

ТЕХНИЧЕСКАЯ ФИЗИКА

Е. С. КУДЕЛЯ

**ОПЫТ СПЕКТРОСКОПИЧЕСКОГО ИССЛЕДОВАНИЯ  
СВАРНЫХ ШВОВ**

(Представлено академиком И. П. Бардиным 28 XI 1950)

Мы произвели некоторые спектроскопические исследования сварных швов, наибольший интерес из которых представляют исследование поверхностного слоя швов и исследование горячих трещин.

Так как в обоих случаях приходилось иметь дело с анализом очень тонких слоев металла, то требовалось применить такой источник возбуждения спектров, который за суммарное время предварительного обыскривания и экспозиции прорабатывал бы слой металла порядка нескольких микрон. Этим условиям отвечает высокочастотный разряд.

Схема применяемого нами генератора высокочастотного разряда приведена на рис. 1, где 1 — реостат; 2 — повышающий трансформатор 65/3000 в, мощностью 100—120 вольт-ампер; 3 — искровой разрядник; 4 — конденсатор колебательного контура 1000 pF; 5 — катушка колебательного контура, 12 витков, диаметр 6 см; 6 — катушка связи, 72 витка, диаметр 4,5 см; 7 — шунтирующий конденсатор переменной емкости 30—200 pF; 8 — рабочий искровой промежуток. При отключении конденсатора 7 искра за 1 мин. прорабатывает слой металла толщиной 0,002—0,003 мм. Увеличивая емкость конденсатора 7, толщину прорабатываемого слоя можно увеличить.

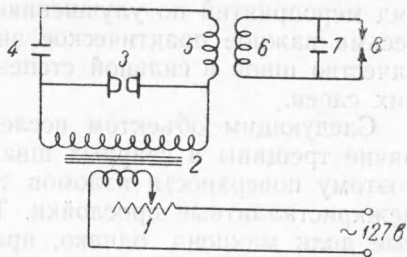


Рис. 1

В работе применялись постоянные электроды из меди или цинка в виде прутков, заточенных на усеченный конус с диаметром рабочей площадки 1 мм. Величина рабочего искрового промежутка 0,5 мм (устанавливается по шаблону). Съемка спектров производится без конденсатора при расстоянии от искры до щели спектрографа 5—8 см. Ширина щели спектрографа 0,02 мм. Время предварительного обыскривания 30 сек., время экспозиции для пластинок чувствительностью 200° по X. и Д.— 20 сек. Полученные при этих условиях спектры отличаются четкостью линий и отсутствием фона.

Как сказано выше, с помощью высокочастотной искры возможно анализировать слои металла толщиной 0,002—0,003 мм. Мы использовали это его качество для определения состава и толщины поверхностного слоя сварных швов, применив послойный анализ. Толщина слоев контролировалась на метафоте Буша.

Установлено, что в швах всегда имеется некоторый поверхностный слой, отличающийся от сердцевины шва по содержанию элементов, обладающих большим сродством к кислороду, чем основной компонент

шва — железо. Толщина слоя зависит от величины площади поперечного сечения шва, скорости его остывания после сварки и окисляющей способности флюса, и колеблется в пределах от десятых долей микрона до 0,05 мм.

В табл. 1 в качестве примера приведены результаты послойного анализа шва на хром, марганец и кремний.

Таблица 1

Расстояние анализируемого слоя от поверхности шва в мм	Концентрации в %		
	Cr	Mn	Si
0,003	0,15	0,36	0,08
0,005	0,20	0,57	0,17
0,010	0,18	0,61	0,20
0,015	0,27	0,72	0,23
0,050	0,28	0,76	0,31
0,500	0,27	0,77	0,31
1,000	0,28	0,76	0,34
Сердцевина шва	0,28	0,76	0,31

Из табл. 1 следует, что количественный состав поверхностного слоя может существенно отличаться от состава основного металла шва, что свидетельствует о сильном окисляющем действии некоторых флюсов на поверхность металла шва при их совместном затвердевании после сварки.

Сопоставляя полученные данные о поверхностных слоях для самых разнообразных швов с отделимостью образующейся при затвердевании расплавленного флюса шлаковой корки от металла шва, мы установили прямую связь между толщиной поверхностного слоя и отделимостью.

чем тоньше этот слой, тем лучше (при прочих равных условиях) отделимость.

Произведенные исследования дали возможность сварщикам найти ряд мероприятий по улучшению отделимости шлаковой корки, что имеет весьма важное практическое значение при многослойной сварке, где качество швов в сильной степени зависит от чистоты поверхности нижних слоев.

