) из углеродистой стали, предварительно азотированной в атмосфере аммиака при 700–720 °C в течение 1 ч. В этом случае содержание азота в слое до 200 мкм составляет около 0,03 %. Азот присутствует в форме нитридов железа, диссоциирующих при нагреве с образованием пленки нитридов алюминия. Последняя существенно тормозит диффузию компонентов и образование интерметаллидов. Это обстоятельство способствует повышению ряда физико-механических свойств биметалла, позволяя сохранять их в течение длительного времени на требуемом для нормальной эксплуатации электролизеров уровне (рис. 3).

Применение переходников Ст3-АДО в конструкции электрододержателей электролизеров алюминия позволяет снизить потери по напряжению в 4,6 раза при увеличении срока эксплуатации в 1,8 раза. Экономический эффект от внедрения биметалла на Красноярском алюминиевом заводе в 1983 г. превысил 210 тыс. руб.

УДК 621.791.044.2

А.С. МАСАКОВСКАЯ, канд.техн.наук (БПИ)

### К ВОПРОСУ О МАСШТАБНОМ ФАКТОРЕ ПРИ СВАРКЕ МЕТАЛЛОВ

Для обеспечения прочного соединения металлов в твердой фазе необходима реализация критической степени пластической деформации. Процесс соединения металлов можно представить как химическую реакцию, в результате которой между атомами двух соединяемых поверхностей образуются энергетически устойчивые конфигурации электронов, которые присущи атомам внутри металла. Для образования стабильных конфигураций электронов необ-

ходимо соединяемым поверхностям сообщить определенную энергию. При высокоскоростном соударении в металлическом образце возникает ударный фронт, который в определенном интервале давлений распадается на две волны сжатия: упругую и следующую за ней пластическую. Упругая волна повышает активность атомов в поверхностном слое и как следствие — активизируются источники дислокаций. Следующая за упругой волной — пластическая — генерирует дислокации и движение вместе с ними до тех пор, пока скорость движения самих дислокаций не начнет уменьшаться. Таким образом, для активации атомов поверхности необходима энергия для образования и движения дислокаций, которые выносят на поверхность определенную энергию.

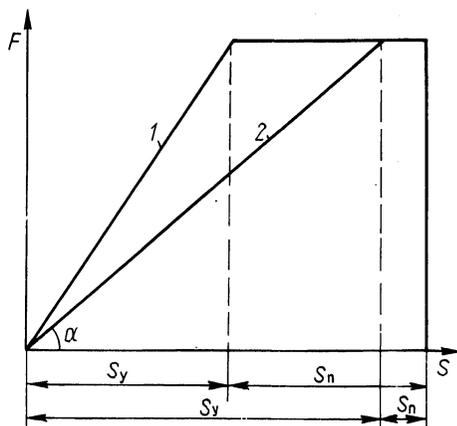


Рис. 1. Диаграммы расхода энергии при ударе образцов разной толщины

Толщины метаемой и основной заготовок существенно влияют на сдвиговую деформацию в зоне соединения, которая должна превышать некоторое значение, чтобы затрачиваемая на деформацию энергия обеспечивала необходимую степень активации контактирующих поверхностей.

Рассмотрим соотношение упругих и пластических перемещений при импульсном нагружении. Работа деформации представляется в виде суммы упругой и пластической составляющих  $E = E_y + E_{\pi} = \frac{1}{2} F S_y + F S_{\pi}$ , где  $F$  — максимальное усилие;  $S_y$  — упругое перемещение;  $S_{\pi}$  — пластическое перемещение. Полное перемещение может быть записано в виде  $S = S_y + S_{\pi}$ .

На рис. 1 построен график 1 для ударной осадки образца толщиной  $H_1$  с упругим  $S_y^1$  и пластическим  $S_{\pi}^1$  перемещениями и график 2 для ударной осадки образца толщиной  $H_2 > H_1$  с упругим  $S_y^2$  и пластическим  $S_{\pi}^2$  перемещениями. Как следует из рис. 1, происходит уменьшение доли энергии пластической деформации при ударе образца с  $H_2 > H_1$ .

