

УДК 621.762

## ПОЛУЧЕНИЕ МОДИФИЦИРУЮЩИХ ПОКРЫТИЙ ПЛАВЯЩИХСЯ ЭЛЕКТРОДОВ

А. И. ХАБИБУЛЛИН, Ф. Г. ЛОВШЕНКО

Государственное учреждение высшего профессионального образования  
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Могилев, Беларусь

Разработанная технология относится к области сварочного производства, в частности, к способу получения покрытий плавящихся электродов, используемых для сварки низкоуглеродистых и низколегированных сталей, а также наплавки слоя стали средней и повышенной твердости при восстановлении деталей из углеродистых и низколегированных сталей. Несмотря на широкое применение различных механизированных методов сварки плавлением, дуговая сварка покрытыми металлическими электродами является наиболее широко применяемой в сварочном производстве, и электроды остаются самым распространенным сварочным материалом. Известные способы получения покрытий либо не обеспечивают требуемый уровень прочности металла шва, либо не обеспечивают требуемый уровень хладостойкости, что важно для изделий, работающих при низких температурах в условиях знакопеременных динамических нагрузок.

Задачей является создание способа получения покрытия, позволяющего добиться измельчения структуры шва в процессе его кристаллизации, что приводит к техническому эффекту увеличения ударной вязкости сварного шва, при одновременном сохранении высоких прочностных свойств.

Предлагаемый способ получения шихты с наноразмерными модификаторами состоит из совокупности процессов: механического диспергирования и активации смеси порошков восстановителей (элементов, обладающих высоким сродством с кислородом, азотом) и окислителей (неустойчивых химических соединений, – поставщиков кислорода, азота и т. д.) в энергонапряженном механореакторе; предварительной термической активации полученной композиции с целью активизации процесса внутреннего окисления восстановителей и смешения полученной порошковой композиции с известными составляющими шихты.

Указанная задача достигается тем, что в способе получения покрытия в шихту обычного состава, состоящую из шлакообразующих, газообразующих, ионизирующих, раскисляющих и связующих компонентов, дополнительно, в количестве до 5 %, вводят механически легированную композицию, состоящую из термореагирующих компонентов, способных в результате механической и / или термической активации образовывать наноразмерные тугоплавкие химические соединения – центры кристаллизации, являющиеся модификаторами первой группы. В качестве

терморреагирующих компонентов используют, по крайней мере один металл, обладающий высоким сродством к кислороду и / или азоту из ряда Al, Mg, Cr, Ti, Zr, и, по крайней мере, одно из неустойчивых химических соединений из ряда оксидов, гидроксидов, карбонатов, нитридов – поставщиков кислорода и / или азота. Процесс механической активации терморреагирующих компонентов заключается в обработке в механореакторе в течение 4–6 часов. Перед введением в состав покрытия, механически легированную композицию подвергают термической активации при температуре 500–700 °С в течение 2–10 мин. Полученная порошковая композиция добавляется к известным составляющим шихты прототипа в количестве до 5,0 %.

Таким образом, в покрытие любого типа (кислосое, основное, смешанное, рутиловое) дополнительно вводятся высокодисперсные механически и термически активированные компоненты, образующие при сварке наноразмерные частицы тугоплавких химических соединений (оксидов алюминия, кремния, нитридов и пр.), выполняющих функцию модификаторов первого рода (готовых центров кристаллизации) в процессе кристаллизации металла шва.

За счет экзотермической реакции уменьшается скорость охлаждения и затвердения металла шва, способствуя выходу из него газовых и неметаллических включений, а также обеспечивается увеличение количества наплавляемого металла в единицу времени, что улучшает технологические свойства электродов, повышает производительность сварки.

Преимущества данного способа заключаются в создании технологии получения таких наноразмерных модификаторов, синтез которых должен завершаться в сварочной ванне в результате термической активации, что обеспечивает равномерное распределение образовавшихся тугоплавких соединений в металлической ванне без всплытия их на поверхность.

Результатом от использования предлагаемого технического решения является повышение всего комплекса механических свойств металла шва, а также повышение хладостойкости и сопротивляемости образованию холодных трещин без дополнительного введения никеля, при сохранении оптимального содержания компонентов в шихте.

Применение покрытия предлагаемого состава приводит к:

- 1) уменьшению размера зерен металла шва в 2,0–3,0 раза (с номера 8 до номера 12), что увеличивает механические свойства металла шва на 15–25 %;
- 2) устранению транскристаллической структуры шва;
- 3) повышению эксплуатационных свойств изделий (снижается порог хладноломкости, повышается износостойкость);
- 4) снижению затрат энергии на образование сварного шва;
- 5) повышению устойчивости процесса сварки.