

ИЗМЕЛЬЧЕНИЕ МИКРОСТРУКТУРЫ НАПЛАВЛЕННОГО МЕТАЛЛА ПУТЕМ ВВЕДЕНИЯ В ЗОНУ СВАРКИ НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ-МОДИФИКАТОРОВ

*М.А. КУЗНЕЦОВ, аспирант
(ЮТИ ТПУ, г. Юрга)*

Статья поступила 2 сентября 2012 года

Кузнецов М.А. – 652055, Кемеровская обл., г. Юрга, ул. Ленинградская, 26,
Юргинский технологический институт (филиал) Национального
исследовательского Томского политехнического университета,
e-mail: kyznechik_85@mail.ru

Приведены результаты экспериментальных исследований влияния введенных в сварочную ванну наноструктурированных элементов-модификаторов на микроструктуру наплавленного металла при дуговой сварке плавящимся электродом в среде защитных газов. Показано, что при введении данных порошков уменьшается размер дендрита, образуется наиболее равновесная микроструктура.

Ключевые слова: наноструктурированные элементы-модификаторы, микроструктура наплавленного металла, дуговая сварка плавящимся электродом в среде защитных газов.

Введение

В настоящее время элементы-модификаторы нашли широкое применение в металлургическом производстве. Эти элементы служат для изменения структуры и свойств обработанного им металла или сплава.

Основную роль при формировании сварного соединения играют металлургические процессы, протекающие в расплавленном металле сварочной ванны. Поэтому становится актуальным вопрос о применении модификаторов в сварочном производстве в целях управления структурой и свойствами наплавленного металла.

Цель данной работы – разработка технологических основ применения наноструктурированных материалов в качестве модифицирующих добавок, позволяющих управлять процессом кристаллизации, прогнозировать структуру и получать сварные соединения с заданными свойствами.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи.

1. Проанализировать существующие методы управления структурой и свойствами сварных соединений нанопорошками.

2. Установить влияние наноструктурированных порошков на структуру металла шва при дуговой сварке плавящимся электродом в среде защитных газов.

3. Добиться уменьшения размера зерна металла шва при дуговой сварке плавящимся электродом в среде защитных газов.

4. Получить более однородную микроструктуру наплавленного металла при дуговой сварке плавящимся электродом в среде защитных газов.

Методика проведения исследований

Для достижения первой задачи был проведен литературный анализ, который показал, что в настоящее время такой прием используется для измельчения структурных составляющих наплавленного металла. Это достигается введением в сварочные материалы или непосредственно в сварочную ванну нанодисперсных металлических и неметаллических порошковых модификаторов. Размер зерен наплавленного металла при этом уменьшается, что приводит к изменению механических свойств сварного соединения в целом [1–4].

Для достижения второй задачи было разработано устройство, через которое осуществлялось введение наноструктурированных элементов-модификаторов в сварочную ванну. Устройство предназначено для получения смеси Ag с нанопорошком. Оно осуществляет регулирование концентрации частиц нанопорошков в объеме защитного газа, подающегося в зону горения дуги. В устройстве смесь образуется за счет инжектирования нанопорошка защитным газом.

Для достижения третьей и четвертой задач была произведена наплавка образцов, изготовленных из стали 12X18H10T, в среде аргона проволокой 12X18H9T диаметром 1,2 мм с использованием описанного устройства. В качестве элементов-модификаторов использовали нанопорошки оксида Al и вольфрама (W), изготовленные в Институте физики высоких технологий национально-исследовательского Томского политехнического университета. Порошки получены по электровзрывной технологии, которая разработана и реализована в указанном Институте. Образцы наплавлялись по трем различным вариантам: № 1 – наплавка в среде аргона проволокой сплошного сечения; № 3 – наплавка в среде аргона проволокой сплошного сечения с добавлением W в защитный газ; № 5 – наплавка в среде аргона проволокой сплошного сечения с добавлением Al_2O_3 в защитный газ. Режимы сварки для всех вариантов одинаковы.

