

# ЗАЩИТА ЗОНЫ ЭЛЕКТРОДУГОВОЙ СВАРКИ ОТ ОКИСЛЕНИЯ.



Кузнецов В.Д  
МСП-09-Д1

# Окисление

- В зоне сварки кислород является наиболее вредной примесью, так как окисляет элементы, которые входят в состав металла шва, и ухудшает его качество, образуя химические соединения — окислы. Окисление элементов, как правило, происходит за счет кислорода, содержащегося в шлаках и газах сварочной зоны. Окисление в меньшей степени может быть вызвано кислородом поверхностных окислов свариваемого металла (ржавчины, окалины). При случайном повышении длины дуги капли электродного металла могут окисляться кислородом окружающего воздуха. Возникновение заряженных частиц в дуговом промежутке обуславливается эмиссией (испусканием) электронов с поверхности отрицательного электрода (катода) и ионизацией находящихся в промежутке газов и паров. Электрическую дугу, используемую для сварки металлов, называют сварочной дугой.

- ▣ Основными реакциями, происходящими в зоне сварки, являются реакции окисления и раскисления металла. Характерные условия металлургических реакций при сварке, как и при кристаллизации — высокая температура нагрева, относительно малый объем расплавленного металла, кратковременность процесса.
- ▣ Кислород в атомарном состоянии образует с железом закись ( $\text{FeO}$ ), окись ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ), а также закись-окись ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ). В жидком металле растворяется только закись железа. Остальные окислы находятся в виде шлаковых включений и всплывают на поверхности сварочной ванны.

▣ Прямое окисление металла свободным кислородом газовой фазы в общем виде может быть представлено реакциями:

▣  $n\text{Me} + \text{O}_2 = m\text{Me}_n\text{O}_2$   
где  $m$  и  $n$  — численные коэффициенты формулы химических реакций;  $\text{Me}$  — масса элемента металла;  $\text{O}_2$  — масса кислорода.

▣ Химические реакции протекают до состояния равновесия между исходными веществами и продуктами реакции. О состоянии равновесия можно судить по константе равновесия  $K$ .

Из закона действующих масс известно, что

$$K = \frac{m\text{Me}_n\text{O}_2^{n/2}}{(\text{Me}_n\text{O}_2)}$$

где  $\text{Me}_n\text{O}_2$  — соответственно содержание в массе элемента  $\text{Me}$  и кислорода в зоне реакции, %. Реакция окисления будет происходить тем интенсивнее, чем больше произведение концентраций, вступающих в реакцию веществ (в данной формуле значение числителя), по сравнению с равновесной. Если константа будет меньше равновесной, идет реакция восстановления металла из его окисла. Константа равновесия, выраженная через парциальное давление пара веществ, вступающих в реакцию,

- ▣ Поставщиком кислорода в сварочную ванну могут быть окислы, находящиеся на кромках свариваемого металла, на поверхности сварочной проволоки, в сварочном флюсе и покрытии электродов, а также растворяющиеся в металле химически активные шлаки, отдающие кислород металлу в результате обменных окислительно-восстановительных реакций. В железе, в сталях и сплавах на его основе хорошо растворяется только закись железа  $\text{FeO}$ . Растворенная в жидком металле шва закись железа, оставаясь в затвердевшем шве, ухудшает его свойства. Для удаления растворенного кислорода в металл вводят такие элементы, как  $\text{Al}$ ,  $\text{Ti}$ ,  $\text{Si}$ ,  $\text{Mn}$ , образующие нерастворимые в жидкой стали окислы  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{MnO}$ , которые всплывают в шлак. Лишь незначительное количество этих окислов в виде дисперсных частичек остается в металле шва.

- Расположив элементы в ряд по мере уменьшения их сродства к кислороду, получим: для температуры 2300° С (стадия капли) — С, Zr, Al, Ca, Ti, Mg, В, Mn, V, Si, Cr, Мо, W, Fe, Ni, Си; для температуры  $\wedge$  1700° С (в ванне) — Al, Ca, Mg, Zr, С, Ti, В, Si, V, Mn, Cr, Мо, Fe, W, Ni, Си; для температуры кристаллизации металла стального шва — Ca, Mg, Al, Zr, Ti, В, Si, V, Mn, С, Cr, Мо, Fe, W, Ni, Си. Если в сварочной ванне отсутствуют алюминий, титан и редкоземельные элементы, основными раскислителями являются кремний и марганец. В той или иной степени окисляется хром

- Все кривые упругости диссоциации окислов металлов (см. рис. III.7) в рассматриваемом интервале температур расположены выше прямой, отвечающей парциальному давлению кислорода воздуха (например, при сварке незащищенной дугой или в защитной среде с таким же парциальным давлением кислорода). Это означает, что в данных условиях все металлы будут окисляться. Исключение составляют закись никеля и окись меди (см. табл. III.3) с упругостью диссоциации при температуре выше  $2200^{\circ}\text{C}$  большей парциального давления кислорода воздуха. Следовательно, при этой и более высоких температурах они будут самопроизвольно восстанавливаться из окисла. Благородные металлы, упругость диссоциации окислов которых значительно более высока, либо не окисляются вовсе (золото, платина), либо окисляются весьма слабо (серебро).

