



УДК 669.187.56.001.1

ОСОБЕННОСТИ СТРУКТУРЫ БИМЕТАЛЛИЧЕСКОГО АРМАТУРНОГО ПРОФИЛЯ С КОРРОЗИОННО-СТОЙКИМ ПЛАКИРУЮЩИМ СЛОЕМ ИЗ СТАЛИ 316L

Л. Б. Медовар, В. Я. Саенко, А. Г. Ремизов, В. М. Ярош

Рассмотрены особенности структуры биметаллического арматурного профиля диаметром 16 мм с коррозионно-стойким плакирующим слоем из стали 316L, прокатанного из наплавленной способом ЭШН ЖМ биметаллической заготовки диаметром 350 мм. Приведены результаты макро- и микроисследований зоны соединения основного и плакирующих слоев, изучено распределение химических элементов в зоне соединения.

Peculiar features of bimetal reinforcement profile of 16 mm diameter with a corrosion-resistant clad layer of steel 316L, rolled from 350 mm diameter bimetal billet after cladding by the ESR LM method, are described. Results of macro- and microexaminations of the zone of joining the base and cladding layers are given and distribution of chemical elements in the joining zone is studied.

Ключевые слова: биметаллический арматурный профиль; биметаллическая заготовка; зона соединения основного и плакирующего слоев; электрошлаковая наплавка

В работе [1] предложена расчетная методика конструирования наплаваемых способом электрошлаковой наплавки жидким металлом (ЭШН ЖМ) биметаллических заготовок, предназначенных для

производства биметаллического арматурного профиля посредством горячей прокатки. Кроме того, с помощью диаграммы А. Шеффлера проведена оценка ожидаемой структуры металла наплавки стали типа 316 L биметаллической заготовки диаметром

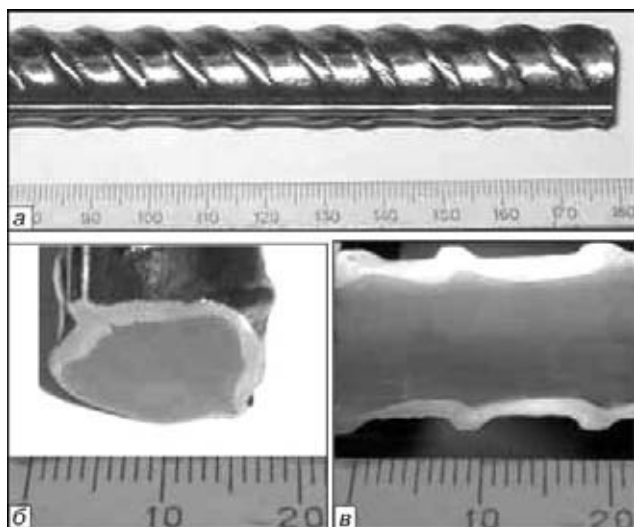


Рис. 1. Внешний вид исследуемого образца (а) биметаллического арматурного профиля диаметром 16 мм и вырезанных из него поперечного (б) и продольного (в) макрошлифов

Таблица 1. Химический состав сталей слоев биметаллического арматурного профиля

Марка стали	Массовая доля элементов, %					
	C	Cr	Ni	Mn	Si	Mo
20ГС (основной металл)	0,19	—	—	1,28	1,11	—
316L (плакирующий слой)	0,03	17	12	—	—	2,5

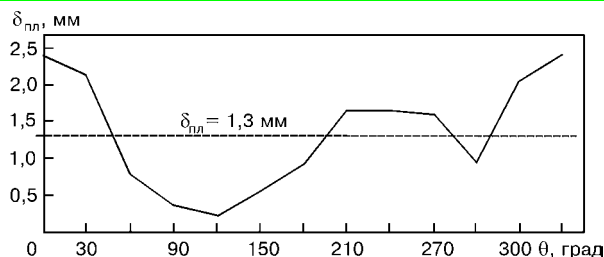


Рис. 2. Фактическая развертка колебания толщины плакирующего слоя δ по периметру биметаллического профиля арматурного профиля диаметром 16 мм; θ — угол развертки