На каждом образце для исследования микроструктуры были изготовлены поперечные шлифы. При изготовлении шлифов использовались механическая шлифовка, механическая полировка на алмазной пасте АСМ 10/7 НВЛ и химическое травление в концентрированной «царской водке» (75 % HCl + 25 % HNO₃). Исследование проводилось методом оптической металлогра-

фии на микроскопе Neophot-21 с записью изображений при помощи цифровой камеры Genius VileaCam.

Результаты исследования

Анализ исследования показал, что наплавленный металл можно разделить на три слоя, структура которых существенно различается. Толщина слоев для разных вариантов различна. На рис. 1 представлена схема расположения мест исследования микроструктуры швов.

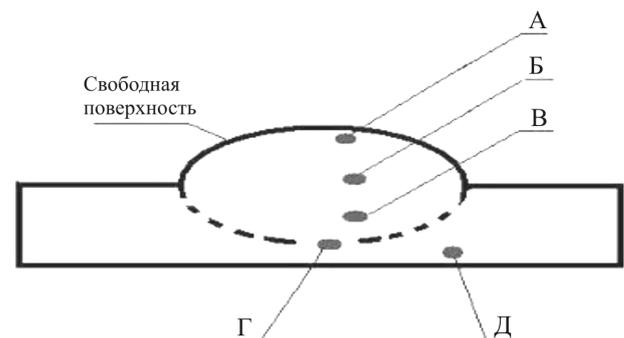


Рис. 1. Схема расположения мест исследования микроструктуры сварного шва:

А – верхний слой наплавленного металла; Б – средний слой наплавленного металла; В – нижний слой наплавленного металла; Г – участок перехода от наплавленного металла к основному; Д – основной металл

Обсуждение результатов

На рис. 1 точка Г соответствует структуре участка перехода от наплавленного металла к зоне термического влияния и далее к основному металлу (рис. 2).

Зона термического влияния во всех образцах четко не выявляется, но имеет одинаковую ширину. На границе сплавления происходит плавный переход от дендритной структуры напла-

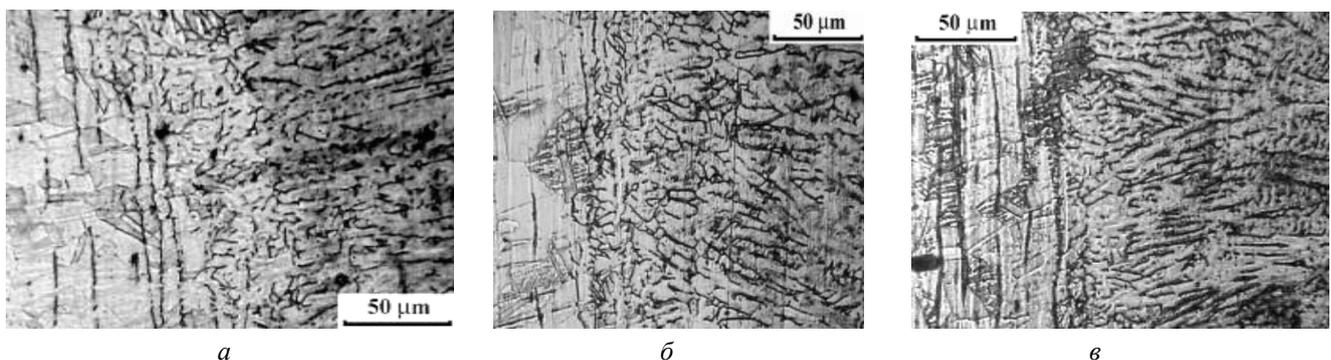


Рис. 2. Структура границы сплавления и зоны термического влияния:

