

Выводы:

1. В современных условиях в сфере ТЭК назрели серьёзные проблемы, решить которые можно при комплексном усилии, как государства, так и частных компаний (наука, проектные и строительные организации и эксплуатация);
2. Так как аварии на атомных ЭС касаются глобальных вопросов безопасности всего населения Земли, то контролировать и принимать решения в этой сфере должен наднациональный орган. Очевидно, что в современном мире крайне необходимо наделить такую организацию, как МАГАТЭ, не только рекомендательными, но и законодательными функциями в сфере атомной энергетики;
3. Целесообразно повысить статус энергетики в России до уровня «Энергетика – компонент национальной безопасности» и осуществлять деятельность в рамках этого статуса без навязывания этой федеральной отрасли, где надо и не надо, рыночных отношений;
4. Надёжность и безопасность стоят хороших денег, нужны серьёзные инвестиции;
5. Научные исследования можно начинать при финансировании НИР в рамках федеральных целевых программ, а в ОКР привлекать бизнес к обязательному софинансированию на законодательно-экономической основе;
6. Непрерывно и целенаправленно повышать квалификацию персонала, работающего в энергетике от министра до дежурного электромонтёра;
7. Создать на электростанциях независимую службу безопасности, вооружить ее необходимой техникой и подчинить напрямую Ростехнадзору (Росэнергонадзору).
8. Требования к электростанции должны отвечать новым вызовам XXI века.

ЛИТЕРАТУРА

1. Егоров В.Е. и др. Отдельные проблемы в энергетике на примере АСУ ТП / В.Е. Егоров, К.В. Егоров, И.И. Бандурин. Академия энергетики. – №4, 2008. – С. 74–76.
2. Егоров В.Е. и др. Обеспечение надежности и безопасности на электрических станциях // В.Е. Егоров, К.В. Егоров, К.А. Баласс. Академия энергетики. – №6, 2009. – С. 50–53.
3. Егоров В.Е. Энергетика как она есть // Академия энергетики. – №1, 2010. – С. 16–20.
4. Егоров В.Е. и др. Энергетика – компонент национальной безопасности // В.Е. Егоров, К.В. Егоров, К.А. Баласс. Академия энергетики. – №6, 2010. – С. 34–36.
5. Бомбард Э. и др. Теория и принципы моделирования для оценки уязвимости и риска электроэнергетических систем в условиях угрозы теракта // Методические вопросы исследования надежности больших систем энергетики. – Выпуск 59. – Ирк.: ИСЭМ СО РАН, 2009. – С. 255–271.
6. Островский В.А. Эксплуатация атомных станций. – М.: Энергоатомиздат, 1999. – С. 923.
7. Черновец А.К. и др. Методы и технические средства обеспечения безаварийной работы собственных нужд АЭС. – СПб.: ПЭИПК, 1998. – С. 220.
8. Федеральный закон «О безопасности» 28.12.2010 г. №390-ФЗ. – Режим доступа: <http://svr.gov.ru/>.

М.А. ЛУКИН

**ТЕХНОЛОГИЯ КОНТАКТНОЙ РЕЛЬЕФНОЙ СВАРКИ
ЛИСТОВОЙ ЗАГОТОВКИ С ФЛАНЦЕМ
ПРИ НЕПОЛНОМ ТОКОПОВОДЕ**

Рассматривается технология контактной рельефной сварки фланца ТЭНа с боковиной электрорадиатора. Особенностью данной технологии является невозможность обеспечения полного токоподвода к торцевой поверхности фланца. Решение данной проблемы осуществляется путём поиска оптимальной формы фланца и рельефа.

В современном машиностроении, при производстве сварных деталей и заготовок из низкоуглеродистой стали, достаточно часто из-за конструктивных особенностей не удаётся обеспечить токоподвод ко всей площади поверхности одной из деталей. Примером может служить операция соединения рельефной сваркой фланца трубчатого электронагревателя (ТЭНа) с боковиной электрорадиатора, выполненной из листа низкоуглеродистой стали толщиной 0,8 мм (рис. 1) [1, 2].

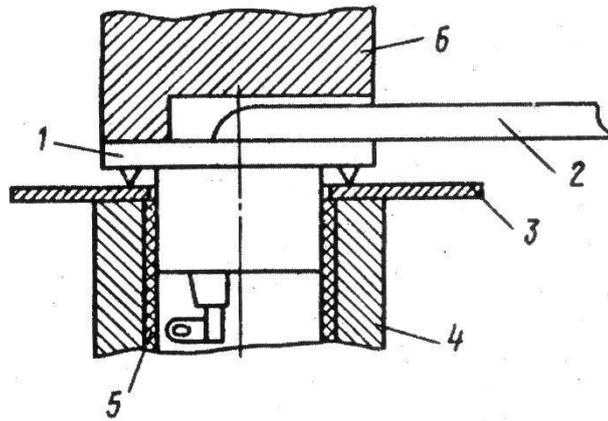


Рис. 1. Схема рельефной сварки тэна с боковиной электрорадиатора:
1 – фланец; 2 – ТЭН; 3 – боковина; 4 – нижний электрод;
5 – диэлектрическая втулка; 6 – верхний электрод

Рельефная сварка на низкочастотной машине МРН-34001 [3, 4] позволила отказаться от операции ручной сборки боковины с ТЭНом с помощью резьбового соединения. В процессе отработки технологии сварки на Псковском заводе тяжёлого электросварочного оборудования пришлось столкнуться с рядом трудностей.

