

Раздельный и комплексный способы легирования наплавленного металла карбидом титана при дуговой износостойкой наплавке

*А.С. Назарько<sup>1</sup>, Р.Л. Плоmodityло<sup>1</sup>*

*<sup>1</sup>Кубанский государственный технологический университет, г. Краснодар, Россия*

*Аннотация: При легировании наплавленного металла через покрытие электрода способ введения титана и углерода влияет на распределение карбида титана в структуре наплавленного металла, что и определяет износостойкость, ударную вязкость и твердость металла. Наибольшая износостойкость и твердость при достаточно высоких значениях ударной вязкости достигается введением в покрытие карбида титана.*

*Ключевые слова: структура, твердость, износостойкость, карбид титана, наплавка.*

Наличие в структуре наплавленного слоя карбидов тугоплавких металлов (TiC, NbC, VC, WC, MoC) повышает твердость и износостойкость металла, работающего в условиях ударно-абразивного или гидроабразивного изнашивания. Образование карбидной фазы в наплавленном слое возможно различными способами. При раздельном легировании карбидообразующими элементами и углеродом наплавленного металла конечная его структура определяется концентрационными, теплофизическими и временными условиями в зоне плавления и кристаллизации металла сварочной ванны.

Перераспределение легирующих элементов между карбидной фазой и матрицей сплава зависит от многих факторов, регулировать которые сложно, а иногда невозможно. Важное значение при этом имеет количество и распределение твердых карбидных включений в матрице сплава, их форма и размеры. Однако при раздельном способе легирования увеличение содержания карбидообразующих элементов приводит к их перераспределению между матрицей сплава и высокотвердой фазой, что способствует охрупчиванию матрицы и снижению износостойкости сплава.

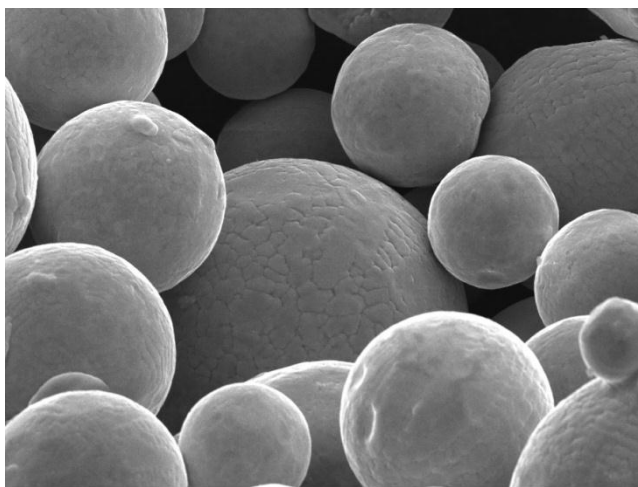
Карбидная фаза распределяется преимущественно по границам зерен закристаллизовавшегося металла, что также может привести к охрупчиванию и снижению ударной вязкости сплава. Кроме того, при данном способе легирования применение карбидообразующих элементов, имеющих высокое сродство к кислороду (например, титана), приводит к недопустимым потерям легирующих элементов вследствие их интенсивного окисления.

При комплексном способе легирования [1], когда в покрытие электродов вводят готовые карбидные соединения, возможно получение структуры наплавленного металла с упрочняющей карбидной фазой, расположенной непосредственно в теле зерна. Подобная структура наплавленного металла должна обеспечивать высокую износостойкость и твердость сплава при сохранении на

достаточно высоком уровне его ударной вязкости. Легирование готовыми соединениями позволяет значительно упростить регулирование структуры матрицы сплава, так как при этом перераспределении легирующих элементов между высокотвердой фазой и матрицей замедляется.

Из широко применяемых для легирования карбидов тугоплавких металлов наиболее высокой температурой плавления и твердостью обладает карбид титана [2], что обеспечивает дополнительную высокую износостойкость и твердость сплава.

