



ВЛИЯНИЕ ТИТАНА НА ТРЕЩИНОСТОЙКОСТЬ УГЛЕРОДИСТОГО НАПЛАВЛЕННОГО МЕТАЛЛА

А. П. ЖУДРА, С. Ю. КРИВЧИКОВ, кандидаты техн. наук, В. В. ПЕТРОВ, инж.
(Ин-т электросварки им. Е. О. Патона НАН Украины)

Приведены результаты экспериментальных исследований влияния легирования титаном (до 1 мас. %) на трещиностойкость, структуру и твердость низколегированного углеродистого металла, наплавленного самозащитной порошковой проволокой. Установлено, что увеличение содержания титана сопровождается ростом сплошности и разветвленности карбидно-цементитной фазы в наплавленном металле и повышением его стойкости против образования микротрещин.

Ключевые слова: наплавка, самозащитная порошковая проволока, углеродистый наплавленный металл, трещиностойкость, микроструктура, легирование титаном, твердость, микротвердость

В ИЭС им. Е. О. Патона разработана и широко применяется в настоящее время самозащитная порошковая проволока ПП-АН160, предназначенная для восстановления изношенных деталей из серого и высокопрочного чугуна (коленчатые валы двигателей внутреннего сгорания, посадочные места валов, корпусные детали и др.) [1]. При наплавке металла без предварительного и сопутствующего подогрева, когда скорость охлаждения наплавленного металла в интервале температур возможного образования «холодных» микро- и макротрещин (450...250 °С) может достигать 12...14 °С/с [2], его трещиностойкость существенно уменьшается.

Цель настоящей работы — экспериментальная оценка влияния малого содержания титана на трещиностойкость углеродистого наплавленного металла, полученного наплавкой самозащитной порошковой проволокой ПП-АН160.

Для проведения исследований изготовлены порошковые проволоки диаметром 1,8 мм, в которых содержание титана в сердечнике изменяли дискретно за счет массовой доли ферротитана ФТн70С08 (ГОСТ 4761–91). Постоянные значения коэффициента заполнения порошковых проволок при увеличении содержания ферротитана обеспечивали путем соответствующего снижения массовой доли железного порошка.

Многослойную наплавку валиков осуществляли на стальные пластины без предварительного подогрева на режиме: $I_{св} = 170...180$ А; $U_d = 19...21$ В; $v_n = 14$ м/ч; ток постоянный; полярность обратная. Наплавку каждого последующего валика выполняли после полного остывания предыдущего. Исследуемые наплавленные образцы в

третьем слое имели следующий химический состав, мас. %: 2,2...2,4 С; 0,7...0,8 Мn; 1,6...1,8 Si; 0,2...0,3 Cr; 0,07...0,14 горючего элемента; 0,2...0,3 Al и 0,03, 0,08, 0,17, 0,34 и 0,72 Ti. Для проведения металлографического анализа и получения сопоставимых результатов образцы наплавленного металла брали на одном и том же расстоянии от места начала наплавки каждого валика, когда технологический режим наплавки считался установившимся.

Путем металлографических исследований установлено, что титан оказывает влияние на количество и морфологию микротрещин в наплавленном металле и зоне сплавления. В образцах, содержащих 0,03 % Ti (при отсутствии FeTi в порошковой проволоке), выявлены микротрещины большой протяженности и степени раскрытия. Они располагаются как в наплавленном металле, так и зоне сплавления. Причем некоторые из них переходят в зону термического влияния. С увеличением содержания титана количество, протяженность и степень раскрытия микротрещин уменьшаются. В образцах, содержащих 0,17 и 0,34 мас. % Ti, обнаружены отдельные микротрещины, расположенные непосредственно в наплавленном металле. Увеличение массовой доли титана до 0,72 % существенного влияния на трещиностойкость исследованного металла не оказывает.

Влияние титана на возникновение микротрещин в наплавленном металле, возможно, связано с изменениями его структуры. Структура металла образцов с 0,03 мас. % Ti состоит из продуктов распада аустенита (ферритно-перлитная смесь) и карбидно-цементитной фазы, которая в плоскости шлифа имеет вид разветвленной армирующей сетки. Присутствуют также участки ледебуритной эвтектики, имеющей сотовое строение, что характерно для низколегированного литейного доэвтектического чугуна. Легирование титаном в исследованных пределах существенного влияния на

