



ВЛИЯНИЕ ИМПУЛЬСНЫХ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ НА ФОРМИРОВАНИЕ И КРИСТАЛЛИЗАЦИЮ ШВОВ

Р. Н. РЫЖОВ, канд. техн. наук (НТУУ «Киевский политехнический ин-т»)

На основе экспериментальных исследований проведена оценка эффективности управления процессами формирования и кристаллизации швов с помощью внешних электромагнитных воздействий, основанных на применении импульсных магнитных полей.

Ключевые слова: электромагнитные воздействия, горячие трещины, формирование и кристаллизация швов

В дуговой сварке внешние электромагнитные воздействия (ЭМВ) на расплав ванны и процесс массопереноса электродной проволоки осуществляются кондукционным и индукционным способами. В первом силовое воздействие на указанные объекты управления создается при векторном взаимодействии в их элементарных объемах сварочного тока с постоянным либо низкочастотным управляющим магнитным полем (УМП). Второй основан на индуцировании с помощью аксиальных импульсных магнитных полей вихревых токов в ванне или каплях электродного металла. Их взаимодействие с радиальной составляющей УМП создает объемную силу, действующую в направлении от электромагнита.

Установлено, что для улучшения параметров качества швов чаще применяют ЭМВ с постоянными и низкочастотными УМП. С их помощью управляют гидродинамикой расплава ванны, в результате чего улучшаются процессы кристаллизации и дегазации швов [1]. Радиальные УМП применяют для компенсации действующих на ванну гравитационных сил при сварке на весу [2], отклонений либо колебаний дуги [3]. ЭМВ с импульсными УМП применяют только для управления процессом массопереноса электродной проволоки [4] и увеличения плотности тока в ванне, что повышает эффективность указанных технологий сварки на весу. Более узкое применение таких ЭМВ может быть связано с недостаточной степенью изученности их технологических возможностей.

Известно [5], что для максимального измельчения первичной структуры швов, снижения пористости и химической неоднородности швов частота ЭМВ должна соответствовать собственной частоте кристаллизации свариваемого материала, зависящей от его химической композиции. При

электромагнитном перемешивании, являющимся наиболее распространенным видом ЭМВ, из-за инерционности расплава частота реверсирования его потоков, перемещающихся под действием силы Лоренца из головной в хвостовую часть ванны, не превышает 25...30 Гц. Исходя из того, что частота кристаллизации многих свариваемых материалов практически на порядок выше указанной, достигаемое с помощью такого ЭМВ улучшение показателей качества швов нельзя считать максимально возможным.

Эффективно влиять на процессы кристаллизации можно путем возбуждения в объеме ванны высокочастотных колебаний расплава, что подтверждается результатами многих исследований (например, сварки с ультразвуковой обработкой расплава, модулированным током и т. д.). Для реализации таких воздействий можно применять и импульсные ЭМВ, осуществляемые индукционным способом, однако опубликованных данных об их эффективности обнаружить не удалось. Вызывают интерес также возможные сопутствующие изменения параметров формирования швов.

Исходя из приведенного выше, целью данной работы является оценка эффективности ЭМВ на основе импульсных УМП для управления процессами формирования и кристаллизации швов.

В процессе экспериментальных исследований высокочастотные импульсы УМП в зоне сварки генерировали путем поочередного разряда высоковольтных конденсаторов емкостью 100 мкФ через водоохлаждаемую катушку индуктора, размещенную на внешней поверхности ферромагнитного сопла. Ток заряда конденсаторов регулировали реостатами, а частоту разряда $f_{\text{имп}}$ включенным в цепь питания индуктора — тиристорным контактором, управляемым от специализированного генератора.

Влияние ЭМВ на процессы кристаллизации швов оценивали по стойкости швов к образованию горячих трещин. Их возникновение моделировали на технологических пробах «рыбий скелет», из-

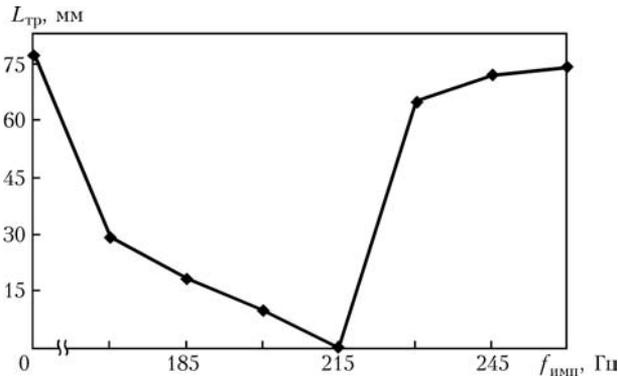
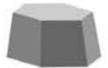


Рис. 1. Изменение длины горячих трещин $L_{тр}$ в технологических пробах «рыбий скелет» при разной частоте импульсов $f_{имп}$ УМП

готовленных из алюминиевого сплава АМг6. Параметры режима сварки были подобраны таким образом, чтобы в исходных условиях длина трещины была максимальной: $I_{св} = 110$ А, $U_{д} = 10$ В, $v_{св} = 19$ м/ч. Частоту импульсов УМП изменяли в диапазоне 0...260 Гц, расстояние от торца ферромагнитного сопла до плоскости зеркала ванны было равным 3 мм.

