

Д.В. Зубков, Д.А. Турлаков, В.Л. Негров

ПЕРСПЕКТИВЫ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ИНСТРУМЕНТА ДЛЯ МЕХАНИЧЕСКОЙ РАЗВАЛЬЦОВКИ ТРУБ В ТРУБНЫХ РЕШЕТКАХ ТЕПЛООБМЕННЫХ АППАРАТОВ

Теплообменные аппараты широко используются в процессах химической технологии и составляют 15...18 % парка оборудования предприятий химической промышленности.

Самой распространенной конструкцией теплообменников (около 80 %), является кожухотрубчатый теплообменник.

Одной из основных сборочных операций при изготовлении кожухотрубчатых теплообменников является крепление труб в трубных решетках образованием вальцовочного соединения.

Вальцовочное соединение представляет собой прочно-плотное закрепление трубы в отверстии трубной решетки, достигаемое раздачей конца трубы до возникновения напряженного контакта между стенками трубы и отверстия трубной решетки (рис. 1).

ДЛЯ ОБРАЗОВАНИЯ ВАЛЬЦОВОЧНОГО СОЕДИНЕНИЯ В АППАРАТОСТРОЕНИИ ИСПОЛЬЗУЮТ СПЕЦИАЛЬНЫЙ ИНСТРУМЕНТ, НАЗЫВАЕМЫЙ ВАЛЬЦОВКОЙ. В ЗАВИСИМОСТИ ОТ КОНСТРУКЦИЙ КОЖУХОТРУБЧАТЫХ ТЕПЛООБМЕННИКОВ И РАЗМЕРОВ ТРУБ ИСПОЛЬЗУЮТСЯ ВАЛЬЦОВКИ РАЗЛИЧНЫХ ТИПОВ (РИС. 2).

На рис. 3 представлена вальцовка, используемая на ОАО "Тамбовский завод "Комсомолец" им. Н.С. Артемова".

Вальцовку устанавливают внутрь трубы концом с роликами до упора фонаря δ (в не рабочем состоянии выполняющего роль держателя роликов) в поверхность трубной решетки. Затем перемещают вдоль оси

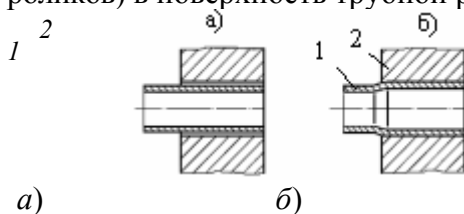


Рис. 1 Соединение трубы с трубной решеткой:

a – до развальцовки; *б* – после развальцовки;

1 – труба; *2* – трубная решетка

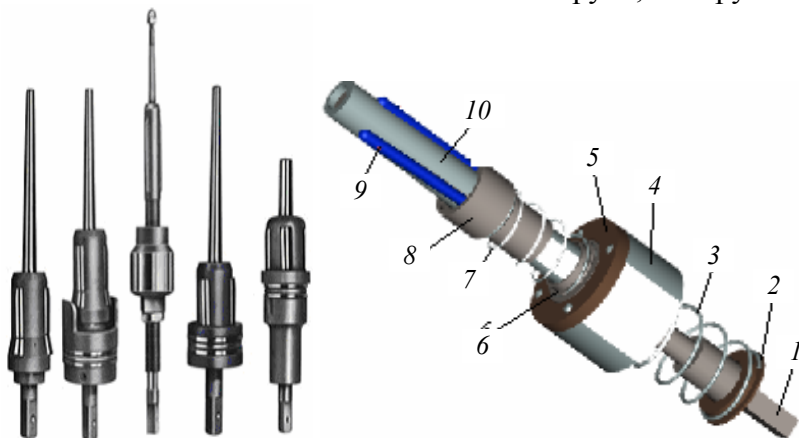


РИС. 2 ВАЛЬЦОВКИ

Рис. 3 Вальцовка используемая на

ОАО "Тамбовский завод "Комсомолец"
им. Н.С. Артемова":

1 – веретено; 2 – втулка; 3 – пружина;

4 – корпус; 5 – крышка; 6 – втулка;

7 – пружина; 8 – фонарь; 9 – ролик;

10 – корпус ролика

вальцовки коническое веретено 1, тем самым, раздвигая конические ролики 9, расположенные в пазах корпуса роликов 10, до появления между внутренней поверхностью трубы, роликами и веретеном надежного сцепления. После этого включается привод (электрический или пневматический) и веретену 1 сообщается вращение. Развальцовка трубы производится до определенного значения крутящего момента на веретене, определяемого плотностью соединения трубы с трубной решеткой.

