



ОСОБЕННОСТИ ОБРАЗОВАНИЯ МАКРОВКЛЮЧЕНИЙ ОКСИДНОЙ ПЛЕНЫ В МЕТАЛЛЕ ШВОВ АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ (Обзор)

А. Г. ПОКЛЯЦКИЙ, инж. (Ин-т электросварки им. Е. О. Патона НАН Украины)

Рассмотрено влияние качества изготовления и подготовки свариваемых материалов и присадочной проволоки, а также условий сборки и сварки соединений на появление макровключений оксидной пленки в металле швов при сварке современных алюминиевых сплавов. Отмечены закономерности образования и расположения дефектов по сечению шва в зависимости от причин их возникновения. Проанализированы условия, способствующие окислительным процессам и снижению эффективности катодного разрушения оксидной пленки в зоне сварки. Выявлены особенности формирования нитевидных продольных включений оксидной пленки в центральной части шва при сварке литийсодержащих сплавов.

Ключевые слова: аргодуговая сварка, высокопрочные литийсодержащие сплавы, алюминиевые сплавы, макровключения оксидной пленки, нитевидные продольные оксидные включения

Одним из наиболее часто встречающихся дефектов при дуговой сварке неплавящимся электродом алюминиевых сплавов являются включения оксидной пленки [1–3]. Существенное влияние на возникновение оксидных включений в металле швов оказывают качество изготовления и подготовки поверхностей свариваемых материалов и присадочной проволоки, а также условия сборки и сварки соединений. Наличие в основном металле расслоений и несплошностей или его повышенная газонасыщенность могут вызывать появление макровключений оксидной пленки в металле швов [4]. Движущимися потоками расплавленного металла сварочной ванны такие дефекты могут перемещаться по всему ее объему и оставаться в металле швов в виде крупных оксидных плен и пор (рис. 1, а).

Некачественная подготовка свариваемых кромок, как правило, приводит к появлению оксидных включений в швах [5–8]. Органические загрязнения на поверхностях заготовок при сварке активно разлагаются, нарушая эффективность защиты зоны нагрева инертным газом. При этом выделяются соединения кислорода, способствующие окислению алюминия в зоне сварки. Наличие гидроксильных групп в составе пленки или адсорбированной на ее поверхности влаги также способствует активизации процессов окисления и появлению включений оксидной пленки в металле швов (рис. 1, б).

Повышенную опасность представляют оксидные пленки, находящиеся на торцовых поверхностях свариваемых кромок [6]. Катодная очистка наиболее эффективно происходит только в верхней части стыка. Его нижняя часть непосредственного воздействия дуги не испытывает. Находящиеся там оксидные пленки могут дробиться и выноситься на поверхность только движущимся металлом сварочной ванны. Однако вследствие большего удельного веса оксида по сравнению с жидким алюминием шансы

на всплытие имеют только тонкие мелкие пленочные включения. Большинство включений оксидной пленки при кристаллизации шва так и остаются в его нижней части (рис. 1, в).

Вероятность возникновения оксидных включений в металле швов повышается при использовании присадочной проволоки [8] и зависит от условий ее подачи в зону сварки [5, 9]. Органические загряз-

