



Выводы

1. При сварке с комбинированным ЭМВ максимальное одновременное улучшение параметров формирования и кристаллизации швов достигается в случае, когда при $t_{II} \geq 0,02$ с силовое воздействие на расплав ванны, создаваемое поперечным УМП, направлено вверх.

2. Применение комбинированных ЭМВ позволяет полностью компенсировать характерное для сварки с электромагнитным перемешиванием уменьшение глубины проплавления без снижения эффективности воздействия на процессы кристаллизации.

Experiments were the basis to conduct comparative analysis of the effectiveness of application of an electromagnetic impact with a pulsed axial and combined magnetic field to control the parameters of weld formation and solidification.

Поступила в редакцию 02.02.2005,
в окончательном варианте 08.04.2005

УДК 621.791.04

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ТЕРМООБРАБОТКИ ПОКРЫТЫХ СВАРОЧНЫХ ЭЛЕКТРОДОВ*

М. Ф. ГНАТЕНКО, канд. техн. наук (ООО «ВЕЛМА», г. Киев)

Рассмотрены аппаратные и технологические направления совершенствования термической обработки качественных электродов с целью улучшения сушильных свойств покрытия.

Ключевые слова: сварочные материалы, покрытые электроды, сушильные свойства покрытия, направления совершенствования

Термообработка электродов является энергоемким процессом (более 80 % общего объема затрат энергии). Это заключительная и очень «капризная» стадия производства. Неправильный режим термообработки может существенно влиять на качество электродов, вспухание, образование трещин и снижение прочности покрытия.

Исходя из особенностей технологии термообработки электродов пути ее совершенствования можно разделить на две взаимосвязанные группы.

К первой, аппаратной группе относятся: выбор конструкции печи, вида нагрева, метода и способа подвода тепла, т. е. все, что связано с теплоносителем, удалением влаги, управлением режимом процесса термообработки и пр.

Вторая группа технологическая, связанная со свойствами покрытия электродов, а именно: с его сушильными свойствами, степенью связности влаги, сопротивлением структуры покрытия выведению влаги, характером изменения пластично-меха-

нических свойств покрытия при нагреве, термоусадочными свойствами и пр.

В части аппаратного оформления печей имеется два типа электродных производств — высокопроизводительные конвейерные и небольшие мелкосерийные производства, в том числе изготавливающие специальные электроды.

Для предприятий с небольшим (до 10 т/смену) объемом производства оптимальным следует признать камерные печи с электрическим (калорифер, ТЭН) или газовым нагревом. В них раскладка электродов происходит на рамки или в кроватках (при влажности менее 2 %), а термообработка осуществляется после их провяливания. При этом необходимо обеспечить интенсивный обдув каждого электрода теплоносителем (лучше всего по его длине) для быстрого и равномерного нагрева и удаления влаги с электродного покрытия. При этом очень важно полностью исключить холостые потоки теплоносителя. В конструкции печей должны быть предусмотрены регулируемые по сечению воздухопроводы для подачи свежего и выброса влажного воздуха.

Скорость нагрева в основном регламентируется только начальной влажностью электродного покрытия, т. е. после провяливания. При влажности менее 4 % скорость нагрева электрода ограниченный практически не имеет, поскольку его покрытие уже достаточно прочное и термоусадочные процес-

* По материалам доклада, заслушанного на III Международной конференции по сварочным материалам стран СНГ (г. Днепродзержинск, 1–4 июня 2004 г.).



сы в основном завершены, поэтому исключается вспухание и образование трещин.

Максимальная температура и время выдержки должны быть соизмерены так, чтобы произошла необходимая степень обезвоживания электродного покрытия при максимальной температуре. Это сводит к минимуму разупрочнение покрытия и уменьшает расход энергии. Существенную роль при этом играют технологические свойства электродного покрытия.

