

УДК 621.791.763.2
ОБ АДЕКВАТНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ УРАВНЕНИЯ ТЕПЛООВОГО
БАЛАНСА, РАЗРАБОТАННОГО ДЛЯ ТОЧЕЧНОЙ СВАРКИ
НАХЛЕСТОЧНЫХ СОЕДИНЕНИЙ, К ОЦЕНКЕ ТЕПЛОСОДЕРЖАНИЯ
МЕТАЛЛА Т-ОБРАЗНЫХ РЕЛЬЕФНЫХ
СОЕДИНЕНИЙ «ПЛАСТИНА + ТРУБА»

Д. С. ПТУШКИН

Научный руководитель А. Ю. ПОЛЯКОВ, канд. техн. наук, доц.
Белорусско-Российский университет

В последние годы на предприятиях, связанных с теплоэнергетикой, а также в пищевой промышленности все чаще возникает необходимость замены трудоемкого и энергозатратного способа дуговой механизированной сварки в защитных газах плавящейся проволокой на контактную сварку. Во многом данный переход связан с появлением импортных относительно недорогих и мощных сварочных контактных машин, работающих как на переменном, так и на постоянном токе. В таких случаях рассматриваются, преимущественно, Т-образные сварные соединения по схеме «пластина + труба».

Как показывает практика, специфика эксплуатации узлов, в которые входят такие соединения, обуславливает частое применение для них нержавеющей стали типа 12Х18Н10Т при относительно небольшой толщине металла пластины и листа (до 3 мм) либо низкоуглеродистых холоднокатаных или горячекатаных сталей при толщине металла до 5 мм.

Ранее проведенные исследования процесса контактной рельефной сварки (далее – КРС) на переменном токе одного из таких соединений (сталь 12Х18Н9) в составе емкости пищевого производства, включающего днище (толщина – 2 мм) и патрубок (внутренний диаметр – 28 мм; толщина стенки – 3 мм; длина патрубка – 30 мм), закончились неудачно.

Сварка осуществлялась на машине МТ-32 с вариацией таких параметров, как форма и габариты рельефа на торце патрубка, форма контактной поверхности электрода, соотношение «сварочный ток – длительность протекания тока» (жесткость режима сварки), усилие сжатия электродов. Во всех случаях происходило интенсивное расплавление металла кольцевого рельефа патрубка без существенного взаимодействия с металлом пластины (она практически не нагревалась при сварке).

Во многом это было связано с низкой теплопроводностью коррозионно-стойких сталей такого типа, примерно в 5 раз меньшей в сравнении с низкоуглеродистой сталью. При этом недостаточная мощность сварочной машины МТ-32, а также существенное отличие тока задания на регуляторе цикла сварки РКС-801 и сварочного тока (из-за массивности патрубка) не позволили опробовать более жесткие режимы сварки данных соединений (при сварочных токах более 25 кА).

КРС на переменном токе аналогичных соединений деталей из низкоуглеродистой стали проходит более успешно.

При этом, как показывает практика, для приблизительного расчета величины энергии, необходимой для ввода в межэлектродную зону, в таких случаях можно использовать уравнение теплового баланса (далее – УТБ), разработанное и общепринятое для случаев контактной точечной сварки и КРС нахлесточных соединений равнотолщинных пластин. Отличие состоит в оценке теплосодержания объемов металла свариваемых деталей и электродов, задействованных в полезном нагреве и теплоотводе.

Предварительные эксперименты по КРС стенки системы охлаждения (горячекатаная отполированная низкоуглеродистая сталь), включающей пластину лицевую (толщина – 4 мм) и трубку (внутренний диаметр – 18 мм; толщина стенки – 5 мм; длина трубки – 48 мм), показал, что добиться при сварке полного деформирования кольцевого рельефа трубки при одновременном формировании герметичного и прочного соединения деталей возможно даже при относительно мягких режимах сварки.

При этом рельеф должен иметь кольцевую остроугольную форму, т. к. плоский кольцевой рельеф не обеспечивает достаточную плотность сварочного тока в контакте «деталь – деталь». Высота рельефа не должна превышать 0,5 мм (необходимо минимизировать объем массивного рельефа) для возможности получения герметичного соединения на максимальном сварочном токе, обеспечиваемом машиной МТ-32.

Исходя из оценки теплосодержания металла трубки и лицевой пластины, произведенный расчет уравнения теплового баланса (принятая длительность протекания импульса тока $\tau_{св} = 0,8$ с), позволил отдельно учесть следующие составляющие энергии (38962 Дж), необходимой для ввода в межэлектродную зону при пробных сварках образцов с остроугольным кольцевым рельефом высотой 1 мм: полезная энергия, затрачиваемая непосредственно на формирование неразъемного кольцевого соединения деталей при фактической осадке рельефа на 0,5 мм (объем нагреваемого металла $V = 0,097$ см³; принятая температура нагрева $T_{пл} = 1530$ °С; величина энергии $Q = 828$ Дж); энергия теплоотвода в металл трубки вблизи контакта «деталь – деталь» при ориентировочной температуре $0,25T_{пл}$ ($V = 2,2$ см³; $Q = 4696$ Дж); энергия теплоотвода в металл трубки вблизи контакта «электрод – деталь» при ориентировочной температуре $0,125T_{пл}$ ($V = 4,084$ см³; $Q = 4359$ Дж); энергия теплоотвода в металл пластины лицевой при ориентировочной температуре $0,25T_{пл}$ ($V = 4,895$ см³; $Q = 10449$ Дж); энергия теплоотвода в металл электродов при ориентировочной температуре $0,125T_{пл}$ ($V = 25,34$ см³; $Q = 18630$ Дж).

Непосредственно при сварке в межэлектродную зону было введено 39950 Дж энергии, а соединение успешно прошло испытание пенетрантом.