При комплексном способе легирования в покрытие электродов вводили карбид титана, частицы которого были покрыты оболочкой железа. Подобный композиционный материал «рис. 1» был получен методом самораспространяющегося высокотемпературного синтеза. Анализ этих данных показывает, что композиционный материал представляет собой конгломерат из относительно мелких частиц карбида титана размерами 20 – 30 мкм сцементированных практически чистым железом. Толщина железных прослоек в среднем 2 – 3 мкм. Каждая частица размолотого продукта состоит из почти двух десятков монокарбидов титана с железной связкой. Защитная оболочка предохраняет карбид титана при наплавке от непосредственного воздействия высоких температур сварочной дуги, способствует наиболее полному переходу карбида титана из покрытия электрода в наплавленный металл.



«Рисунок 1 – Порошок композиционного материала (TiC+Fe). X800»

При проведении исследований использовали электроды фтористокальциевого типа. Электродный стержень изготавливали из проволоки Св-08. Легирование наплавленного металла осуществляли через покрытие, причем суммарное содержание каждого легирующего элемента в покрытии было одинаковым для всех экспериментальных партий электродов.

Для получения карбидной фазы в наплавленном металле в покрытие электродов соответственно вводили ферротитан и углерод (в виде графита), причем титан и углерод при отдельном способе легирования, а карбид титана – при комплексном.

Свойства наплавленного металла оценивали по коэффициенту относительной износостойкости, уровню ударной вязкости и твердости. Коэффициент относительной износостойкости определяли путем испытания образцов на абразивное изнашивание, ударную вязкость.

Результаты экспериментов приведены в «табл. 1». При легировании раздельным способом (партии 1 и 2) были получены высокая твердость (50 HRC) и ударная вязкость (10 – 12 Дж/см<sup>2</sup>) наплавленного металла, но при этом коэффициент относительной износостойкости не высок – 2,0. Недостаточную сопротивляемость изнашиванию можно объяснить низким переходом основных карбидообразующих элементов (титана и углерода) из покрытия в наплавленный металл. Содержание углерода и титана в наплавленном металле таково, что количество образующейся карбидной фазы не приводит к повышению износостойкости сплава.

При комплексном легировании готовым соединением TiC, частицы которого покрыты защитной оболочкой из железа, значительный переход карбидообразующих элементов из покрытия в наплавленный металл обеспечивает большое повышение износостойкости и твердости сплава по сравнению с раздельным способом легирования, при этом ударная вязкость сплава увеличивается в 3 раза.

«Таблица 1»