Следующим объектом исследования явились горячие трещины. Горячие трещины в сварных швах образуются по граням кристаллитов, поэтому поверхности изломов трещин представляют собою обнаженные межкристаллитные прослойки. Толщина этих прослоек составляет десятые доли микрона, однако, применяя настоящий способ возбуждения спектров, удается полуколичественно оценить состав этих прослоек.

Исследованию подвергались трещины на высоколегированных сварных швах и швах на нержавеющих и жароупорных сталях.

В табл. 2 приведены составы поверхностей трещин и металла швов, специально легированных медью, хромом, вольфрамом и титаном.

Как видно из табл. 2, концентрации легирующих элементов на поверхности излома трещины превышают концентрации этих элементов в металле шва в 1,5—2 раза.

Сопоставляя полученные нами данные с микротвердостью столбчатых кристаллов и их границ, Д. М. Рабкин и И. И. Фрумин (1) пришли к выводу, что образование горячих трещин в случае легирования швов хромом, вольфрамом и титаном обусловлено выделением на границах столбчатых кристаллов карбидных эвтектик этих элементов, а в случае легирования медью — легкоплавкой эвтектики.

Таблица 2

Элемент	Концентрация в %	
	металл шва	поверхность трещин
Медь . . . . .	6,2	18,3
Хром . . . . .	19,6	30,2
Вольфрам . . . . .	10,3	14,5
Титан . . . . .	11,7	18,1

Исследуя горячие трещины в швах на нержавеющей и жароупорных сталях, мы установили, что в этом случае межкристаллитные прослойки содержат повышенные по сравнению с металлом шва примерно в полтора раза количества кремния, который и вызывает образование трещин.

В заключение следует сказать, что применяемый нами высокочастотный генератор может быть успешно использован для количественных спектральных анализов металлов.

Институт электросварки им. Е. О. Патона  
Академии наук УССР

ТЕХНИЧЕСКАЯ  
Поступило  
27 X 1950

#### ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

Д. М. Рабкин и И. И. Фрумин, Автоматическая сварка, 2, 3 (1950).

СТАРЕНИЯ

(Представлено академиком Е. А. Чудаковым 27 XI 1950)

Выделение новых образований из пересыщенных твердых растворов ряда металлов при естественном или искусственном старении происходит обычно вдоль определенных кристаллографических направлений или по границам зерен основной фазы. В начальной стадии, как показали весьма delicate рентгенографические исследования, в пересыщенном растворе происходит выделение тонких двумерных образований. Впоследствии эти выделения коагулируют и тогда они обнаруживаются электронно-микроскопическим или микроскопическим путем.

В настоящем сообщении приводятся данные о периодическом распределении резко коагулированных выделений в кристаллитах основной фазы. Подобное распределение выделений, по-видимому, ранее никем не наблюдалось.

1. Сплав меди с 2 вес. % бериллия, приготовленный из чистых металлов, отожженный после сплавления в прокатки при температуре  $600^\circ$ , хранился около 15 лет. Из этого сплава была изготовлена тонкая пластиночка, доведенная путем шлифовки и полировки до толщины 0,07 мм. Пластиночку плотно прижали к эмульсии мелкозернистой фотографической пластинки и закрепили в черную бумагу, просвечивалась монохроматическим пучком рентгеновских лучей от молибденового анода.

На экспонированных таким путем и специальным способом проявленных рентгенограммах при просмотре их под микроскопом с увеличением 60–120 была замечена периодичность в характере структуры.

При увеличении 60 на микрорентгенограммах выявлялась квадратная сетка на светлом фоне. При уменьшении экспозиции в углах сетки выявлялись более темные точки на светлом фоне, распределенные в строго периодическом порядке на расстоянии около 0,014 мм друг от друга.

Микрорентгенограмма (X120), представленная на рис. 1 (см. вклейку к стр. 376), отчетливо показывает характер распределения точек и соотнесение областей с различной ориентировкой сеток. Судя по размерам и по структуре, эти области представляют собой отдельные кристаллиты.

На микрорентгенограмме (X60), представленной на рис. 2, отчетливо видны кристаллиты, а также и более тонкая сетка (X120) не соотнесена с направлением пучка лучей в просвечиваемом образце и, поэтому на микрорентгенограмме получается широкосетчатый вид.

На рис. 3 на кристалле был нанесен характерный штрих. После травления кристалл окрасился в синий цвет и на нем проследовали крупные зерна.