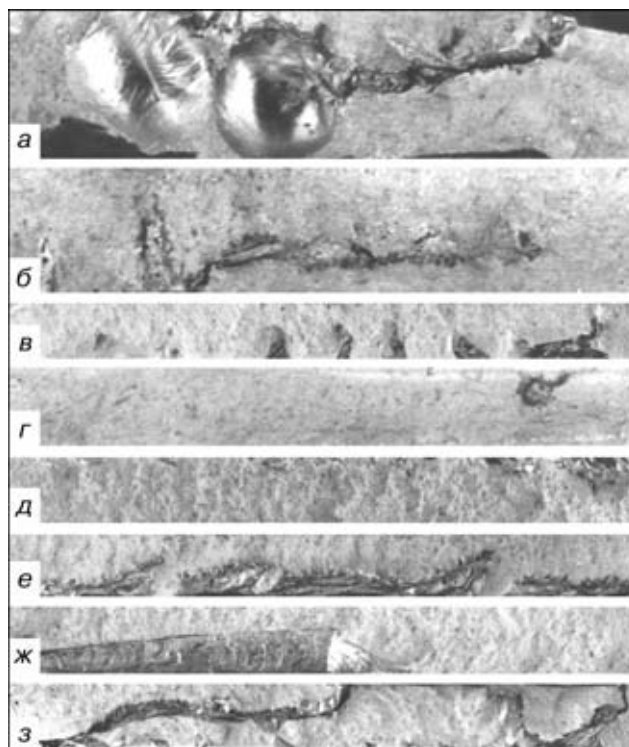


Рис. 1. Включения оксидной пленки в изломах швов алюминиевых сплавов, полученных аргодуговой сваркой неплавящимся электродом, обусловленные повышенным газосодержанием основного металла (а); органическими загрязнениями свариваемых кромок (б); недостаточным катодным разрушением исходной оксидной пленки на торцовых поверхностях кромок (в); наличием дефектов (закатов) в присадочной проволоке (г); более высокой температурой плавления присадки по сравнению с основным металлом (д); инжекцией воздуха через зазор, образующийся в стыке (е); смещением дуги от центра стыка (ж); несколькими факторами одновременно (з)

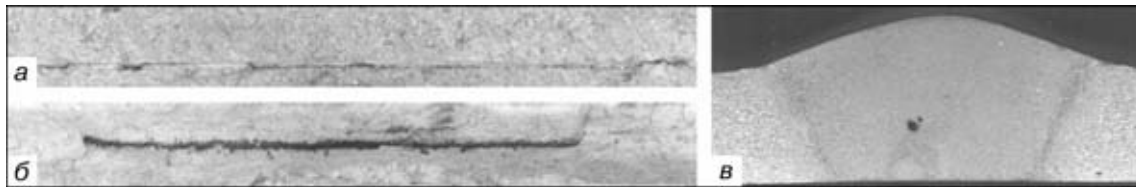


Рис. 2. Протяженные нитевидные включения оксидной пленки в изломах швов (а, б) и на поперечном макрошлифе (в), образующиеся при аргонодуговой сварке литийсодержащих алюминиевых сплавов неплавящимся электродом

нения и адсорбированная влага на ее поверхности вносят большое количество соединений кислорода и тем самым усиливают окислительные процессы в сварочной ванне. Присадка обычно подводится к переднему фронту плавления сварочной ванны (с легким касанием верхнего среза кромки по центру стыка). Периодическое смещение ее от центра приводит к блужданию или смещению дуги к одной из кромок, нарушению стабильности катодной очистки свариваемых поверхностей, а иногда даже к несплавлению кромок. Вероятность этого увеличивается при большой скорости подачи присадочной проволоки малого диаметра. Она практически не успевает расплавляться в головной части сварочной ванны и затрудняет катодную очистку находящейся под проволокой поверхности свариваемых кромок. В результате этого в металле шва обнаруживаются отдельные макровключения оксидной пленки, располагающиеся преимущественно в его средней и верхней частях (рис. 1, з).

Причиной появления оксидных включений в металле швов может быть неправильный выбор химического состава присадочной проволоки. В случае применения состава присадки с температурой плавления, намного превышающей температуру плавления основного металла, в верхней части металла шва обнаруживаются неразрушенные частицы оксидной пленки (рис. 1, д).

