

УДК 621.791

СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ К РАЗРАБОТКЕ ПОРОШКОВЫХ ПРОВОЛОК ДЛЯ МОДИФИЦИРОВАНИЯ И АРМИРОВАНИЯ НАПЛАВЛЕННОГО МЕТАЛЛА

Н. В. КОБЕРНИК

Научно-учебный центр «Сварка и контроль» при МГТУ им. Н. Э. Баумана
Москва, Россия

UDC 621.791

MODERN APPROACHES TO THE DEVELOPMENT OF FLUX-CORRECT WIRES FOR MODIFICATION AND REINFORCEMENT OF WELDED METAL

N. V. KOBERNIK

Аннотация. Показаны подходы к модифицированию, комплексному легированию и армированию металла тугоплавкими частицами карбидов. Рассматриваемые частицы вносили в наплавленный металл при помощи разработанных порошковых проволок. Установлено, что введение частиц карбида титана как в сварной шов, так и в наплавленный металл системы Fe–Cr–C благоприятно влияет на структуру и функциональные свойства.

Ключевые слова: сварка, наплавка, порошковые проволоки, карбиды.

Abstract. Approaches to the modification, complex alloying and reinforcement of metal with refractory carbide particles are shown. The considered particles were introduced into the deposited metal using the developed flux-cored wires. It has been repaired that the introduction of titanium carbide particles both into the weld and into the deposited metal of the Fe–Cr–C system favorably affects the structure and functional properties.

Keywords: welding, surfacing, flux-cored wires, carbides.

В сварочном производстве большое внимание уделяется формированию структуры наплавленного металла как функциональных покрытий, так и сварных швов. Одним из важнейших направлений является формирование тугоплавких соединений карбидов, оксидов, интерметаллидов и т. д. в структуре наплавленного металла, которые могут формироваться с помощью отдельного или комплексного легирования. В случае отдельного легирования наплавленный металл легируют химическими элементами в таком количестве, чтобы обеспечить формирование тугоплавких соединений в наплавленном металле. При комплексном легировании в наплавленный металл вводят готовые тугоплавкие соединения.

В зависимости от размера сформированных частиц карбидов могут реализовываться различные механизмы воздействия на структуру и свойства

наплавленного металла. Так, при размере вводимых частиц, находящихся в ультрадисперсном диапазоне, реализуется процесс модифицирования металлов и сплавов, где тугоплавкие частицы выступают в роли центров кристаллизации. Увеличение размеров частиц до микронного и даже миллиметрового диапазона приводит к армированию металлов и сплавов. Хорошо известен подход, при котором в наплавленный металл вводят тугоплавкие частицы миллиметрового диапазона для получения покрытий, стойких к абразивному износу.

В работе рассмотрены вопросы комплексного легирования наплавленного металла через шихту порошковой проволоки при выполнении сварки и наплавки.

Известно, что при комплексном легировании наплавленного металла основными проблемами являются термодинамическая и кинетическая совместимость тугоплавких соединений с матрицей. Поэтому для сохранения тугоплавких частиц и повышения доли их перехода в наплавленный металл необходимо снизить их перегрев и ограничить их время пребывания при высоких температурах. Для достижения указанной цели предложено вводить тугоплавкие частицы в составе присадочного материала, при этом снижается время контакта частиц с высокотемпературной дугой, а при введении присадочной проволоки в хвостовую часть сварочной ванны и вовсе его предотвратить.

В работе предложено модифицирование металла шва сварных соединений из низкоуглеродистых сталей ультрадисперсными частицами карбида вольфрама, оксида алюминия, нитрида титана и карбида титана.

Исследование процесса модифицирования металла шва изучали при сварке под флюсом с подачей присадочной порошковой проволоки, в шихту которой вводили 2,5 масс. % композиционных гранул. Композиционные гранулы получали при совместной обработке порошка железа или никеля с ультрадисперсными частицами (карбида вольфрама, оксида алюминия, нитрида титана и карбида титана) в планетарной мельнице в контролируемой атмосфере. Присадочную порошковую проволоку подавали в хвостовую часть сварочной ванны и дополнительно подогревали проходящим током для стабильности процесса. Применение присадочной порошковой проволоки позволяет уменьшить размеры первичной структуры металла шва. При этом проявляется влияние как дополнительного охлаждения сварочной ванны присадочной проволокой, так и влияние непосредственно ультрадисперсных частиц. В случае применения порошковой проволоки наблюдаются существенные изменения размеров структуры металла шва как при использовании композиционных гранул на базе порошка никеля, так и на базе порошка железа. В данном случае следует выделить порошковые проволоки, в состав которых введены частицы карбида вольфрама и карбида титана.

Их применение позволяет снизить ширину столбчатых кристаллов в 2 раза.

Анализ результатов испытаний на ударный изгиб при температуре минус 20 °С в сочетании с фрактографическим анализом сварных швов, выполненных с применением присадочной порошковой проволоки, показали, что использование проволоки с карбидом вольфрама практически на порядок снижают разброс значений ударной вязкости без существенного изменения среднего ее значения. Особое внимание стоит обратить на частицы карбида титана, которые приводят к повышению среднего значения ударной вязкости практически на 50 % как при использовании композиционных гранул на основе порошка никеля, так и на основе порошка железа. Карбид титана остается стабильным при условии его введения в хвостовую часть сварочной ванны, в составе которой присутствует углерод, а также выступает в роли центра кристаллизации с последующим снижением размера первичной структуры и повышения ударной вязкости.

Также в работе рассмотрен вопрос армирования наплавленного металла системы Fe–Cr–C частицами карбида титана. Карбид титана вводили в состав шихты присадочной порошковой проволоки. Показано, что при введении карбида титана в составе порошковой проволоки наблюдается частичное растворение карбида титана с последующим его выпадением в составе эвтектики размером 3...5 мкм. Мелкие карбиды титана характеризуются равномерным распределением по объему наплавленного металла, тогда как крупные карбиды концентрируются в верхней части наплавленного металла.