Из опыта эксплуатации следует, что если ось паза ролика и ось корпуса расположены в одной плоскости (продольный паз), то срок службы вальцовки не велик, из-за разрушения корпуса роликов 10.

Это может быть объяснено наличием на отдельном ролике значительного момента сил трения, возникающего вследствие проскальзывания ролика по поверхности веретена.

НА РИС. 4 ИЗОБРАЖЕНО ВЕРЕТЕНО В КОНТАКТЕ С РОЛИКОМ, НА РИС. 5 – СЕЧЕНИЕ ВЕРЕТЕНА ПО ТОРЦАМ РОЛИКА.

Условно обозначим угловые скорости вращения торцов ролика ω_1 и ω_2 , соответственно диаметры – d_1 и d_2 . Угловая скорость веретена – ω , диаметры сечений веретена под торцами ролика – D_1 и D_2 .

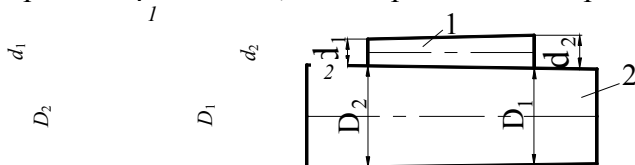


Рис. 4 Веретено в контакте с роликом:

1 – ролик; 2 – веретено

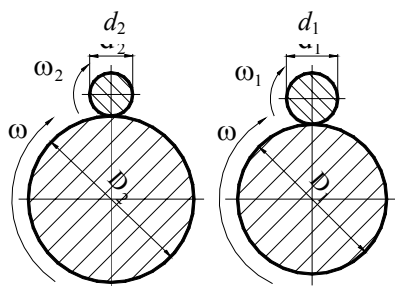


РИС. 5 СЕЧЕНИЯ ВЕРЕТЕНА ПО торцам ролика

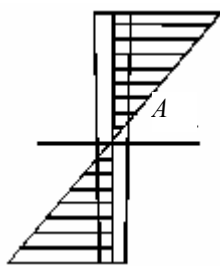


РИС. 6 ЭПЮРА СИЛ ТРЕНИЯ

Из кинематических соображений при отсутствии проскальзывания $\omega_1 = \omega D_1/d_1$, $\omega_2 = \omega D_2/d_2$. Очевидно, что D_2/d_2 больше D_1/d_1 и, следовательно, ω_1 меньше ω_2 . В действительности $\omega_1 = \omega_2$, так как ролик единое целое. Следовательно, обкатывание ролика по веретену без проскальзывания невозможно.

При проскальзывании ролика по поверхности веретена возникают силы трения, в совокупности образующие момент, который передается на корпус роликов, обостряя его напряженное состояние. Эпюра сил трения, действующих на ролик при его проскальзывании по поверхности веретена, изображена на рис. 6. Закон изменения сил трения вдоль оси ролика для простоты принят линейным. Эпюра изображена в предположении, что без проскальзывания обкатывается по веретену только часть ролика, принадлежащая окрестности сечения А.

РЕСУРС КОРПУСА РОЛИКОВ МОЖЕТ БЫТЬ УВЕЛИЧЕН ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ ПАЗОВ РОЛИКОВ РАЗВЕРНУТЫМИ ОТНОСИТЕЛЬНО ОСИ КОРПУСА. В НАСТОЯЩЕЕ ВРЕМЯ ИЗГОТАВЛИВАЮТ ВАЛЬЦОВКИ С УГЛОМ РАЗВОРОТА ОТНОСИТЕЛЬНО ОСИ КОРПУСА $0,5...4^\circ$. ПРИЧЕМ ОПЫТ ЭКСПЛУАТАЦИИ ТАКИХ ВАЛЬЦОВОК ПОКАЗЫВАЕТ, ЧТО УМЕНЬШЕНИЕ УГЛА РАЗВОРОТА ПАЗОВ ПОЗВОЛЯЕТ УВЕЛИЧИТЬ РЕСУРС РАБОТЫ РОЛИКОВ И ПРИВОДИТ К ПОВЫШЕНИЮ КАЧЕСТВА ПОЛУЧАЕМОГО СОЕДИНЕНИЯ МЕЖДУ ТРУБОЙ И ТРУБНОЙ РЕШЕТКОЙ, НО ПРИ ЭТОМ СНИЖАЕТСЯ РЕСУРС РАБОТЫ КОРПУСА.

