

# **ЗАКОНОМЕРНОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ВЫСОКОКАЧЕСТВЕННЫХ ПРОЧНО-ПЛОТНЫХ СОЕДИНЕНИЙ ПРИ ЗАКРЕПЛЕНИИ ТРУБ В ТРУБНЫХ РЕШЕТКАХ**

**Батраев Г.А., Козий С.И.**

*Самарский государственный аэрокосмический  
университет, ООО " Ремонтно-механический завод "*  
*443086 Самара, Московское шоссе, 34*

**АННОТАЦИЯ.** Работа посвящена новому механизму закрепления труб в трубных решетках, основанному на использовании профилированных несущих кольцевых элементов на внешней поверхности концов трубы.

Актуальность исследований по формированию высококачественных вальцовочных соединений труб с трубными решетками диктуется все возрастающей стоимостью трубных пучков (100 тысяч рублей за тонну и более) при неизменности их межремонтного пробега.

Достижение вальцовочными соединениями совокупных высоких характеристик прочности, плотности и коррозионной стойкости в условиях реализации существующего механизма закрепления труб в трубных решетках невозможна, т.к. отсутствуют: сдвиговые деформации материала трубы относительно кромок кольцевых канавок трубного отверстия (что не устраняет капиллярности, образуемой микронеровностями соединяемых поверхностей); стадия свободного перемещения трубы относительно кольцевых канавок трубной решетки. Характеристики прочности и плотности вальцовочного соединения формируются в условиях значительных деформаций перемычки трубной решетки, что вызывает дополнительное утонение стенок трубы и приводит к короблению трубной решетки.

Закономерности формирования высококачественных вальцовочных соединений прежде всего видятся в разработке

нового механизма закрепления труб в трубных решетках на несущих элементах конструкций труб и их сборок с трубными отверстиями; оптимальном технологическом процессе получения теплообменных труб с профилированными законцовками.

Авторами разработан эффективный механизм образования вальцовочного соединения трубы с трубной решеткой на несущих элементах.

Несущие элементы, принадлежащие трубе и имеющие повышенные (по сравнению с исходными) механические свойства, предназначены для формирования эксплуатационных характеристик вальцовочных соединений. Несущие элементы применимы в сборках с трубными отверстиями как с кольцевыми канавками, так и без них.

Структура несущих элементов содержит внутреннюю и внешнюю части, первая из которых ограничивается толщиной стенки трубы, а вторая выполняется над внешней, внешней и внутренней поверхностями трубы в виде кольцевых выступов с различным поперечным сечением: прямоугольным, трапециевидным и более сложным (например, сочетанием двух трапеций).

Образование вальцовочных соединений на несущих элементах позволяет: формировать гарантированные повышенные эксплуатационные характеристики; регламентировать усилия, воспринимаемые стенками трубного отверстия; увеличить срок службы инструмента - вальцовки, используя укороченные ролики и локализуя на них нагрузку; устранить явление подрезания стенки трубы роликами вальцовки; ликвидировать осевое течение материала трубы на завершающей стадии ее механической развальцовки; увеличить жесткость соединения и упростить контроль его качества.

В новом механизме ревизии подвергнута как сама последовательность, так и содержание стадий реализации образования вальцовочного соединения.

Выделим, что эксплуатационные характеристики формируются на каждой из его стадий. Так, на стадии привальцовки введением кольцевых выступов несущих элементов в кольцевые канавки трубного отверстия формируются характеристики прочности в сочетании с радикальным улучшением начальных параметров характеристик плотности.

На стадии развальцовки регламентируемым по величине усилием, пластически деформируя материал трубы в кольцевых выступах, формируют:

- кольцевые уплотнения между выступами на трубе и донными поверхностями кольцевых канавок;
- внешние кольцевые уплотнения на цилиндрической поверхности трубного отверстия (вне кольцевых канавок) и трубы;
- внутренних кольцевых уплотнений, выполняемых сдвигом материала выступов относительно кромок кольцевых канавок.

Таким образом, особо подчеркнем, что применение в теплообменных трубах несущих элементов позволяет установить строгую последовательность деформирования конца трубы в пределах вальцовочного пояса.

Прикладываемое усилие к внутренней поверхности трубы вызывает ее деформацию только по достижении этим усилием значения, достаточного для формоизменения несущих элементов. Если учесть, что эксплуатационные характеристики соединения формируются только на несущих элементах, то гладкая часть трубы в пределах вальцовочного пояса подвергается только привальцовке.

Осуществление нового механизма закрепления труб в трубных отверстиях основано на использовании следующих технологических мероприятий:

- обеспечение качественного заполнения кольцевых канавок материалом трубы;
- упрочнение материала трубы по местоположению несущих элементов;
- использование пластического сдвига материала трубы относительно донной поверхности или кромок кольцевых

канавок трубного отверстия и, как следствие, формирование дополнительных внутренних кольцевых уплотнений;

- регламентация деформирующей трубы усилия на стадии развальцовки и его концентрация в центральной части ролика вальцовки;

- раздача трубы за пределами вальцовочного пояса;

- избирательность нагружения трубы внутренним давлением и только по местоположению кольцевых канавок;

- взаимофиксирование трубы и поверхностных слоев перемычки трубного отверстия при их совместном осевом растяжении.

Как видим, в новом механизме закрепления труб в трубных решетках акцент сделан на кольцевых канавках трубного отверстия, имеющих достаточную прочность кромок и обладающих большой жесткостью поперечного сечения.

Говоря о механизме образования вальцовочного соединения, отразим следующие его составляющие:

- тип сборки трубы с трубной решеткой, отвечающей условиям эксплуатации;

- выбор геометрических размеров соединяемых элементов в сборке;

- последовательность стадий закрепления и преимущественное их назначение;

- технологические параметры вальцевания профилированных концов труб;

- возможности управления характеристиками прочности, плотности и коррозионной стойкости вальцовочного соединения.