

УДК 669.715:018.8

КОРРОЗИОННЫЕ ИСПЫТАНИЯ ТОНКОЛИСТОВОГО СВАРНОГО СОЕДИНЕНИЯ ИЗ АЛЮМИНИЕВОГО СПЛАВА АСВ-1

Любовь Николаевна Мищук

*Студент 6 курса,**кафедра «Материаловедение»**Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана**Научный руководитель: Ю.А. Пучков,**кандидат технических наук, доцент кафедры «Материаловедение»*

Тонколистовые сварные соединения из алюминиевых сплавов, получаемые методом лазерной сварки перспективны для создания бортовых несущих конструкций летательных аппаратов. Основными причинами применения этого метода является экономия материала и снижение объема механической обработки.

Целью работы является выбор и обоснования технологических мероприятий, позволяющий получать качественные лазерные сварные соединения из тонколистовых алюминиевых сплавов.

В качестве объекта исследования были выбраны листы из сплава АСВ-1 толщиной 1 мм. Химический состав представлен в табл. 1. На поверхность свариваемых листов наносили гальваническим методом никелевое покрытие толщиной 6 мкм. Сварные конструкции получали на автоматизированной лазерной установке LRS-300AU, рабочим инструментом которой является сфокусированный луч импульсного твердотельного лазера, работающего в режиме свободной генерации [1]. Для анализа сварных конструкций применяли металлографический метод с использованием микроскопа OLYMPUS GX-51 и твердомера STRUERS DuraScan. Коррозионные исследования, включающие потенциометрию, потенциодинамический анализ, электрохимическую импедансную спектроскопию [3, 4], выполняли с использованием потенциостата IPC-Pro-MF и анализатора частотного отклика FRA-2. Коррозионные испытания проводили в камере соляного тумана в 3%-ном водном растворе NaCl.

Таблица 1. Химический состав исследуемого сплава, % (мас.) (ТУ 1-809-680-85)

Сплав	Al	Mg	Mn	Zn	Ti	Cr	V
АСВ-1	Ост.	0,8	1,8	0,6	0,6	0,5	0,6

Металлографическому анализу на коррозионную стойкость были подвергнуты стыковых сварных соединений с гальваническим никелевым покрытием и без него. Полученные данные занесены в таблицу 2.

Металлографическим анализом выявлены участки питтинговой коррозии (рис. 1) по центру шва, очаги межкристаллитной коррозии на участках шва, примыкающих к основному сплаву, а также частичное отслоение покрытия (рис. 2) в зоне термического влияния.

Питтинг связан с увеличением концентрации примесей в центре шва, а также наличием в нем пор и микротрещин, образующихся при импульсной сварке.

Межкристаллитная коррозия возникает из-за наличия в шве не полностью растворяющихся во время сварки участков никелевого покрытия.

Отслаивание покрытия связано с появлением при сварке напряжений в околошовной зоне.

Таблица 2. Сравнение коррозионной стойкости сварных соединений

Сплав		АСВ - 1	
		Без покрытия	С покрытием (хим. Н)
площадь сварного шва, пораженного коррозией, %		100	50
Питтинг в ЗТВ	$S_{\text{пит}}/S_{\text{пов}}$ (А), %	-	2
	Размер (В), мм ²	-	-
	Глубина (С), мм	-	1
Отслаивание покрытия в ЗТВ, %		-	1
Ширина ЗТВ, пораженной питтингом, мм		-	5

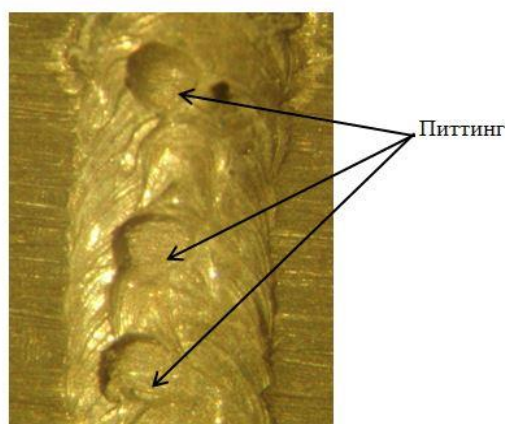


Рис. 1. Внешний вид поверхности соединений, после проведения коррозионных испытаний в течение месяца. Сплав: АСВ-1, шов, тип образца: «Стыковой», х50