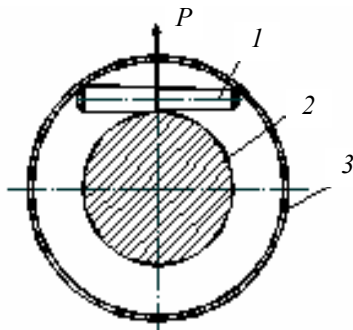


Рис. 7 Ролик, развернутый в корпусе:

1 – ролик; 2 – веретено;
3 – труба

НА РИС. 7 ИЗОБРАЖЕН РОЛИК 1, РАСПОЛОЖЕННЫЙ МЕЖДУ ВЕРЕТЕНОМ 2 И ВНУТРЕННЕЙ ПОВЕРХНОСТЬЮ РАЗВАЛЬЦОВЫВАЕМОЙ ТРУБЫ 3. УГОЛ РАЗВОРОТА ПАЗА, А, СЛЕДОВАТЕЛЬНО, И САМОГО РОЛИКА ОТНОСИТЕЛЬНО ОСИ КОРПУСА ДЛЯ НАГЛЯДНОСТИ ИЗОБРАЖЕН ПРЕУВЕЛИЧЕННО БОЛЬШИМ.

При таком расположении ролика при развальцовке на него со стороны веретена действует сосредоточенная сила P , приводящая к появлению знакопеременных напряжений изгиба в теле ролика, что, как известно, приводит к усталостному разрушению. Этим снижается ресурс работы ролика.

Из рис. 7 видно, что при развальцовке ролик работает не всей поверхностью, а только ее частями ближе к торцам, что снижает качество

развальцовки.

ПОЛОЖИТЕЛЬНЫМ КАЧЕСТВОМ РАЗВОРОТА РОЛИКА ОТНОСИТЕЛЬНО ОСИ КОРПУСА ЯВЛЯЕТСЯ ОТСУТСТВИЕ МОМЕНТА СИЛ ТРЕНИЯ МЕЖДУ РОЛИКОМ И ВЕРЕТЕНОМ, ТАК КАК В ЭТОМ СЛУЧАЕ ДОСТИГАЕТСЯ ИХ ТОЧЕЧНЫЙ КОНТАКТ, ЧТО ОБЪЯСНЯЕТ УВЕЛИЧЕНИЕ РЕСУРСА КОРПУСА, ПО СРАВНЕНИЮ С КОНСТРУКЦИЕЙ КОРПУСА С ПРОДОЛЬНЫМИ ПАЗАМИ, КОГДА ИМЕЕТ МЕСТО ЛИНЕЙНЫЙ КОНТАКТ МЕЖДУ РОЛИКОМ И ВЕРЕТЕНОМ.

ИЗ ВЫШЕСКАЗАННОГО СЛЕДУЕТ, ЧТО СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ УСЛОВИЙ РАБОТЫ ВАЛЬЦОВКИ РАЗВОРОТОМ ПАЗА РОЛИКА ОТНОСИТЕЛЬНО КОРПУСА ПРИВОДИТ К НЕРАЗРЕШАЕМЫМ ПРОТИВОРЕЧИЯМ. ПРИ УВЕЛИЧЕНИИ УГЛА РАЗВОРОТА ПОВЫШАЕТСЯ РЕСУРС КОРПУСА, НО СНИЖАЕТСЯ РЕСУРС РОЛИКА И КАЧЕСТВО РАЗВАЛЬЦОВКИ. ПРИ УМЕНЬШЕНИИ УГЛА РАЗВОРОТА СНИЖАЕТСЯ РЕСУРС КОРПУСА, НО ПОВЫШАЕТСЯ РЕСУРС РОЛИКА И КАЧЕСТВО РАЗВАЛЬЦОВКИ. ПОИСКОВЫЕ РАБОТЫ НОВЫХ КОНСТРУКТИВНЫХ РЕШЕНИЙ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ РАБОТЫ ВАЛЬЦОВОК В НАСТОЯЩЕЕ ВРЕМЯ ВЕДУТСЯ СОВМЕСТНЫМИ УСИЛИЯМИ КАФЕДРЫ "ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫХ ПРОИЗВОДСТВ" И ОАО "ТАМБОВСКИЙ ЗАВОД "КОМСОМОЛЕЦ" ИМ. Н.С. АРТЕМОВА".