а – образец № 1; б – образец № 3; в – образец № 5

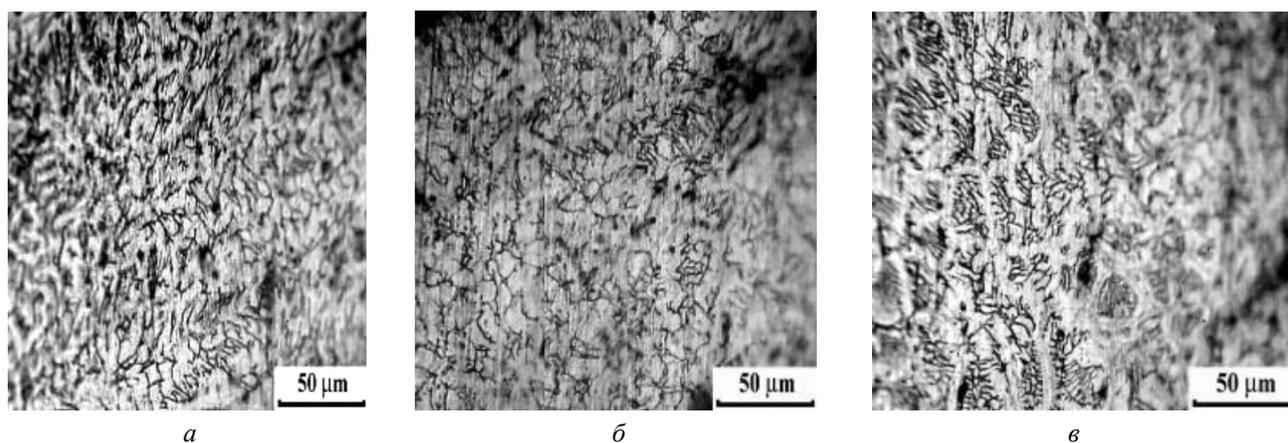


Рис. 3. Микроструктура слоя полиэдрических зерен:

a – образец № 1; *б* – образец № 3; *в* – образец № 5

ленного металла к полиэдрической зеренной структуре зоны термического влияния.

Точки А, Б и В, рис. 1, соответствуют характерным структурам отмеченных выше слоев наплавленного металла. Первый непосредственно примыкающий к свободной поверхности слой можно характеризовать как слой с полиэдрической зеренной структурой. В этом слое наряду с хаотически расположенными (неориентированными) дендритами наблюдаются полиэдрические зерна аустенита. Этот слой слабо выражен в образце № 1 (рис. 3, *a*). Толщина его составляет 15 % от общей толщины наплавленного металла.

Наиболее ярко «зеренный» слой выражен в образце № 3 (рис. 3 *б*). Здесь хорошо видны зерна полиэдрической морфологии, которые чередуются с островками коротких неориентированных дендритов. Толщина рассматриваемого слоя составляет более 30 % общей тол-

щины наплавленного металла. В образце № 5 (рис. 3, *в*) полиэдрическая зеренная структура также наблюдается достаточно четко. Однако особенностью является то, что в зернах располагаются короткие и сильно разветвленные дендриты. Толщина слоя составляет 20 % от общей.

Основной микроструктурной составляющей следующего слоя являются сравнительно короткие, сильно разветвленные и не имеющие преимущественной ориентации дендриты. Этот слой опять слабо выражен в образце № 1 (рис. 4, *a*). Здесь его толщина составляет 28 % от общей. Такая же толщина данного слоя и в образце № 3 (рис. 4, *б*), но она в процентном отношении меньше – 26 %. Наиболее ярко слой неориентированных дендритов выражен в образце № 5 (рис. 4, *в*). При этом если в образцах № 1 и 3 дендриты образуют практически непрерывную сетку, то в образце № 5 наблюдаются