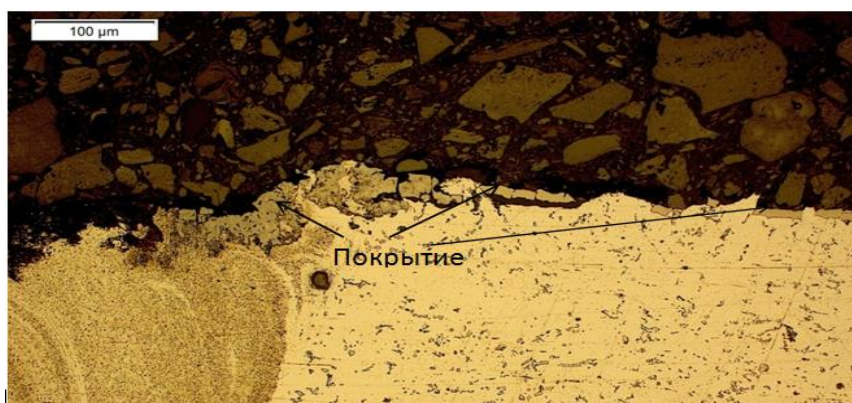


Рис. 2. Внешний вид поверхности соединений, после проведения коррозионных испытаний в течение месяца. Сплав: АСВ-1 хим.Н, тип образца: «Стыковой», х50

Методами потенциометрии и потенциодинамического анализа показано [2], что шов является анодом по отношению к сплаву и обладает более высокой способностью к самопассивации (рис. 4). Линейные показатели коррозии шва ниже, чем у основного металла (рис. 4).

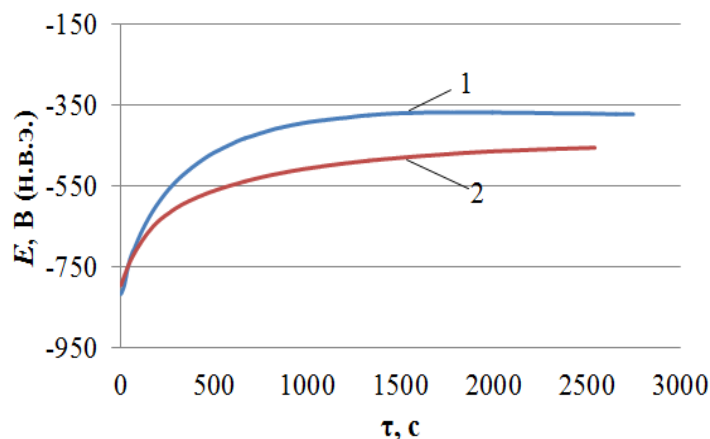


Рис. 3. Влияние продолжительности выдержки на потенциал свободной коррозии сплава АСВ-1 в 3%-ном водном растворе NaCl:
1- сплав, 2- шов

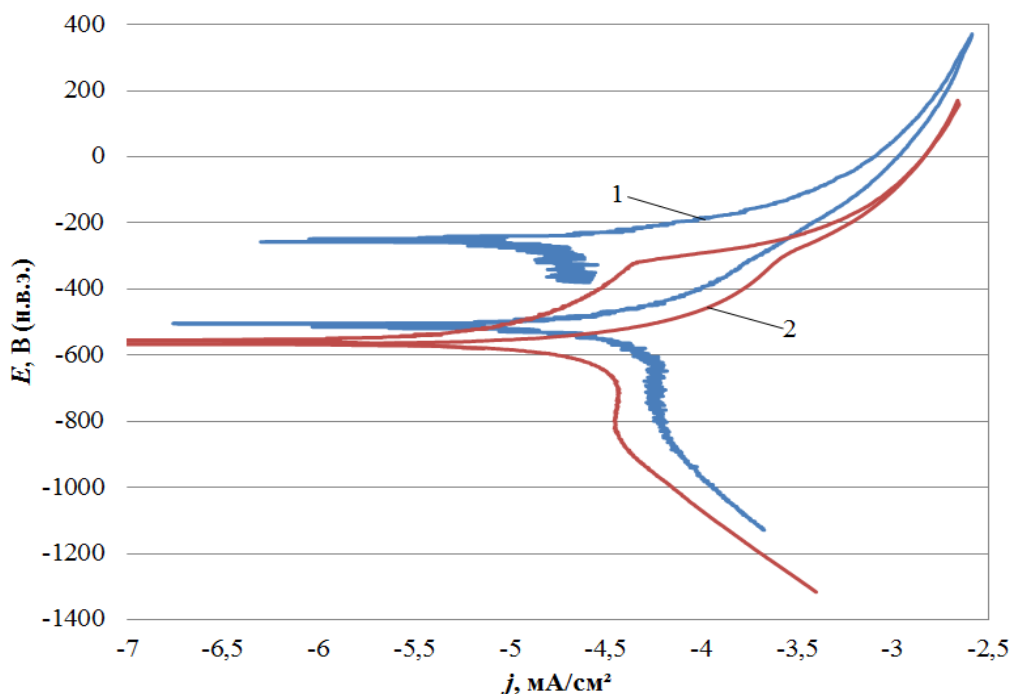


Рис. 4. Поляризационные диаграммы сплава АСВ-1 в 3%-ном растворе NaCl:
1- сплав, 2- шов

