

## Исследования влияния водорода и азота на свойства металла сварного шва при автоматической дуговой сварке под слоем флюса

Ст. гр. 117-20 ПТЖр А. Божко

Научный руководитель доц., PhD Л.В. Гальперин

Ташкентский государственный технический университет,  
Узбекистан, г. Ташкент

В основном при сварке водород всегда имеется в газовой фазе, взаимодействующей с металлом. Водород в сварных соединениях в силу его большой подвижности в условиях сварочного цикла распределяется неравномерно и при средней допустимой концентрации водорода могут создаваться локальные концентрации (линия сплавления для металлов, не образующих гидридов, или зона термического влияния для гидридообразующих металлов), вызывающие возникновение дефектов сварного соединения (поры, трещины) или его замедленное разрушение. [1,2]

Водород образует растворы внедрения с металлами в жидком и твердом состояниях. С некоторыми металлами водород может вступать в соединения гидриды. Процесс растворения водорода состоит из отдельных стадий [3,4]:

1. Диссоциация молекул водорода на отдельные атомы ( $\Delta H > 0$ ).
2. Сорбция атомов водорода и образование раствора.
3. Образование гидридов с некоторыми металлами ( $\Delta H < 0$ ).

Для металлов, не образующих гидридов, растворимость водорода будут определять две первые стадии; требующие для своего развития значительных затрат энергии.

Растворимость водорода в металлах этого типа подчиняется закону распределения

$$[H] = k' p_{H_2}, \quad (1)$$

а давление атомарного водорода можно найти из следующих формул:

$$H_2 \leftrightarrow 2H; K_p = p_H^2 / p_{H_2} = f(T); p_H = \sqrt{K_p p_{H_2}}; [H] = k_T \sqrt{p_{H_2}} \quad (2)$$

Зависимость от температуры определяется через константу растворимости

$$k_T = k_0 e^{-\Delta H / (RT)} \quad (3)$$

где  $\Delta H$  — разность энтальпий растворения.

Наибольшее изменение растворимости происходит в процессе кристаллизации металла, следовательно, водород, который был растворен в жидком металле, должен выделиться и уйти из сварочной ванны. При неблагоприятных режимах сварки и теплофизических свойствах металла этот выделяющийся водород может образовать поры и несплошности в металле. Вероятность образования пор будет тем больше, чем больше различие растворимости в жидком и твердом состояниях.

Водород в твердом металле может быть в различных состояниях:

а) диффузионно-подвижный водород, находящийся в состоянии твердого раствора внедрения. Он относительно свободен и может покидать металл, диффундируя к границе раздела и десорбируясь из него при «вылеживании», но в легированных сталях этот процесс идет медленно и требует повышенных температур или вакуума.

б) остаточный водород — водород, адсорбированный на границах раздела или в зоне скопления дислокаций, уменьшает их подвижность. диффузионно-подвижный и остаточный водород могут переходить друг в друга. Остаточный водород покидает металл при  $\sim 900$  К в вакууме;

в) связанный водород, удаляющийся из металла при вакуумном плавлении, находится в несплошностях металла (раковины и поры) в молекулярном состоянии. Переход связанного водорода в диффузионно-подвижный сильно затруднен, так как процесс диссоциации молекул  $H_2$  на атомы требует большой затраты энергии.

К снижению содержания в металле водорода приводит его окисленность металла. Поэтому хорошо раскисленный металл весьма чувствительным к газообразному водороду, что

требует использования более сильных мер защиты, введение фторидов, прокатки сварочных материалов и т.д.

При высоких температурах в присутствии кислорода частично образуются и окислы азота. В Fe (и железных сплавах) азот растворяется и образует химические соединения — нитриды ( $Fe_2N$  и  $Fe_4N$ ) Нитриды - соединения металлов и других элементов непосредственно с азотом. Азот, составляющий основную часть воздуха, всегда в какой-то степени участвует в процессах сварки металлов плавлением, и так как его присутствие легко определяется спектральным анализом, то по содержанию азота в наплавленном металле можно судить о степени защиты зоны сварки от окружающей воздушной атмосферы.

Семейство d-металлов (железо, кобальт, никель и другие) образует с азотом многочисленные соединения; d-металлы, не имеющие на подуровне d парных электронов, дают очень устойчивые соединения с высокой температурой плавления и большой твердостью. Такие металлы, как железо, кобальт, никель, образуют малоустойчивые нитриды, разлагающиеся при высоких температурах, но обладающие также повышенной твердостью в кристаллическом состоянии. Образование нитридов железа при сварке низкоуглеродистых конструкционных сталей приводит к выпадению кристаллов  $Fe_3N$  (температура плавления 900 К) при кристаллизации или при распаде твердых растворов. В результате наплавленный металл теряет пластичность, а сварное соединение становится склонным к образованию горячих и холодных трещин.

При постоянной температуре растворимость азота в жидких металлах определяется соотношениями:

$$[\%N] = K_1 p_N; [\%N_2] = K_2 p_{N_2} . \quad (4)$$

где  $K_1$  и  $K_2$  коэффициенты, зависящие от температуры;

$p_1$  и  $p_2$  — парциальные давления атомарного и молекулярного азота.

Растворимость азота ступенчато уменьшается при переходе железа из жидкого состояния в твердое; нитриды при этих температурах не образуются и газ стремится выйти из раствора в виде газовой фазы, что приводит к образованию пор в определенных условиях.

#### Список использованных источников

1. Ermatov Z., Dunyashin N., Yusupov B., Saidakhmatov S., Abdurakhmonov M. Modelling the chemical composition process concerning formation of metals from manual arc surface on the basis of the electrode coating charge components classification// International Journal Of Mechatronics and Applied Mechanics – Romania, 2022. – № 12 – pp. 170 – 176
2. Походня И. К., Явдошин И. Р., Пальцевич А. П. и др. Металлургия дуговой сварки. Взаимодействие металла с газами. - Киев: Наукова думка, 2004. - 441 с.
3. Дунышин Н.С. Разработка многокомпонентного покрытия электродов для ручной дуговой сварки низкоуглеродистых и низколегированных сталей. Монография – Т.: Fan va texnologiya, 2019 – 160с.
4. Dunyashin N.S., Galperin L.V., Ermatov Z.D. On the development of a physical simulation of the cast metal weld chemical composition formation during manual arc welding on the basis of the electrode coating mixture components classification//Austria. European Sciences review. Scientific journal, 2019. - № 1 - 2 (January–February). – pp. 56 – 58