В ходе экспериментов существенное укорочение в пробах горячих трещин фиксировали в случаях, когда частота импульсов УМП соответствовала 170...220 Гц (рис. 1). При $f_{имп} = 215$ Гц хрупкое разрушение образцов полностью отсутствовало. Макроструктурный анализ, проведенный для объяснения указанного эффекта, показал, что на режимах ЭМВ, близких к оптимальным, измельчение кристаллитов происходило во всем сечении швов (рис. 2). В остальных случаях в центральной области швов изменения структуры были менее заметными, чем вблизи линии сплавления. Исходя из этого можно предположить, что существует зависимость между частотой импульсов УМП и расстоянием, на которое распространяются в направлении фронта кристаллизации создаваемые с его помощью вертикальные колебания расплава. Наличие на рис. 1 экстремума можно объяснить возникновением резонансных явлений при оптимальной в объеме ванны частоте разряда. Следует ожидать, что при изменении параметров режима сварки и теплофизических свойств свариваемых материалов максимальный эффект от таких ЭМВ будет достигаться на других частотах УМП.

Установлено, что, кроме процессов кристаллизации, исследуемые ЭМВ на расплав ванны приводят к изменениям параметров формирования швов (рис. 3). Объясняется это тем, что в ходе экспериментов индуктор располагали над швом, благодаря чему генерируемое им аксиальное УМП создавало импульсное силовое воздействие на расплав, направленное в сторону дна ванны. В хвостовой части горизонтальная составляющая направлена противоположно силам, перемещающим

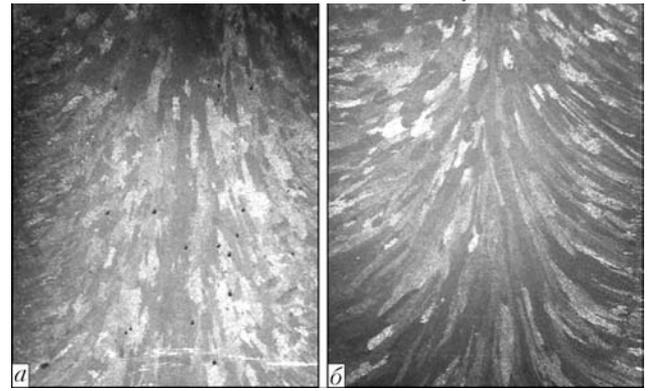


Рис. 2. Макроструктура швов при дуговой сварке в обычных условиях (а) и с импульсным ЭМВ (б) ($f_{имп} = 200$ Гц)

расплав из головной части ванны к фронту кристаллизации. В результате во время импульсов магнитного поля, повторяющихся с частотой до 200 Гц, происходит либо торможение либо приостановка указанных потоков, сопровождающихся накоплением объема расплава под дугой и на передней стенке ванны. Следствием этого является уменьшение проплавляющей способности дуги и подплавление боковых стенок ванны, что объясняет уменьшение глубины проплавления H и увеличение ширины швов B при $f_{имп}$ до 200 Гц. Дальнейшее увеличение частоты импульсов магнитного поля, а значит и интенсивности ЭМВ, приводит к периодическому формированию потоков расплава в сторону головной части ванны. При этом ширина швов продолжает возрастать, а глубина проплавления вследствие уменьшения толщины жидкой прослойки под дугой увеличиваться (этим объясняется наличие экстремума в зависимости коэффициента формы шва B/H от $f_{имп}$ (рис. 3). В ходе экспериментов интенсивность ЭМВ регулировали и путем изменения расстояния между торцом ферромагнитного сопла и плоскостью зеркала ванны. Установлено, что во всех случаях его уменьшению соответствует некоторое увеличение B и H , однако при практической ре-

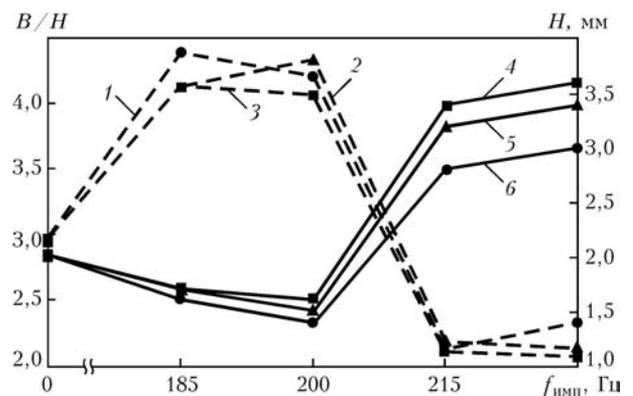


Рис. 3. Зависимость глубины проплавления H (сплошные кривые) и коэффициента формы швов B/H (штриховые) от частоты импульсов УМП; 1, 6 — расстояния от торца ферромагнитного сопла до плоскости зеркала ванны, равные 5 мм; 2, 5 — 4; 3, 4 — 3 мм



ализации импульсных ЭМВ решающее значение имеют не амплитудные, а динамические характеристики УМП.