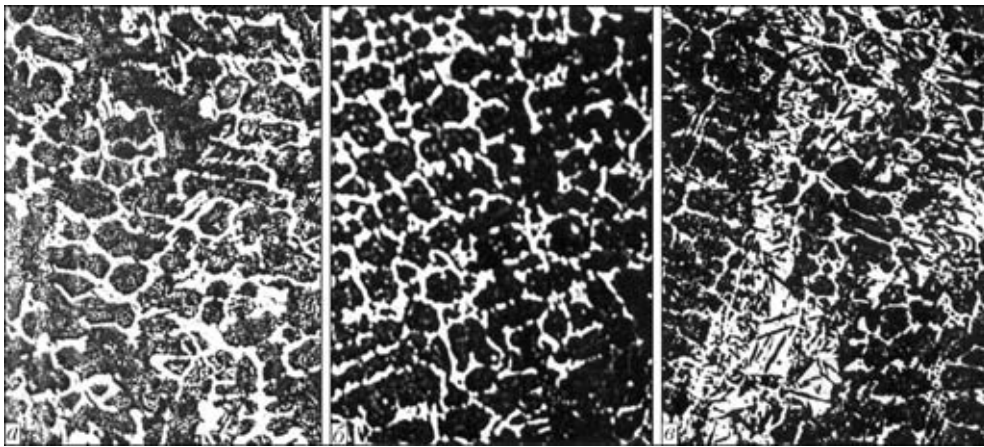


Рис. 1. Микроструктура (X320) образцов наплавленного металла с массовой долей титана 0,03 (а), 0,34 (б) и 0,72 % (е)

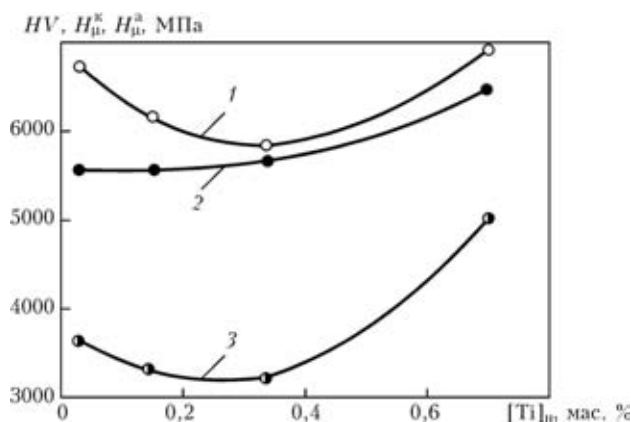


Рис. 2. Влияние титана на твердость наплавленного металла (1), микротвердость карбидно-цементитной сетки (2) и зерен твердого раствора (3)

дисперсность дендритной структуры не оказывает, но изменяет пространственное строение карбидно-цементитной сетки и фазовый состав наплавленного металла. При содержании титана 0,03 мас. % она образуется не на всех участках межзосных пространств дендритов и имеет разорванный вид (рис. 1, а). С увеличением содержания титана ее разветвленность и сплошность существенно возрастают (рис. 1, б). Увеличение массовой доли титана до 0,72 % заметного воздействия на строение карбидно-цементитной сетки не оказывает, но способствует образованию в наплавленном металле относительно больших участков мартенсита (рис. 1, в). Можно предположить, что в

результате значительного роста дисперсности армирующей карбидно-цементитной сетки, образующейся при содержании титана 0,2...0,4 мас. %, стойкость наплавленного металла против образования трещин увеличивается.

Кроме увеличения трещиностойкости, титан оказывает также влияние на твердость HV наплавленного металла и микротвердость продуктов распада аустенита H_{μ}^a , значения которых в начале снижаются, а затем начинают возрастать (рис. 2). Согласно данным работы [3], такое изменение значений H_{μ}^a и HV связано с двойственным характером поведения титана в углеродистых сплавах. При содержании титана до 0,1...0,2 мас. % происходит уменьшение содержания цементита в зернах твердого раствора, в результате чего значения H_{μ}^a и HV падают. При более высоком содержании титан ведет себя как карбидообразующий элемент и тем самым способствует увеличению твердости наплавленного металла.

1. Самозащитная порошковая проволока для наплавки высокопрочного чугуна / Б. В. Данильченко, С. Ю. Кривчиков, Г. А. Кирилук, А. П. Жудра. — Киев, 1989. — [2] с. — (Информ. письмо / АН УССР. Ин-т электросварки им. Е. О. Патона; №19 (1726)).
2. О термическом цикле при широкослойной наплавке цилиндрических деталей из чугуна / С. Ю. Кривчиков, А. П. Жудра, В. В. Петров и др. // Автомат. сварка. — 1998. — № 4. — С. 49–50.
3. Справочник по машиностроительным материалам: В 5 т. — Т. 4: Чугун / Под ред. Г. И. Погодина-Алексеева. — М.: Машгиз, 1959. — 359 с.

Results of experimental studies into the effect of alloying with titanium (up to 1 wt. %) on crack resistance, structure and properties of the low-alloy carbon metal deposited by using self-shielding flux-cored wire are given. It is established that increase in the titanium content is accompanied by growth of continuity and branching of the carbide-cementite phase in the deposited metal, and by increase in its resistance to microcracking.

Поступила в редакцию 19.02.2007