© Л. Б. МЕДОВАР, В. Я. САЕНКО, А. Г. РЕМИЗОВ, В. М. ЯРОШ, 2005

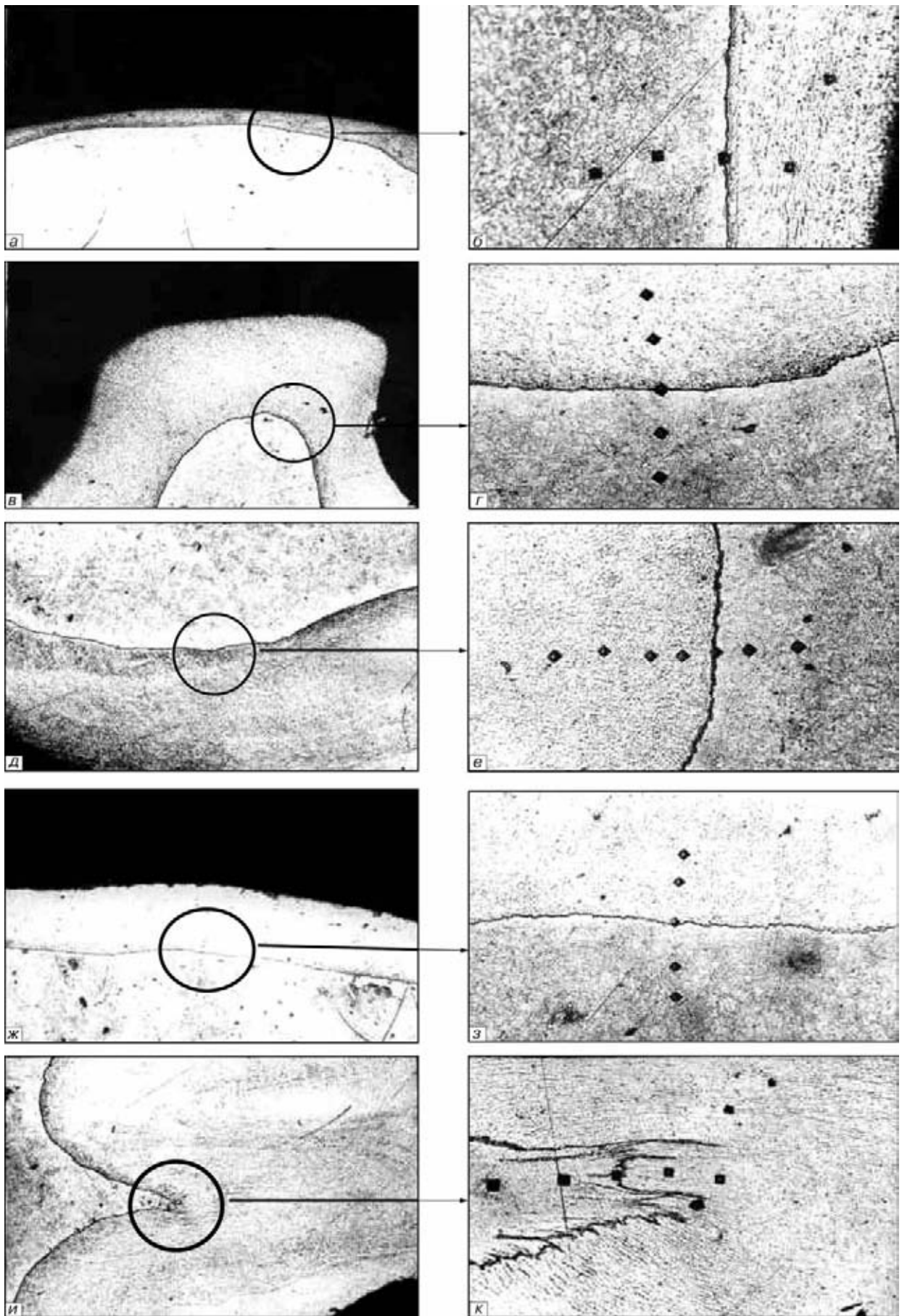


Рис. 3. Микроструктура зоны соединения основного и плакирующих слоев биметаллического арматурного профиля для участков с разной толщиной плакирующего слоя: а, в, д, ж, и – $\times 50$; б, г, е, з, к – $\times 320$



Таблица 2. Характеристика металла зоны сплавления разнородных сталей в биметаллическом арматурном профиле

Толщина плакирующего слоя, мм	Вид зоны сплавления на рис. 3	Микротвердость, HV		
		Нержавеющая сталь	Линия соединения	Арматурная сталь
0,16	а, б	236	234	210
1,30	в, г	221	210	223
1,60	д, е	217	208	187
1,85	ж, з	244	271	213
2,40	и, к	231	286	173

Примечание. Приведены средние значения по результатам трех измерений.