Импедансные спектры, снятые для шва и основного сплава, приведены на рис. 5. Экспериментальные данные представлены на диаграммах Боде, в которых модуль импеданса $|Z| = \sqrt{R^2 + X^2}$ (R - активное и X - реактивное сопротивление) и фазовый угол θ построены относительно частоты f . В этих координатах наиболее детально проявляются все изменения отклика исследуемой системы на возмущающий сигнал. На диаграмме Боде $Z(f)$ наблюдаются два максимума, свидетельствующие о двухслойном строении защитной пленки на поверхности шва и основного металла. Это подтверждает также минимумом на зависимости фазового угла от частоты.

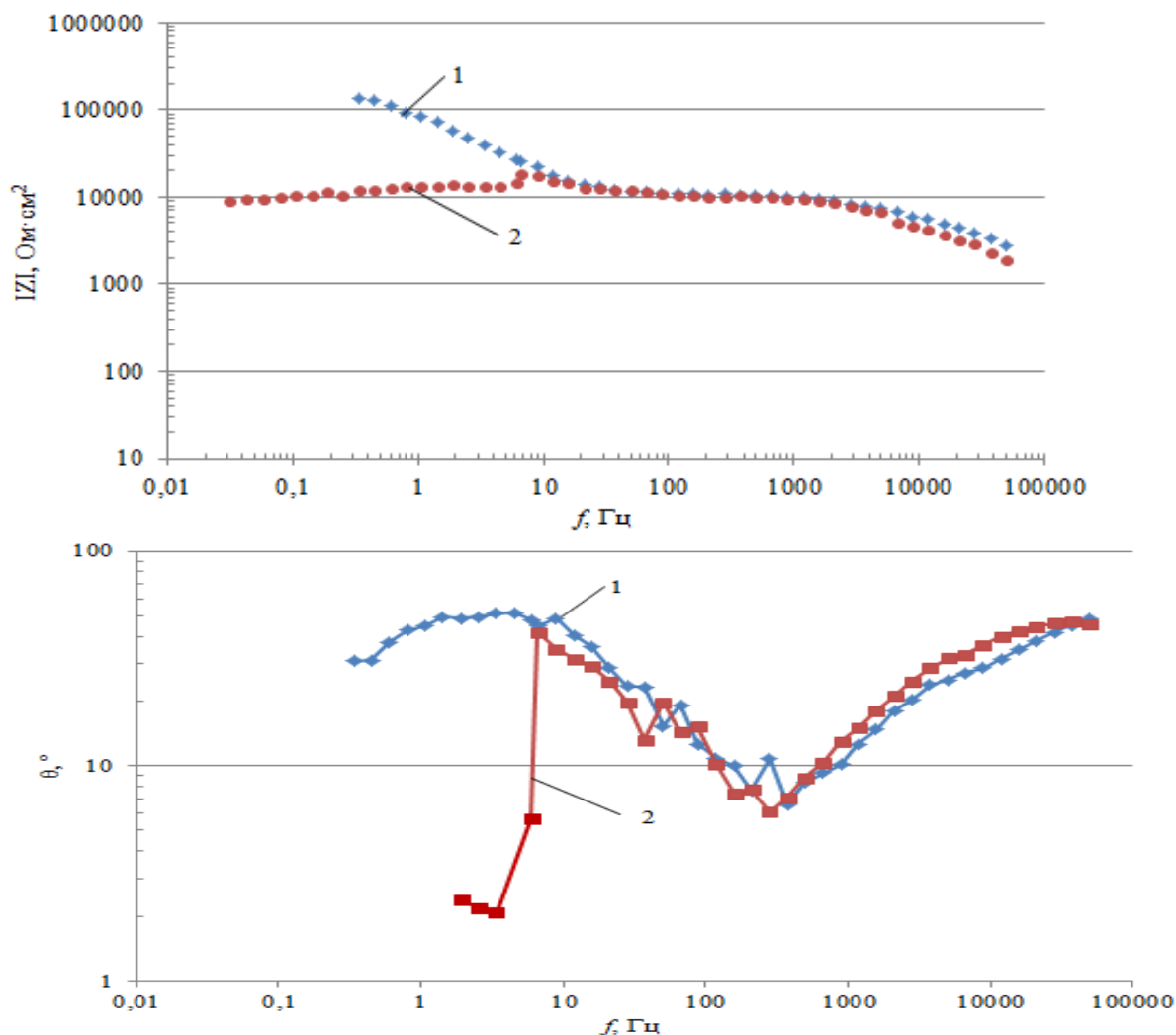


Рис. 5. Диаграмма Бode (изменение модуля импеданса и фазового угла от частоты) для электрода из алюминиевого сплава АСВ-1: 1- шов, 2-сплав

На рис. 5 представлена эквивалентная электрическая схема, которая в наибольшей степени соответствует экспериментальным спектрам. По ней можно судить о поведении системы.