Таким образом, при дуговой сварке для управления процессами формирования и кристаллизации швов эффективны ЭМВ, реализуемые не только с помощью низкочастотных знакопеременных, но и импульсных УМП. Оптимизацию их характеристик необходимо осуществлять с учетом теплофизических свойств свариваемых материалов и энергетических параметров режима сварки.

1. Рыжов Р. Н., Кузнецов В. Д. Электромагнитные воздействия в процессах дуговой сварки и наплавки // Автомат. сварка. — 2006. — № 10. — С. 36–44.
2. Бродягина И. В., Чернышов Г. Г. Дуговая сварка алюминиевых сплавов с использованием магнитных полей // Свароч. пр-во. — 1998. — № 9. — С. 48–51.
3. Рыжов Р. Н., Семенюк В. С., Титов А. А. Особенности формирования и кристаллизации швов при TIG сварке с отклонениями дуги магнитным полем // Автомат. сварка. — 2004. — № 4. — С. 17–20.
4. Тарасов Н. М., Капустин С. С. Применение высокочастотного электромагнитного поля для дозированного переноса капель электродного металла // Там же. — 1982. — № 8. — С. 10–12.
5. Рыжов Р. Н., Кузнецов В. Д. Выбор оптимальных параметров внешнего электромагнитного воздействия при дуговых способах сварки // Там же. — 2005. — № 6. — С. 27–31.

Experimental investigations were the basis to perform evaluation of the effectiveness of controlling weld solidification and formation processes using external electromagnetic actions based on application of pulsed magnetic fields.

Поступила в редакцию 04.09.2006

НОВОСТИ



НКМЗ ОТПРАВЛЯЕТ ЭКСКАВАТОРЫ в БЕЛАРУСЬ и РОССИЮ

Новокраматорский машиностроительный завод (г. Краматорск Донецкой обл.) отправил два экскаватора новых возможностей — ЭШ-11/70 и ЭШ-10/50 (модификация ЭШ-11/70) в Беларусь и Россию. Новые машины, оснащенные современными системами управления, надежнее, экономичнее, комфортнее своих старших братьев и проще в эксплуатации. Оригинальные технические решения, заложенные в новую систему управления экскаваторов, дали возможность значительно упростить управление их главными приводами, обеспечить плавные пуски синхронных электродвигателей, применить виброзащиту шкафов управления.

Эффективная система управления на землеройной технике с маркой НКМЗ заменила ранее используемую систему управления. Освоение выпуска машин современного класса открывает перед заводом новые перспективы на промышленном рынке.



НАПЛАВКА КЛАПАННЫХ БЛОКОВ

FMC Technologies — дочерняя компания, расположенная в шотландском городе Данфермлин, изготавливает сложные детали и компоненты для применения в офшорной зоне. Харак-

терными чертами этих компонентов являются их большие размеры и высокая точность изготовления. Одним из основных изделий компании являются клапанные блоки, которые работают в условиях воздействия агрессивной среды. Типичными признаками этих блоков является наличие в них большого числа отверстий в разных местах, использование при изготовлении высокопрочных материалов и повышенная износостойкость вследствие дополнительного плакирования. Для повышения продуктивности специалисты FMC Technologies решили использовать принцип непрерывного вращения горелки (НВГ) и горячую присадочную проволоку при TIG-процессе в технологии наплавки от компании Fronius. В результате время изготовления каждого клапанного блока уменьшилось на 40%. В то же время объем выполняемой работы снизился, а общее качество повысилось.

Клапанный блок может весить до 10 т и иметь до 12 отверстий в соответствующих плоскостях резания. Их необходимо плакировать трехслойной наплавкой с общей толщиной слоя от 5 до 12 мм. Провести выравнивание блока по центральной точке соответствующего внутреннего отверстия клапана на вращающемся столе часто очень трудно и выполняется не всегда точно. Необходима дополнительная обработка между каждым отдельным слоем плакирования, что забирает еще больше времени.

Вместо того чтобы периодически переставлять и перемещать тяжелое и сложное изделие после каждой операции плакирования, сварочные эксперты сейчас возложили выполнение этих опера-