350 мм в зависимости от принятых режимов ЭШН ЖМ и химического состава основного слоя арматуры. При этом принимали, что в процессе ЭШН ЖМ обеспечиваются заданные равномерные глубина проплавления основного слоя и распределение химических элементов по сечению наплавляемого коррозийно-стойкого слоя.

В настоящей работе исследовали реальную макромикроструктуру и распределение химических элементов в зоне соединения основного и плакирующего слоев биметаллического арматурного профиля диаметром 16 мм, полученного посредством горячей прокатки биметаллической заготовки диаметром 350 мм с плакирующим коррозионно-стойким слоем толщиной 25 мм из стали типа 316L и основным слоем из стали 20ГС (табл. 1).

Преимуществом ЭШН ЖМ является возможность производить наплавку плакирующего металла за один проход, при этом толщина наплавляемого слоя в биметаллическом слитке может быть задана в широких пределах (20... 120 мм и более). Благодаря разработанной технологии процесса и особой конструкции токоподводящего кристаллизатора в ходе наплавки биметаллической заготовки происходит постоянное регламентированное вращение шлако-металлического расплава. Это позволяет максимально усреднять температуру и химический состав металлической ванны в поперечном сечении, способствует более равномерному проплавлению основного слоя и получению заданной одинаковой толщины наплавленного плакирующего слоя.

Вместе с тем, необходимо учитывать [2], что даже при обеспечении последнего из-за особенностей ее неравномерной деформации при прокатке через блюм можно получить значительную разнотолщинность плакирующего покрытия по периметру сечения биметаллического арматурного профиля.

Для исследований специально выбраны образцы биметаллического профиля диаметром 16 мм, отличающиеся разнотолщинностью (0,16... 2,40 мм) плакирующего слоя по периметру их поперечного сечения (рис. 1). Следует отметить, что несмотря на разнотолщинность плакирующего слоя по сече-



Рис. 4. Внешний вид загнутого образца (продольного макрошлица) биметаллического арматурного профиля диаметром 16 мм

нию биметаллического арматурного профиля выхода основного металла на поверхность ни в одном случае не было обнаружено.

Проведенные макроисследования на поперечных образцах показали, что суммарная площадь, приходящаяся на плакирующий слой, составляет 31,2... 31,7% общей площади поперечного сечения биметаллического арматурного профиля, т. е. объемный коэффициент плакирования $n_{пл}$ составляет в среднем 31,5%. В соответствии с результатами работы [1], при $n_{пл} = 31,5\%$ ожидаемая средняя толщина плакирующего слоя в готовом арматурном биметаллическом профиле при условии равномерного распределения по периметру поперечного сечения должна составлять 1,3 мм (рис. 2).

Как видно из рис. 2, фактическая разнотолщинность плакирующего слоя в готовом арматурном профиле возникает исключительно из-за неравномерной деформации слоев биметаллической заготовки при прокатке через блюм.

Проведенные микроисследования зоны соединения основного и плакирующих слоев биметаллического арматурного профиля для участков с разной толщиной (0,16... 2,40 мм) плакирующего слоя (рис. 3) показали, что его микроструктура для всех исследуемых участков — аустенитная, каких-либо дефектов (отслоений, трещин, шлаковых включений и др.) по линии сплавления разнородных сталей не обнаружено. Отсутствуют и характерные для зоны соединения разнородных сталей (аустенитная сталь—перлитная сталь) карбидная гряда и обезуглероживенная область, обычно образующиеся вблизи линии сплавления в аустенитной и перлитной сталях. Последнее подтверждается также результатами замеров микротвердости в соответствующих