Электролит контактирует с поверхностью слоя гидроксида и через поры в слое гидроксида - с участками поверхности оксида. Поры гидроксида заполнены электролитом, отличающимся по составу и электрическому сопротивлению от электролита, окружающего сплав. Сопротивление электролита на схеме обозначено R_s , сопротивление пленки гидроксида алюминия - R_1 , а емкость, обусловленная наличием на поверхности раздела электролит/гидроксид двойного электрического слоя - C_1 . Соответственно, сопротивление оксида алюминия обозначено R_2 , а емкость, обусловленная наличием на поверхности раздела электролит/оксид двойного электрического слоя - C_2 . Обработка спектров показала, что активное сопротивление слоя защитной пленки из оксида алюминия на порядки выше активного сопротивления слоя из гидроксида табл. 3. Таким образом, электроперенос через защитную пленку сдерживается преимущественно слоем из оксида алюминия. В тоже время емкость двойного электрического слоя на границе раздела оксида алюминия/гидроксид алюминия на порядки ниже емкости двойного электрического слоя на поверхности границы раздела оксид алюминия/электролит, что свидетельствует о высокой пористости не имеющей сквозного характера в слое гидроксида алюминия. Слою оксида соответствуют части кривых при частотах ниже 1000 Гц, слою гидроксида - выше 1000 Гц.

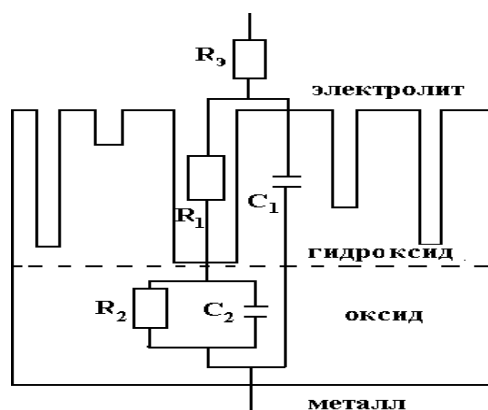


Рис. 6. Модель строения защитной пленки и эквивалентная электрическая схема, использованная для подгонки экспериментальных импедансных спектров

Таблица 3. Характеристики электрической эквивалентной схемы

	Шов	Сплав
C_1	$3,4646 \cdot 10^{-9}$	$2,508 \cdot 10^{-9}$
C_2	$1,1908 \cdot 10^{-6}$	$1,2869 \cdot 10^{-6}$
R_3	1449,7	1990,9
R_1	8260,9	8304,9
R_2	17801	$1,2054 \cdot 10^5$

Из таблицы видно, что величина сопротивления оксида алюминия (R_2) и емкость двойного электрического слоя (C_2) снятая для сплава имеет значение выше, чем шва, следовательно, пленка на поверхности шва менее устойчивая.

Выводы

По результатам металлографического исследования были выявлены участки питтинговой коррозии по центру шва, очаги межкристаллитной коррозии на участках шва, примыкающих к основному сплаву а также частичное отслоение покрытия в зоне термического влияния.

Методом потенциометрии показано, что шов является анодом по отношению к сплаву. Потенциодинамическим анализом установлено, что линейные показатели коррозии шва ниже чем у основного металла и шов обладает более высокой способностью к самопассивации. Электрохимическая импедансная спектроскопия выявило двухслойное строение защитной пленки на поверхности шва и основного металла и подтвердила более высокое сопротивление защитной пленки на поверхности шва.

По результатам выполненной работы рекомендуется покрытие наносить после процесса сварки и заменить импульсную лазерную сварку на непрерывную.

Литература:

1. Мицук Л.Н. Структура и свойства сварных тонколистовых соединений из алюминиевых сплавов. // Молодежный научно-технический вестник. Выпуск № 6. 2014. - 11 с.

2. Пучков Ю.А. и др. Система компьютеризированных методов исследования электрохимической коррозии *Металловедение и термическая обработка металлов.* - М: Машиностроение, 1996. N5, с. 37-39.
3. Буянова Е.С., Емельянова Ю.В. Импедансная спектроскопия электролитических материалов: учеб.пос. / Под ред. Е.С. Буянова. – Екатеринбург: УГУ, 2008. – 70 с.
4. Irvin J.T.S., Sinclair D.C., West A.R. Electroceramics. Characterization by Impedance Spectroscopy. // *Advanced Materials*. 1990. V.2. N.3 P.132-138.