Очень важной является стадия охлаждения электродов. Резкое охлаждение в связи с разностью коэффициентов линейного расширения стержня и электродного покрытия после термообработки может привести к образованию трещин. Поэтому при температуре 100...120 °С скорость охлаждения электрода должна быть небольшой и равномерно распределенной по его длине. Если охлаждение осуществлять в печи, то производительность последней резко снижается. Целесообразно электроды вывести из печи под колпак-термос, где скорость охлаждения незначительная, при этом печь продолжают использовать по назначению. Тепло из колпака-термоса можно использовать для провяливания.

Применительно к конвейерному производству анализ процесса термообработки электродов показал следующее. Из имеющихся печей конвейерного типа можно выбрать следующие наиболее перспективные типы:

газовая конвейерная печь (конструкция института «Теплопроект»). Непростая по конструкции, но эффективная по скорости термообработки, малоинерционная, с небольшой массой. Ее следует усовершенствовать с целью рекуперации воздуха для охлаждения электродов на выходе из печи. Следует также сделать более простыми газовые камеры сгорания;

конвейерная печь типа ОКБ с радиационным нагревом (конструкция ВНИИЭТО). Имеет более сложную конструкцию, но очень легко механизмуется и весьма эффективна. Электроды подвергаются равномерной термообработке; несущие элементы нагреваются один раз — на стадии разогрева печи. Небольшие потери тепла имеют место на переключниках и их следует свести к минимуму. Необходимо усовершенствовать транспортировку свежеспрессованных электродов в первом проходе, а также конструкцию узлов переключника электродов между проходами. В верхних двух проходах нагревательные элементы не нужны, необходим лишь выброс влаги. На стадии прокалки должен быть предусмотрен механизм ворошения (прокручивания) электродов;

тоннельная печь с электрическим или газовым нагревом (два тоннеля — для провяливания и термообработки). Она обеспечивает возможность

раскладки электродов на рамки и стопирование рамок. Конструктивно в ней сложно механизировать загрузку электродов на рамки и их разгрузку. Ее несущие элементы имеют большую массу. Эффективность процесса термообработки повышается при наличии экранов и рекуперации теплоносителя.

Из трех рассмотренных моделей печей наиболее перспективной является газовая конструкция института «Теплопроект».

На основе проведенного анализа работы различных типов печей и результатов их промышленных испытаний нами спроектирована простая экономичная надежная печь для применения как в конвейерных, так и в небольших производствах — это газовая (в альтернативе электрическая) конвейерная печь, имеющая несущие элементы небольшой массы, простая по конструкции, загрузка и выгрузка электродов в ней механизированы. Через 1,0–1,5 года печь будет выполнена в металле.

Относительно технологической группы направлений, касающейся совершенствования сушильных свойств покрытия сварочных электродов, заслуживают внимания три пути улучшения сушильных свойств покрытия электродов за счет следующих объектов:

гранулометрического состава компонентов (повышение плотности упаковки зерен и уменьшение усадки, трещин, вспухания покрытия; понижение активности поверхности компонентов и подавление их взаимодействия с жидким стеклом; армирование покрытия или создание каркаса);

состава и характеристики жидкого стекла (подбор вязкости (плотности), модуля, типа, которыми определяется структура и свойства пленки жидкого стекла и энергия связи влаги с материалом; уменьшение активности жидкого стекла по отношению к компонентам шихты и подавление вспухания);

вида и содержания пластификатора (обеспечение требуемой степени структурирования массы; замедление процесса размягчения массы при нагреве; активное воздействие на жидкое стекло для перевода как можно большей части химически связанной влаги в свободную).

По каждому из названных путей совершенствования нами разработаны конкретные направления улучшения сушильных свойств электродного покрытия. Они позволяют увеличить скорость удаления влаги с покрытия и уменьшить температуру прокалки электродов, исключив тем самым вмятины, слипание, вспухание, трещины в покрытии и обеспечив требуемую степень его обезвоживания.

Сочетание оптимальных конструкции печи и режимов термообработки обеспечит высокое качество последней при минимальных издержках производства.

Hardware and technology trends in upgrading of heat treatment of quality electrodes, aimed at improvement of drying properties of coatings, are considered.

Поступила в редакцию 30.12.2004