

тельных материалов. Уплотнение грунта околоскважинного пространства воздействием ГД повышает несущую способность буронабивных свай более чем в два раза. Бетоны, уплотненные ГД, обладают улучшенными характеристиками, прирост их прочности достигает 20–40%. Известны успешные опыты по использованию ГД для разрушения и разработки грунта, его перемещения, укладки и уплотнения. Разрабатываются технические решения по использованию ГД для обрушения сооружений – сноса ветхих зданий, сооружений, расчистка завалов и пр.

Сельское и лесное хозяйство. ГД позволяет обрабатывать поля с уже проросшими семенами, при этом не повреждаются молодые растения, всхожесть семян хлопчатника и кукурузы возрастает до 15 % и сроки полной всхожести уменьшаются на 2–3 дня; сроки созревания хлопчатника

сокращались на 10–14 дней, а урожайность возростала на 10 %. Устройства на базе ГД применяются для борьбы с вредителями и сорняками, сбора хлопка, предпосевной обработки семян и умерщвления куколок тутового шелкопряда, отпугивания птиц и диких животных для защиты виноградников, садов, рисовых и зерновых культур, а также в аэропортах (для предотвращения попадания птиц в двигатели самолетов) и рыбных питомниках (для отпугивания птиц от воды).

Технологии на основе ГД применяют и в других сферах – в геологии и разведке недр, ЖКХ, при ликвидации чрезвычайных ситуаций, военном деле и даже в здравоохранении.

Детонационно-газовые технологии и устройства имеют перспективы дальнейшего развития и могут быть использованы в качестве основы современных инновационных проектов.

РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИЕ РАЗРЯДНОИМПУЛЬСНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ОБРАБОТКИ МЕТАЛЛОВ, СПЛАВОВ И ИХ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

Вовченко А. И., Демиденко Л. Ю., Онацкая Н. А.

*Институт импульсных процессов и технологий НАН Украины,
г. Николаев, Украина*

За более чем 50-летнюю историю работы Института импульсных процессов и технологий (ИИПТ) НАН Украины предложено и разработано более 300 различных разрядноимпульсных технологий (РИТ) обработки материалов, конструкций и сред. Их основой является процесс импульсного воздействия на обрабатываемый объект. Большинство этих технологий (очистка отливок, штамповка, запрессовка труб в теплообменных аппаратах, разрушение неметаллических материалов, воздействие на структуру металлов в жидком состоянии и др.) используются более

чем на 1000 предприятиях, в том числе и далеко зарубежья. Кроме того имеется ряд РИТ, пока не нашедших такого широкого применения, но они, по мнению авторов, являются перспективными и конкурентоспособными на мировом рынке. Условно эти РИТ можно назвать нетрадиционными. К таким технологиям в полной мере могут быть отнесены технологии по воздействию различных мощных импульсных нагрузок (давления, тока, высокоскоростных струй жидкости и т.п.) на изменение тонкой структуры металлов и сплавов в твердом состоянии, их сварных соеди-

нений при различных параметрах импульсного нагружения, а также при их комплексном использовании. Наряду с высокой производительностью и простотой реализации эти технологии характеризуются экологической чистотой, существенно меньшими энергозатратами по сравнению с традиционно применяемыми технологиями обработки материалов.

Проведенными ранее исследованиями доказано, что изменяя параметры высокоинтенсивного импульсного нагружения на материалы, в результате активации широкого спектра дислокационных преобразований, можно влиять на твердость, пластичность, прочность и напряженно-деформированное состояние металлов и сплавов, а также их сварных соединений. Это явилось научной базой для создания и дальнейшего развития в ИИПТ НАН Украины различных технологий: электрогидроимпульсной обработки (ЭГИО) металлоконструкций с технологическими напряжениями, сварки разнородных металлов в твердом состоянии с использованием электроимпульсного воздействия, в том числе прессовотермической электрогидроимпульсной (ПТЭГ) сварки и др.

Техпроцесс ЭГИО, заключающийся в обработке напряженных участков конструкций многократными импульсами давления, генерируемыми высоковольтными электрическими разрядами в жидкости, в результате активации возбуждаемыми в металле волнами напряжений естественных дислокационно-сдвиговых релаксационных процессов, обеспечивает снижение макронапряжений в объеме металла в среднем на 50–70 %, а в некоторых местах и до 90 % (по глубине – 100 мм). Показано, что импульс давления оказывает определяющее влияние на величину релаксации остаточных напряжений (ОН), а их количество – на зону распространения релаксационных процессов. На этой основе разработана инженерная методика расчета технологических режимов ЭГИО сварных металлоконструкций из низкоуглеродистых сталей, которая позволяет определить с точностью до 20 % энергетические параметры режима обработки, обеспечивающего снижение остаточных напряжений в сварных соединениях до необходимого уровня. Опытно-промышленная проверка техпроцесса ЭГИО на различных на-

турных сварных и литых изделиях, подтвердила на практике, что по эффективности полезного воздействия на сварные конструкции и отливки этот вид обработки конкурентоспособен с термообработкой (высоким отпускком). Разработаны рекомендации по промышленному освоению технологии ЭГИО.