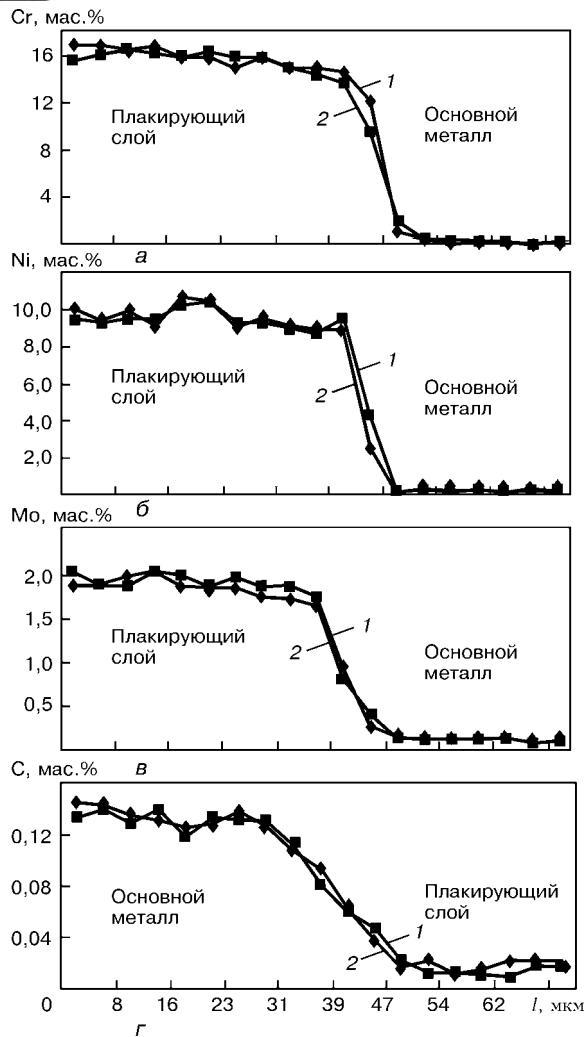


Рис. 5. Распределение элементов в переходной зоне соединения основного и плакирующих слоев биметаллического арматурного профиля для участков с разной толщиной плакирующего слоя: *a* – хром; *б* – никель; *в* – молибден; *г* – углерод; *1* – 0,16; *2* – 2,40 мм; *l* – протяженность зоны соединения

структурных зонах. Значения микротвердости по линии сплавления составляют *HV* 210...234, плакирующего слоя *HV* 221...236 и основного металла *HV* 183...212, т. е. практически находятся на одном уровне (табл. 2).

О высоком качестве металла зоны соединения разнородных сталей в биметаллическом профиле свидетельствует отсутствие расслоений в загибном образце (рис. 4). Для испытаний на холодный загиб (ГОСТ 1683) использовали продольный макрошлиф толщиной, равной половине диаметра профиля. Загиб производили на оправке диаметром два диаметра профиля, при этом поверхность макрошлифа загибалась наружу.

Одной из задач настоящей работы являлось исследование распределения химических элементов (углерод, хром, никель, молибден) в зоне соединения разнородных сталей биметаллического арматурного профиля. Рентгеноспектральный микроанализ проводили на образцах, вырезанных поперек направления прокатки, на участках с разной толщиной (0,16...2,40 мм) плакирующего слоя. Результаты микроанализа приведены на рис. 5.

Анализ полученных результатов показал, что протяженность переходной зоны составляет 6...12 мкм и не зависит от толщины плакирующего слоя.

Таким образом установлено, что зона соединения сталей 20ГС–316L свободна от малопластичных структурных составляющих, различных несплошностей и экзогенных неметаллических включений. Это, а также наличие минимальной переходной зоны (6...12 мкм) свидетельствуют о высоком качестве соединения слоев биметаллической арматуры диаметром 16 мм с коррозионно-стойким плакирующим слоем из стали 316L, прокатанной из биметаллической заготовки диаметром 350 мм, наплавленной способом ЭШН ЖМ.

1. *Особенности* конструирования биметаллических заготовок для производства арматурного профиля с коррозионно-стойким плакирующим слоем из стали 316L // Л. Б. Медовар, В. Я. Саенко, В. И. Ус, В. М. Ярош // Современная электрометаллургия. – 2005. – № 2. – С. 5–9.
2. Патон Б. Е., Медовар Л. Б., Саенко В. Я. О перспективах производства биметалла с применением электрошлакового процесса // Там же. – 2004. – № 3. – С. 5–9.

Ин-т электросварки им. Е. О. Патона НАН Украины, Киев
Поступила 04.07.2005