

УДК 621.791

Технологические особенности нанесения антикоррозионных покрытий на оборудование атомно-энергетических установок способами наплавки лентой под флюсом

Митрофанов Владимир Михайлович

VMMitrofanov@cniitmash.com

АО «НПО «ЦНИИТМАШ», Москва, Россия

Аннотация. Приведены сравнительные характеристики двух способов ленточной наплавки под флюсом. Показано преимущество электрошлаковой наплавки лентой (ЭШН). Описан принцип магнитного управления сварочной ванной при ЭШН. Приведены результаты исследований влияния смещения ленты от зенита на свойства антикоррозионного покрытия.

Ключевые слова: электрошлаковая наплавка, магнитное поле, керамический флюс, смещение от зенита

Введение. При изготовлении корпусного оборудования с коррозионностойким покрытием применяют способы ленточной наплавки под флюсом, такие как электродуговая наплавка (ЭДН) и электрошлаковая наплавка (ЭШН) [1]. Поскольку последний способ обладает целым рядом преимуществ: от низкой доли участия основного металла в наплавленном слое до высокой производительности, — он активно внедряется для различного оборудования, в том числе в атомном машиностроении, однако имеет свои отличительные особенности.

Методы и материалы; результаты. Важную роль в реализации процесса ЭШН играет флюс. Он служит для образования шлаковой ванны, которая является источником теплоты для расплавления ленты и поверхности наплаваемого изделия. В АО «НПО «ЦНИИТМАШ» был разработан керамический флюс ФЦК-18, применяемый для ЭШН [2].

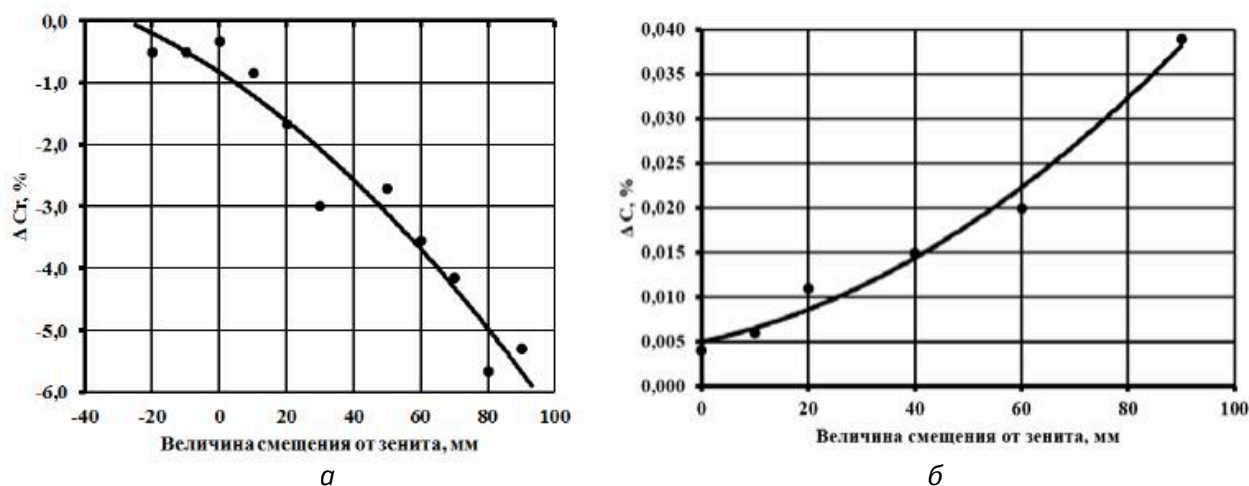
Основная проблема при ЭШН оборудования — неудовлетворительное формирование наплавленной поверхности [1, 3]. Оно связано с образованием собственного магнитного поля (СМП) значительной величины при токе наплавки свыше 1000 А. В АО «НПО «ЦНИИТМАШ» разработана физическая модель, описывающая воздействие СМП и предложена формула (1) расчета величины компенсационного внешнего магнитного поля (ВМП) [3].

$$B_k = \frac{2\pi \cdot (F_a - \sigma_{Me})}{I}, \quad (1)$$

где B_k — величина компенсирующего ВМП; σ_{Me} — коэффициент поверхностного натяжения металлической ванны; F_a — электромагнитная сила СМП; I — сила тока наплавки.

В АО «НПО «ЦНИИТМАШ» проведены исследования влияния смещения ленты от зенита на свойства ООАП при ЭШН цилиндрических изделий — тру-

бе главного циркуляционного трубопровода внутренним диаметром 860 мм [1]. Установлено, что смещение ленты от зенита при наплавке внутренних поверхностей цилиндрических изделий диаметром до 1000 мм оказывает значительное влияние на свойства антикоррозионного покрытия (см. рисунок).



Зависимость величины смещения от зенита на изменение содержания хрома (а) и углерода (б) в ООАП

Закключение. Электрошлаковая наплавка лентой под флюсом является перспективным способом нанесения антикоррозионных покрытий при изготовлении оборудования АЭУ благодаря высокой производительности, низкой доле участия и высокого качества наплавленного металла. Способ ЭШН лентой под флюсом обладает значительными перспективами как при нанесении антикоррозионных покрытий оборудования АЭУ, так и при производстве корпусного оборудования в других отраслях промышленности.

Список источников

- [1] Мастенко В.Ю., Волобуев Ю.С., Волосов Н.А., Митрофанов В.М., Симонова О.Н., Комолов В.Н. Электрошлаковая наплавка лентой под керамическим флюсом однородного однослойного антикоррозионного покрытия внутренней поверхности труб диаметром 850 и 990 мм для АЭС. *Сварочное производство*, 2019, № 11, с. 29–37.
- [2] Волобуев Ю.С., Мастенко В.Ю., Волобуев С.Ю., Потапов Н.Н., Певкин П.С. Специальный керамический флюс для антикоррозионной ленточной наплавки в электрошлаковом режиме оборудования для АЭС и нефтехимии. *Сварочное производство*, 2014, № 11, с. 6–12.
- [3] Митрофанов В.М. Исследование влияния магнитного поля на характер формирования валиков при электрошлаковой наплавке лентой под флюсом однородного однослойного антикоррозионного покрытия. Часть 1. Магнитное поле при электрошлаковой наплавке лентой. Разработка модели и расчет его величины. *Тяжелое машиностроение*, 2024, № 1–2, с. 19–25.