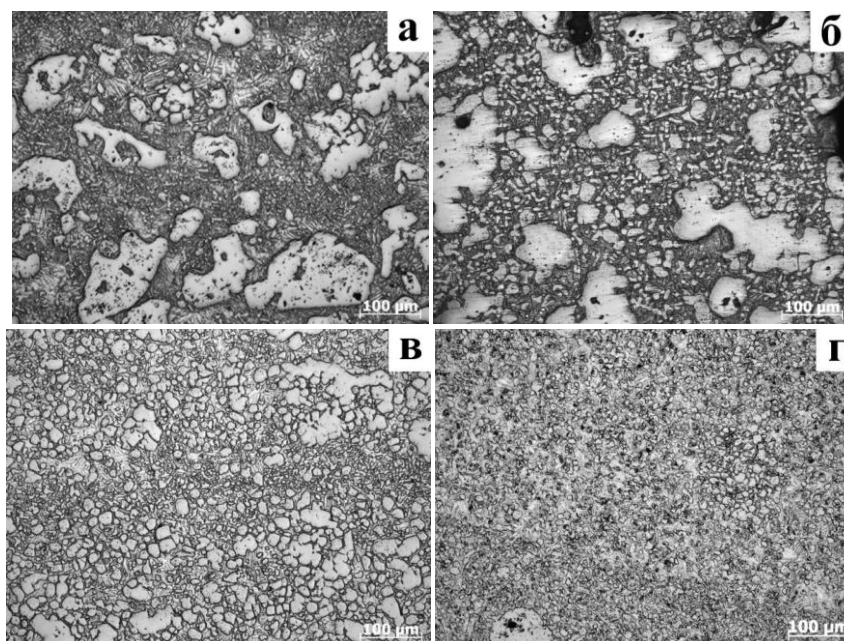
Результаты экспериментов

Номер экспериментальной партии	Способ легирования	Содержание элементов в наплавленном металле, %		Содержание карбидной фазы, % (расчетные данные)	Коэффициент перехода элемента из покрытия в наплавленный металл		Коэффициент относительной износостойкости	Ударная вязкость, Дж/см <sup>2</sup>	Твердость, HRC
		C	Ti		C	Ti			
1	Раздельный (ферро-титан+графит)	1,13	4,14	5,18	0,43	0,57	2,18	12,25	50...52
2	То же (титан+графит)	1,11	4,04	5,05	0,42	0,55	2,09	9,8	48...50
3	Комплексный (карбид титана+железная связка)	2,10	6,76	8,45	0,81	0,9	6,46	5,88	60...62

Распределение карбидной фазы и микроструктуру наплавленного металла изучали на шлифах, изготовленных из наплавленного металла, выполненного в 3 – 5 слоев на пластине из стали Ст3 «рис. 2». Видно, что способ введения карбида титана в наплавленный металл влияет на размеры, форму и количество карбидной фазы.

При раздельном легировании в структуре сплава наблюдаются мелкие коагулированные карбидные включения, расположенные по всему сечению шлифа «рис. 2, г». Комплексный способ легирования дает возможность получить в структуре металла, наряду с мелкими карбидными включениями, более крупные с четко выраженными гранями «рис. 2, в», и их значительно больше, чем при легировании раздельным способом. Большое количество карбидных включений в сплаве при комплексном способе легирования объясняется большим переходом титана и углерода из покрытия электрода в наплавленный металл, чем при раздельном способе «табл. 1».

При раздельном и комплексном способах легирования структура наплавленного металла представляет собой бесструктурный мартенсит и остаточный аустенит с равномерно распределенной карбидной фазой. При раздельном способе легирования карбиды титана в виде эвтектики сосредотачиваются по границам зерен «рис. 2, а», а при комплексном располагаются непосредственно в теле зерна «рис. 2, б». Кроме того, в последнем случае наблюдается некоторое уменьшение содержания остаточного аустенита и измельчение зерен наплавленного металла. Это вызвано тем, что в процессе наплавки термодинамически устойчивые соединения карбида титана не успевают полностью диссоциировать в высокотемпературной области сварочной дуги и попадают в расплавленную ванну жидкого металла холодными, являясь дополнительными центрами кристаллизации, что и приводит к измельчению зерна. Более полному переходу карбида титана в наплавленный металл способствует и защитная оболочка из железа, которая в первую очередь подвергается плавлению под воздействием высоких температур сварочной дуги, предохраняя тем самым карбид титана от диссоциации.



«Рисунок 2 – Распределение карбидной фазы и микроструктура наплавленного металла, легированного раздельным способом (а, г – ферротитан и углерод) и компонентным способом готовым карбидом титана (б, в). X500»

Структура наплавленного металла при комплексном способе легирования готовым соединением карбида титана обеспечивает высокую износостойкость и твердость сплава по сравнению с отдельным способом введения карбида титана.

#### **Библиографический список**

1. Петров Г.Л., Соловьева Л.И., Красавчиков В.А. Влияние способа введения карбида ванадия на структуру и свойства наплавленного металла//Сварочное производство. 1977. №4. с. 9 – 11.

2. Гольдшмидт Х. Дж. Сплавы внедрения/Пер. с англ. М.:Мир, 1971. Вып. 1. 138 с.

3. Е.Н. Коростелева, Г.А. Прибытков, М.Г. Криницын. Структура и свойства порошковых катодных материалов из титана – система карбида титана. Инновационные технологии и экономика в машиностроении. Национальный Исследовательский Томский Политехнический Университет. Томск, 2014. – с. 273-276.

4. Г.А. Прибытков, М.Н. Храмогин, В.Г. Дураков, В.В. Коржова. Покрытия, полученные методом электронно-лучевой наплавки композиционных материалов, состоящих из карбида титана и связующего из быстрорежущей стали Р6М5. Сварка международная. – Том. 22. – Вып.7. – Июль 2008 года. – с. 465-467.