

УДК 621.762

УЛУЧШЕНИЕ СТРУКТУРЫ СВАРНЫХ ШВОВ С ПОМОЩЬЮ МОДИФИЦИРУЮЩИХ ПОКРЫТИЙ ЭЛЕКТРОДОВ

Ф. Г. ЛОВШЕНКО, А. И. ХАБИБУЛЛИН

Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Могилев, Беларусь

Механические свойства сварного соединения зависят от его структуры, которая определяется химическим составом материалов, режимами сварки, предыдущей и последующей термической обработкой. Зона сплавления (неполного расплавления), как правило, является слабым местом сварного соединения, в ряде случаев, снижающим работоспособность конструкции. Для него характерна пониженная прочность и пластичность, что вызвано термически активированными структурными и фазовыми превращениями, включающими и рост зерен, имеющими место при сварке и последующем охлаждении. Поэтому структура участка сплавления оказывает большое влияние на свойства и работоспособность сварного соединения.

Сварной шов обычно имеет столбчатое (дендритное) крупнозернистое строение, характерное для литой стали, что обусловлено направленной кристаллизацией расплавленного металла сварочной ванны в результате интенсивного теплоотвода в основной металл, а также достаточно медленным охлаждением кристаллизующегося материала. Образование крупнозернистой дендритной структуры негативно влияет на свойства сварного соединения. К эффективным способам воздействия на эти характеристики относятся: увеличение скорости охлаждения шва, термическая обработка, модифицирование тугоплавкими соединениями, наложение ультразвуковых колебаний на кристаллизующийся металл. Повышенные скорости охлаждения металла шва способствуют измельчению его структуры и увеличению прочности, однако, при этом снижаются пластические свойства и ударная вязкость, что объясняется изменением количества и строения перлитной фазы.

Перспективным способом повышения механических свойств металла шва является реализация механизма дисперсного упрочнения, заключающегося в образовании термодинамически стабильных дисперсных частиц. Однако, в этом случае снижаются пластические характеристики металла шва.

Целью настоящего исследования является разработка способа получения сварочных материалов (покрытые электроды, порошковые проволоки, флюсы, пасты), дополнительно содержащих компоненты, измельчающие в процессе кристаллизации структуру шва и увеличивающие его вязкость и прочность.

Достижение цели обеспечивается введением в состав сварочных материалов (покрытия электродов) в количестве до 5 % лигатуры, представляющей собой субмикроструктурную порошковую композицию с размером частиц 20–40 мкм, содержащую равномерно распределенные наноразмерные включения тугоплавких соединений (оксидов, нитридов, карбидов и т.д.), выполняющих роль модификаторов первого рода.

Технология производства лигатуры включает основные этапы: проектирование исходного состава смеси; обработка шихты в механореакторе и получение механически легированной композиции; отжиг (термическая активация) композиции; «размол» спёка и сепарация продукта размола. Включения наноразмерных тугоплавких соединений образуются в результате механически и термически активируемого взаимодействия между компонентами композиции, имеющего место при механическом легировании и отжиге.

Как показали результаты исследования микроструктуры сварного шва, полученного при сварке стандартным электродом марки МР-3, он имеет классическое строение. Для него характерна типичная крупноигльчатая дендритная структура с направлением роста зерен от основного металла к центру шва. Размер одного дендрита составляет приблизительно 100 мкм в диаметре.

Структура металла шва, полученного при использовании экспериментального электрода, существенно отличается формой и размерами. Она имеет зернистую форму с размерами 5–30 мкм. Аналогичные изменения структуры наблюдаются и в наиболее ответственных участках сварного соединения, зонах сплавления, отвечающих за свойства и работоспособность сварного соединения. Кроме эффекта существенного измельчения структуры, можно отметить и исчезновение зоны столбчатых кристаллитов.

Результаты исследования показали, что использование электродов с экспериментальным покрытием, содержащим механически сплавленную композиционную лигатуру, вызывающую модифицирующий эффект, приводит к устранению транскристаллического типа структуры металла шва и уменьшению размеров зерен в 2,5–3,0 раза (с номера 8–9 до номера 11–12). Это обеспечивает снижение на 20–30 °С порога хладноломкости и увеличение на 15–25 % механических свойств металла шва. Таким образом, применение технологии, основанной на реакционном механическом легировании и обеспечивающей получение механически сплавленных модифицирующих лигатур, является эффективным способом улучшения структуры и повышения комплекса физико-механических и эксплуатационных свойств сварных соединений.