Конструктивные особенности фланца 1, жёстко и герметично соединённого пайкой с ТЭНом 2, при рельефной сварке с листом 3, не позволяют осуществить токоподвод по всему периметру фланца 1 из-за наличия на его поверхности двух внешних трубок ТЭНа 2. В этом случае для обеспечения токоподвода на рабочей поверхности верхнего электрода 6 предусматривают два специальных пазы для выхода трубок ТЭНа 2.

В местах пазов фланец прогибается. Возникающий прогиб, сопровождающийся пластической деформацией внешнего кольца фланца на участках пазов верхнего электрода, не должен превышать определенной критической величины, иначе под пазами верхнего электрода 6 в сварных швах возникают дефекты, снижающие прочность и герметичность сварного соединения. Очевидно, что снижение прогиба можно обеспечить двумя способами:

1. Повышением жёсткости внешнего кольца фланца за счёт увеличения толщины внешнего кольца h (рис. 2).

2. Снижение пластической деформации внешнего кольца фланца за счёт жёстких режимов сварки [5]. Жёсткий режим характеризуется минимальным временем сварки, высокими градиентами температуры и относительно высокими значениями усилиями сжатия и сварочного тока.

Для поиска оптимальной геометрии фланца была проведена серия экспериментов. Толщины внешнего кольца фланцев во время экспериментов изменялись от 1 мм до 6 мм. При этом рельеф на торце фланца вытачивался неизменным, высотой 2 мм (рис. 2).

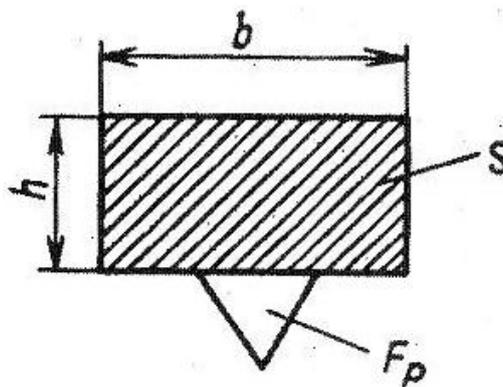


Рис. 2. Сечение внешнего кольца осевой плоскостью фланца: b – разница между наружным и внутренним радиусом фланца; h – толщина внешнего кольца фланца; S – сечение внешнего кольца без рельефа; F_p – сечение рельефа

Сварочный цикл реализуется следующим образом:

Фланец 1 с ТЭНом 2 устанавливается в отверстие листа боковины 3, и все три детали совместно размещаются в отверстие нижнего электрода 4, снабженного для исключения шунтирования диэлектрической втулкой 5. После этого опускается подвижная плита сварочной машины с верхним электродом 6 так, чтобы трубки вошли в пазы электрода 6. Затем прикладывается сжимающее усилие P и пропускается низкочастотный импульс электрического тока I св, длительностью t св.

В ходе экспериментальных исследований было установлено:

1. Для обеспечения качественной сварки необходимым условием является превышение сечения внешнего кольца (без рельефа) S над сечением рельефа F_r более чем в 5 раз.

$$S \geq 5F_r \quad (1)$$

2. При этом должно выполняться условие:

$$\frac{\Delta P l^4}{E} \leq \frac{bh^3}{12} \leq 10 \frac{\Delta P l^4}{E}, \quad (2)$$

где ΔP – удельное давление, равное частному от деления усилия сжатия P на площадь поверхности фланца, воспринимающей это усилие; E – модуль упругости материала фланца; l – ширина паза верхнего электрода 6; b – разница между наружным и внутренним радиусом фланца; h – толщина внешнего кольца фланца.

3. Максимальный сварочный ток I св max = 69 кА ;

Сжимающее усилие $P = 60$ кН;

Длительность импульса тока t св = 0,06 с .

Условие (2) при известных значениях b ; l ; E ; ΔP – примет следующий вид:

$$\sqrt[3]{\frac{12\Delta P l^4}{bE}} \leq h \leq \sqrt[3]{\frac{120\Delta P l^4}{bE}} \quad (3)$$

При $b = 6$ мм; $l = 9$ мм; $E = 200000 \frac{H}{мм^2}$; $\Delta P = 76 \frac{H}{мм^2}$ оптимальная толщина

внешнего кольца h фланца будет находиться в пределах $1,71 \text{ мм} < h < 3,22 \text{ мм}$.

Данная технология защищена авторским свидетельством [2]. Её использование в производстве позволило обеспечить одинаково высокое качество сварки в любой точке кольцевого рельефа за счёт равномерного распределения сжимающего усилия электрического тока по кольцевому соединению, гарантированную герметизацию, отказаться от механического крепления соединяемых деталей, устранить ручной труд.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Лукин М.А., Волохов В.Г. Новые технологические процессы на машине МРН-340 (тезисы) // Сборник материалов V областной научно-практической конференции «Вклад молодых учёных и специалистов Псковщины в ускорение социально-экономического развития области»: Тезисы докладов. – Псков: ПФЛПИ им. М.И. Калинина, 1988. – С. 153–155.
2. Авторское свидетельство № 1479239 (СССР). Способ рельефной сварки / Авторы: Лукин М.А. и Волохов В.Г. – опубликовано в Б.И., 1989. – № 18.
3. Каталог продукции ЗАО «Псковэлектросвар». Машина сварочная низкочастотная МРН-34001. – Псков, 2009. – С. 37.
4. Машина сварочная низкочастотная типа МРН-34001. – Режим доступа: <http://www.pskovelectrosvar.ru/cats.html?id=56>.
5. Л.С. Сергеев, Л.А. Суханов, В.Г. Волохов, М.А. Лукин, А.М. Канин Особенности рельефной сварки на жёстких режимах с использованием низкочастотной машины МРН – 340 // Автоматическая сварка. АН УССР. – Киев: ИЭС им. Е.О. Патона, 1989. – № 12. – С. 34–36.