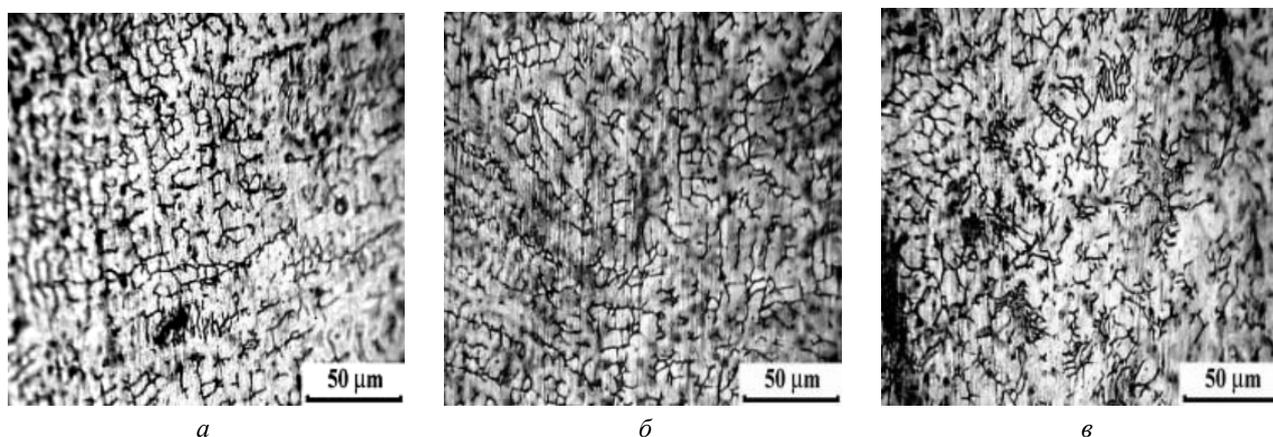


Рис. 4. Микроструктура слоя неориентированных дендритов:

a – образец № 1; *б* – образец № 3; *в* – образец № 5

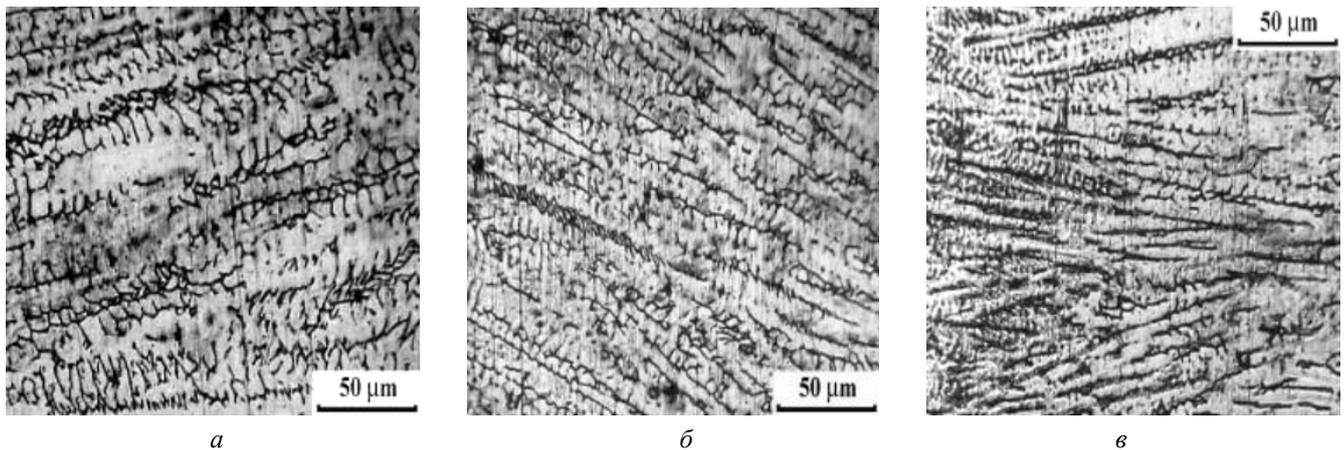


Рис. 5. Микроструктура слоя ориентированных дендритов:

a – образец № 1; *б* – образец № 3; *в* – образец № 5.

островки свободной поверхности, где в то же время выделить границы зерен не удастся. Толщина слоя неориентированных дендритов в образце № 5 составляет 32 % от общей. Этот слой плавно переходит в следующий слой ориентированных дендритов.

Ориентация длинных осей дендритов в рассматриваемом слое (рис. 5) нормальна к границе сплавления – вдоль направления теплового потока в основной металл. Слой ориентированных дендритов в образце № 1 составляет 57 %, в об-

разце № 3 – 43 %, в образце № 5 – 45 % от общей толщины. Непосредственно перед границей сплавления строгая ориентация длинных осей дендритов снова нарушается и образуется еще один тонкий слой неориентированных дендритов толщиной около 20 мкм (см. рис. 2).

Наиболее разветвленные и толстые дендриты наблюдаются в образце № 1 (рис. 5, *a*). Наиболее тонкие и слабозветвленные дендриты наблюдаются в образце № 5 (рис. 5, *в*). Средний размер дендритов представлен на рис. 6.