Существенное влияние на процессы окисления расплавляемого дугой металла и катодной очистки свариваемых поверхностей оказывают условия сборки и фиксации кромок перед сваркой [5, 10–12]. Из-за небрежности сборки и прижатия деталей перед сваркой, а также вследствие деформации кромок от нагрева происходит их смещение и образование зазора в стыке. В результате этого впереди сварочной ванны создаются благоприятные условия для инъекции атмосферного воздуха к свариваемым кромкам через образующийся зазор. Поэтому впереди сварочной ванны возникают условия для нарастания оксидной пленки, в том числе и на торцевых поверхностях свариваемых кромок. Этому способствует распространение тепла за пределы зоны защиты инертным газом. Кроме того, в результате гармонических колебаний расплавленного металла он легко проникает в зазор, что приводит к интенсивному окислению поверхности жидкого металла и кромок в местах их контакта. При сварке на спуск затекание жидкого металла в головную часть сварочной ванны уменьшает глубину проникновения дуги в основной металл, снижая эффективность катодной очистки кромок. Неразрушенные оксиды образуют в металле швов неметаллические включения, которые остаются, как правило, в нижней части шва вследствие незначительного переме-

шивания расплавленного металла сварочной ванны при обычной аргонодуговой сварке (рис. 1, е).

Наличие большого зазора в стыке увеличивает вероятность смещения дуги к одной из кромок. В результате в корневой части шва возможно образование окисленных участков несплавления (рис. 1, ж). Важное значение имеет совершенство защиты зоны сварки инертным газом [13]. Вероятность появления макровключений оксидной пленки в швах увеличивается при нарушении ламинарности истечения потока защитного газа, при недостаточном его расходе или неправильном выборе размеров и формы защитного сопла. Наличие конденсированной влаги на внутренних поверхностях магистралей подачи защитного газа и в сопле горелки, а также применение в качестве защитного газа аргона с точкой росы выше 214 К может служить дополнительным источником кислорода [14].

Существенное влияние на образование включений в швах оказывает смещение дуги от центра стыка, которое приводит к неравномерному разрушению оксидной пленки на свариваемых кромках и присадочной проволоке [5]. Основными причинами смещения дуги могут быть несимметричное расположение электрода относительно свариваемых кромок; несимметричное образование короны или подгорание торца электрода в процессе сварки; неравномерное или неплотное прилегание кромок стыка к формирующей подкладке (особенно при сварке тонкого металла); неравномерный теплоотвод по обе стороны стыка (особенно при сварке разнотолщинных или разноименных материалов).

Естественно, что при сварке конструкций в производственных условиях могут возникнуть сразу несколько факторов, способствующих окислению расплавляемого дугой основного и присадочного материалов или препятствующих эффективному разрушению оксидной пленки. В результате этого в металле шва образуются разнообразные по форме разветвленные включения оксидной пленки, располагающиеся практически по всей его толщине (рис. 1, з).

Особо следует выделить оксидные включения в металле швов литийсодержащих сплавов. При аргонодуговой сварке этих сплавов неплавящимся электродом с присадочной проволокой в центральной части шва образуются характерные нитевидные протяженные оксидные включения (рис. 2). Причины появления таких дефектов в настоящее время уточняются, но уже стало очевидным, что образование включений связано с использованием присадок, имеющих более высокую температуру плавления, чем у основного материала. Об этом свидетельствует полное отсутствие рассматриваемых дефектов при сварке без присадочной проволоки, а



также в случае использования стационарных вставок (полос) из металла, соответствующего по химическому составу основному металлу.

Выводы

1. Макровключения оксидной пленки в швах при сварке алюминиевых сплавов образуются вследствие нарушения требований к подготовке поверхностей свариваемых кромок, точности сборки и технологии сварки.

2. По форме, виду и расположению неметаллических оксидных включений в швах можно установить основную причину их образования. В случае недостаточно эффективного катодного разрушения оксидной пленки они располагаются ближе к верхней части шва в форме обособленных включений и имеют темную поверхность, а в случае чрезмерного окисления металла в процессе сварки они находятся преимущественно в корневой части шва, имеют большую протяженность и светлую блестящую поверхность.