# Логарифмы упругости ДИССОЦИАЦИИ свободных окислов

Окисел	Темпаратура, *C					
	1400	1540	1600	1800	2000	2300
FeO	—9,5	-8,32	-7,8	—6,5	—5,3	— 3,9
SiO <sub>2</sub>	—17,8	-15,5	—14,6	—12,2	—10,2	- 7,9
MnO	—16,3	—14,3	—13,5	—11,6	—10,1	- 8,4
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	—14,3	—12,5	—11,8	- 8,7	—8,0	— 6,0
V <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	—17,3	—15,24	—14,5	—12,2	—10,4	— 8,2
TiO <sub>2</sub>	—19,4	-17,1	—16,2	—13,9	—12,3	— 9,0
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	—23,9	—21,3	—20,3	-17,4	—15,1	-11,7
MgO	—25,3	—21,6	—20,2	—17,2	—12,8	- 8,7
CaO	—28,9	—25,4	—23,9	—19,5	— 16,0	—11,6
ZrO <sub>2</sub>	—22,9	—20,5	—19,6	-17,1	— 14,8	—12,2
WO <sub>2</sub>	-8,7	— 7,34	— 6,8	— 5,3	— 4,07	-2,5
MoO <sub>a</sub>	—10,3	-8,7	-8,2	— 6,8	- 5,4	-4,0
NiO.	— 5,5	-4,3	— 3,8	— 2,4	- 2,1	—
Cu <sub>2</sub> O	— 3,0	-2,4	-2,1	- 1,3	— 0,8	—0,1



- Из компонентов сварочных шлаков (флюсов и электродных покрытий) закись железа имеет наибольшую упругость диссоциации, являясь наименее устойчивым окислом. Поэтому, чем больше окислов железа содержится в сварочном флюсе или покрытии электродов (например, системы  $\text{SiO}_2$  —  $\text{Al}_2\text{O}_3$  —  $\text{CaO}$  —  $\text{MgO}$  —  $\text{CaF}_2$  —  $\text{MnO}$  —  $\text{FeO}$ ), тем выше его окислительная способность и тем интенсивнее будут протекать реакции окисления элементов расплавленного и контактирующего со шлаком металла.
- Расположив элементы в ряд по мере уменьшения их сродства к кислороду, получим: для температуры  $2300^\circ\text{C}$  (стадия капли) —  $\text{C}$ ,  $\text{Zr}$ ,  $\text{Al}$ ,  $\text{Ca}$ ,  $\text{Ti}$ ,  $\text{Mg}$ ,  $\text{V}$ ,  $\text{Mn}$ ,  $\text{V}$ ,  $\text{Si}$ ,  $\text{Cr}$ ,  $\text{Mo}$ ,  $\text{W}$ ,  $\text{Fe}$ ,  $\text{Ni}$ ,  $\text{Si}$ ; для температуры  $1700^\circ\text{C}$  (в ванне) —  $\text{Al}$ ,  $\text{Ca}$ ,  $\text{Mg}$ ,  $\text{Zr}$ ,  $\text{C}$ ,  $\text{Ti}$ ,  $\text{V}$ ,  $\text{Si}$ ,  $\text{V}$ ,  $\text{Mn}$ ,  $\text{Cr}$ ,  $\text{Mo}$ ,  $\text{Fe}$ ,  $\text{W}$ ,  $\text{Ni}$ ,  $\text{Si}$ ; для температуры кристаллизации металла стального шва —  $\text{Ca}$ ,  $\text{Mg}$ ,  $\text{Al}$ ,  $\text{Zr}$ ,  $\text{Ti}$ ,  $\text{V}$ ,  $\text{Si}$ ,  $\text{V}$ ,  $\text{Mn}$ ,  $\text{C}$ ,  $\text{Cr}$ ,  $\text{Mo}$ ,  $\text{Fe}$ ,  $\text{W}$ ,  $\text{Ni}$ ,  $\text{Si}$ . Если в сварочной ванне отсутствуют алюминий, титан и редкоземельные элементы, основными раскислителями являются кремний и марганец. В той или иной степени окисляется хром.

- При наличии в металле нескольких элементов окисляться будет каждый из них, взаимодействуя с кислородом как газовой фазы, так и окислов элементов с более высокой упругостью диссоциации (например,  $\text{FeO}$ ), причем с интенсивностью и конечным количественным результатом, зависящими не только от сродства этого элемента к кислороду, но и от исходного содержания его в металле. Вводя в металл более сильные раскислители, можно предотвратить либо по крайней мере в некоторой степени уменьшить выгорание того или иного легирующего элемента, необходимого для обеспечения требуемых свойств металла шва.



THE

END