Полная энергия, передаваемая метаемой пластине  $E$ , подводится к контактной поверхности в виде продольной и поперечной составляющих.

Отношение пластических перемещений от действия поперечной и продольной волны можно записать следующим образом:

$$\beta = \frac{S_{2\pi}}{S_{1\pi}} = \frac{\left( E \frac{\gamma}{1+\gamma^2} - \frac{1}{2} \frac{N_2^2}{E^0 H_1^2} \right) N_1}{\left( E \frac{1}{1+\gamma^2} - \frac{1}{2} \frac{1}{E^0 H^2} N_1^2 \right) N_2}, \quad (1)$$

где  $S_{1\pi}$ ,  $S_{2\pi}$  — пластические смещения в продольном и поперечном направлениях;  $N_1$  — тангенциальная составляющая силы деформирования на границе

раздела метаемой и основной пластин;  $N_2$  — нормальное давление со стороны метаемой пластины;  $H$  — толщина пластины;  $l$  — длина контакта между свариваемыми пластинами;  $\gamma = n \frac{\mu}{1-\mu}$ , где  $\mu$  — коэффициент Пуассона.

Анализ выражения (1) показывает, что с уменьшением толщины свариваемых пластин или при увеличении длины контакта при прочих равных условиях пластическая деформация в поперечном направлении возрастает.

Таким образом, изменение размеров соударяемых пластин приводит к перераспределению энергии в очаге деформации.

УДК 621.791.044.2

В.Н. КОВАЛЕВСКИЙ, канд.техн.наук,  
Ю.Г. АЛЕКСЕЕВ,  
В.С. НИСС (БПИ)

### СХЛОПЫВАНИЕ ТОЛСТОСТЕННЫХ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ТРУБ ЭНЕРГИЕЙ ВЗРЫВА

Существующее описание процесса схлопывания металлических труб оказывается некорректным при метании толстостенных труб энергией взрыва. Это связано со значительной инерцией стенки трубы и поэтому начальное состояние газообразных продуктов детонации должно определяться не состоянием Чепмена—Жуге, а моделью мгновенной детонации. При использовании низкобризантного ВВ (аммонит 6ЖВ) на закон движения трубы оказывает влияние сопротивление металла деформированию. На рис. 1 представлены характерные зависимости скорости движения стенки трубы  $V$  от пройденного пути  $S$ : для тонкостенных труб при использовании условия Чепмена—Жуге (кривая А), мгновенной детонации (кривая В), аналитическая аппроксимация (кривая Г),

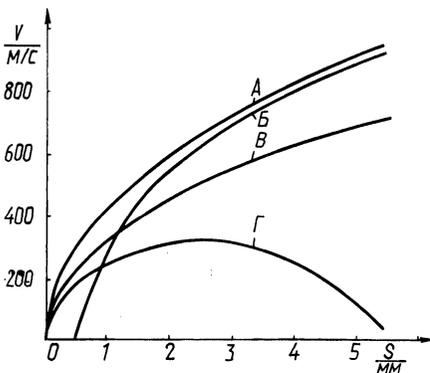


Рис. 1. Изменение скорости  $V$  стенки трубы от пройденного пути  $S$  при наружном метании

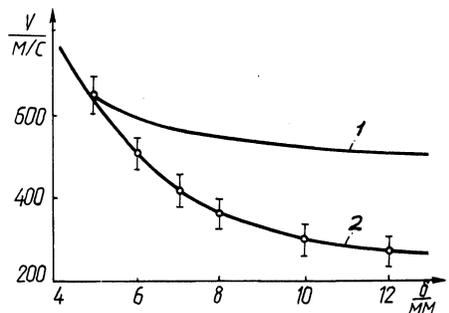


Рис. 2. Зависимость скорости  $V$  стенки трубы из стали 45 от начальной толщины стенки  $\delta$  на зазоре 5 мм:  
1 — теоретическая кривая; 2 — экспериментальная кривая