Перспективным направлением дальнейшего использования ЭГИО является ее применение для повышения служебных характеристик металлоконструкций с технологическими напряжениями. Современными методами исследований дислокационной структуры сварных соединений показано, что в результате ЭГИО происходит перестройка дислокационной структуры напряженного металла в направлении стабилизации, которая сопровождается уменьшением дислокационных сегментов, образованием ячеистой структуры, приводящей к созданию внутренних границ в зернах, что наиболее характерно для места приложения разрядов (рис. 1).

Показано, что ЭГИО, подобно механотермической обработке имеет энергосиловую природу воздействия, с ее помощью можно достичь значительного объемного упрочнения, причем имеется возможность регулирования его степени путем изменения параметров режима ЭГИО. При этом форма и размеры обрабатываемых конструкций не изменяются.

Таким образом, на основании выше изложенного, можно сделать вывод о том, что способность ЭГИО оказывать существенное объемное воздействие одновременно на остаточные макронапряжения и дислокационную структуру металла сварных конструкций характеризует ее как универсальный и эффективный метод повышения служебных свойств металлоизделий с технологическими напряжениями. Приведены примеры, подтверждающие повышение в результате ЭГИО коррозионной стойкости, длительной и усталостной прочности сварных металлоконструкций.

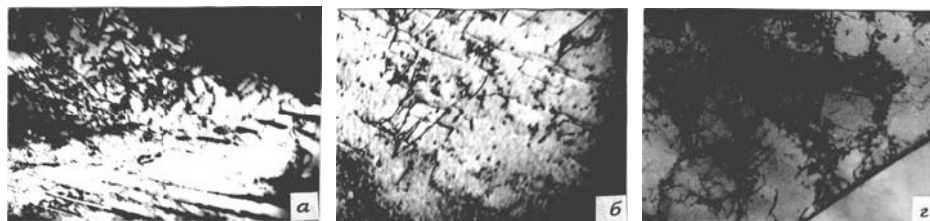


Рис. 1. Дислокационная структура зоны термического влияния сварного соединения из стали 20:

а – до ЭГИО; б, г – после ЭГИО (×2·104)

ПТЭГ сварка осесимметричных изделий – разновидность сварки в твердом состоянии с подогревом, заключается в определенном сочетании электрогидроимпульсной запрессовки и термообработки. Суть этого способа сварки труб с трубными решетками теплообменных аппаратов состоит в том, что при этом реализуется процесс, подобный процессу диффузионной сварки, но без приложения внешнего давления и защиты от окружающей среды. Последнее возможно благодаря образованию прессового соединения, что препятствует проникновению при нагреве между ними воздуха, т.е. создаются условия, предотвращающие окисление свариваемых поверхностей. В результате обеспечивается образование соединения с металлической связью сопрягаемых элементов на большей части контактной поверхности (60–90 %), что обеспечивает высокую релаксационную стойкость сварных соединений в процессе эксплуатации, долговечность сварных соединений в условиях термоциклирования при этом повышается многократно (в 3–5 раз). Эффективность ПТЭГ сварки подтверждена на целом ряде соединений труб с трубными решетками из низкоуглеродистых, теплоустойчивых и жаропрочных, а также высоколегированных сталей. Важным преимуществом ПТЭГ сварки является возможность встраивания техпроцесса в уже работающие производственные линии по изготовлению ответственного теплообменного оборудования, в том числе компактных теплообменных аппаратов (степень перфорации трубных решеток $\phi \leq 1,3$).

Техпроцесс сварки разнородных металлов в твердом состоянии с использованием электроимпульсного воздействия также может быть реализован на основе импульсов тока большой плотности ($\sim 10^9$ А/м²). Суть его в том, что сжатие и пластическое деформирование приконтактных объемов свариваемых металлов осуществляется при температуре окружающей среды. Для интенсификации процессов микропластического деформирования на стадии образования физического контакта через зону деформации пропускают импульсы тока плотностью $\sim 10^9$ А/м² и длительностью порядка 10^{-4} с. В результате интенсивного смятия приконтактных объемов металла обеспечивается самогерметизация межконтактной зоны, а при последующем нагреве образуется автовакуум, приводящий к самоочистке поверхностей и образованию сварного соединения по типу диффузионного при более низких усилиях и температурах сварки в воздушной среде без применения защитных сред или вакуума. Экспериментально определены рациональная схема пропускания тока и наиболее предпочтительный диапазон изменения параметров импульсного тока: по амплитуде плотности тока в пределах $(1-2,2) \cdot 10^9$ А/м² и по удельной суммарной энергии обработки – в пределах $(0,6-1,0) \cdot 10^9$ Дж/м³, в котором можно эффективно управлять процессами пластического деформирования и активацией поверхностей, а значит формированием сварного соединения.

Все рассмотренные технологии защищены патентами Украины, приоритет принадлежит ИИПТ НАН Украины.