3. Характерные для литийсодержащих сплавов протяженные нитевидные включения оксидной пленки образуются в швах вследствие недостаточной катодной очистки поверхности присадки, которая обычно имеет более высокую температуру плавления по сравнению с основным металлом.

1. Моисеенко И. Г., Столбов В. И., Турченко М. А. Окисные включения при сварке сплава АМг6 // Свароч. пр. — 1968. — № 5. — С. 23–24.
2. Моисеенко И. Г., Лукашин Н. В. К вопросу о повышении герметичности сварных емкостей из сплава АМг6 // Там же. — 1969. — № 8. — С. 31–32.

Effect of the quality of manufacture and preparation of materials welded and a filler wire and also conditions of assembly and welding of joints on the formation of macroinclusions of oxide film in welds during welding advanced aluminium alloys is considered. Typical peculiarities of formation and location of defects in weld section depending on the causes of their initiation are described. Conditions that promote the oxidizing processes and decrease in effectiveness of a cathode destroying of oxide film in the zone of welding are analyzed. Peculiarities of formation of thread-like longitudinal inclusions of oxide film in a central part of the weld in welding lithium-containing alloys are defined.

3. Влияние окисных включений на прочность сварных соединений сосудов давления из сплава АМг6 / В. Ф. Лукьянов, В. Н. Фомин, В. П. Моисеенко и др. // Там же. — 1970. — № 6. — С. 24.
4. Оценка возможности применения гранулируемого сплава системы Al-Zn-Mg в сварных полуфабрикатах / М. М. Ерофеева, В. В. Быков, В. Ю. Конкевич и др. // Там же. — 1989. — № 8. — С. 19–20.
5. Несплошности в сварных швах сплава АМг6 при наличии окисных включений / В. Н. Крюковский, О. М. Новиков, О. В. Мешкова и др. // Там же. — 1970. — № 12. — С. 25–27.
6. Оботуров В. И., Толкачев Ю. И. Некоторые особенности образования и разрушения оксидных плен при аргонодуговой сварке алюминиевых сплавов // Там же. — 1973. — № 11. — С. 22–24.
7. Столбов В. И., Моисеенко И. Г., Лукашин Н. В. Влияние некоторых технологических факторов на образование оксидных включений при сварке сплава АМг6 // Там же. — 1969. — № 3. — С. 26–28.
8. Терентьев И. М., Баруткин Ф. Е., Коновалов Г. С. Влияние режима сварки алюминиевых сплавов на плотность металла шва // Там же. — 1965. — № 10. — С. 16–18.
9. Влияние технологических параметров на качество металла сварных соединений сплава АМг6 / И. М. Терентьев, В. В. Слюсаревский, Б. Г. Калининченко и др. // Там же. — 1971. — № 4. — С. 36–37.
10. Склонность легких сплавов к образованию оксидных включений при сварке / В. Н. Сушков, Ю. Н. Скачков, О. М. Новиков и др. // Там же. — 1975. — № 5. — С. 23–24.
11. Скачков Ю. Н., Новиков О. М., Мамон М. Д. Причины появления окисных плен в сварных швах сплава АМг6 // Там же. — 1973. — № 4. — С. 27–29.
12. Юсуфова З. А. О механизме разрушения окисных плен в стыке при аргонодуговой сварке алюминиевых сплавов // Там же. — 1979. — № 10. — С. 25–26.
13. Скачков Ю. Н., Мамаев А. А., Новиков О. М. Повышение качества сварных швов сплава АМг6 // Там же. — 1974. — № 2. — С. 44.
14. Влияние некоторых параметров атмосферы сварочного цеха на качество швов алюминиевых сплавов / В. Н. Сушков, В. Н. Крюковский, А. П. Жандарев и др. // Там же. — 1976. — № 6. — С. 27–29.

Поступила в редакцию 21.04.99,
в окончательном варианте 07.02.2000