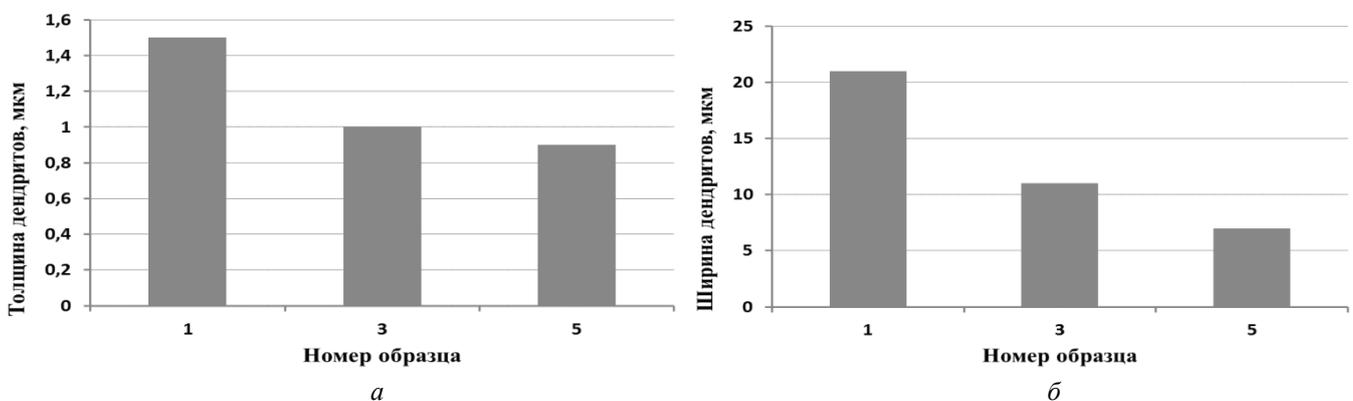


Рис. 6. Средний размер дендритов:

a – толщина дендритов; *б* – ширина дендритов

Выводы

1. Анализ существующих методов показал, что возможно модифицированием наноструктурированными порошками влиять на состав, свойства и структуру сварных соединений.

2. Микроструктура наплавленного металла изменяется, что доказывает влияние наноструктурированных элементов-модификаторов.

3. Размер зерна металла шва уменьшается (по толщине на 33 %, по ширине на 42 %);

4. Происходит образование однородной микроструктуры $\Delta l = 8$ мкм (Δl – разность между самым большим и самым маленьким дендритом).



Список литературы

1. Соколов Г.Н., Трошков А.С., Лысак И.В., Самохин А.В., Благовещенский Ю.В., Алексеев А.Н., Цветков Ю.В. Влияние нанодисперстных карбидов WС и никеля на структуру и свойства наплавленного металла // Сварка и диагностика. – 2011. – № 3. Материаловедение. – С. 36–38.

2. Соколов Г.Н., Лысак И.В., Трошков А.С., Зорин И.В., Горемыкина С.С., Самохин А.В., Алексеев А.Н., Цветков Ю.В. Модифицирование структуры наплавленного металла нанодисперсными

карбидами вольфрама // Физика и химия обработки материалов. – 2009. – № 6. – С. 41–47.

3. Паршин С.Г. MIG-сварка стали с применением наноструктурированных электродных материалов // Сварочное производство. – 2011. – № 10. – С. 27–31.

4. Еремин Е.Н. Применение наночастиц тугоплавких соединений для повышения качества сварных соединений из жаропрочных сплавов // Омский научный вестник. – 2009. – № 3. – С. 63–67.

Grinding weld metal microstructure by introducing into the fusion zone of nanostructures elements modifiers

M.A. Kuznetsov

This paper presents the results of experimental studies of the effect introduced into the molten pool of nanostructures elements of modifier on the microstructure of weld metal arc welding consumable electrode shielding gas. It is shown that the introduction of these powders decreases the size of the dendrite, formed the most equilibrium microstructure.

Key words: nano-structured elements of the modifier, the microstructure of the deposited metal, arc welding consumable electrode shielding gas.