

# РАЗРАБОТКА КОМПЕНСАТОРА ДЛЯ ВСТРОЕННОГО РАДИАЦИОННОГО РЕКУПЕРАТОРА

**В. М. Щербак**

*Учреждение образования «Гомельский государственный  
технический университет имени П. О. Сухого», Беларусь*

Научный руководитель А. В. Ткаченко

Одним из наиболее эффективных путей сокращения удельного расхода топлива при плавке и тепловой обработке является подогрев воздуха за счет высокотемпературного тепла отходящих газов. При этом возврат тепла в печь достигает от 30...35 % (одноступенчатый подогрев) до 60...65 % – при двух- или многоступенчатом подогреве.

Эффективность работы рекуператора зависит от режима и способа теплообмена (конвективный, радиационный), свойств и состава теплоносителей, разности температур. Надежность зависит от правильности выбора материалов, сокращения до ми-

нимума отложений, взрывобезопасности, обеспечения механической прочности и герметичности. Последнее обеспечивается в основном устройством для компенсации температурных расширений. Существует несколько способов «песочный затвор», скользящий фланец, лабиринтное или гофрированное соединение и др.

Самый сложный случай эксплуатации – условия работы радиационного встроенного рекуператора для вагранок, особенно когда для повышения эффективности теплообмена применяется противоточное движение теплоносителей. В этом случае температура теплопередающей стенки наиболее высокая до 550...600 °С.

Для двухходового рекуператора радиационного типа, установленного на вагранке Минского автомобильного завода, был разработан компенсатор типа «песочный затвор». Эта конструкция позволяет свободно перемещаться тепловоспринимающему корпусу относительно несущего корпуса вагранки. Высота данного рекуператора составляет 13 м при диаметре 1850 мм.

Проведенный тепловой расчет рекуператора показал, что общее увеличение длины стенки рекуператора при ее разогреве от холодного состояния до рабочего режима, и соответственно уменьшение при охлаждении составит  $\pm 50$  мм. Таким образом, необходимо разработать конструкцию компенсатора, которая позволяла бы теплообменной поверхности свободно удлиняться более чем на 50 мм и сохраняла герметичность при длительной эксплуатации с учетом колебательного температурного режима.

Компенсатор был установлен в верхней части рекуператора. Представляет собой лабиринт, заполненный сыпучим материалом, состоит из кольцевого стакана на внешней поверхности корпуса вагранки, в который входит кольцевая оболочка, приваренная к внутреннему теплообменному цилиндру (рис. 1). Стакан состоит из кольца 1, приваренного снаружи к корпусу вагранки 5 и обечайки 2, приваренной к кольцу 1 соосно вагранке. Для предотвращения попадания пыли и воды в компенсатор установлены защитные крышки.

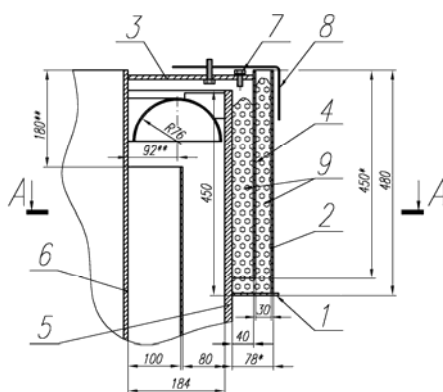


Рис. 1. Схема компенсатора радиационного рекуператора:  
 1 – кольцо; 2 – обечайка; 3 – кольцо; 4 – оболочка; 5 – корпус вагранки;  
 6 – тепловоспринимающий корпус рекуператора; 7 – пробка; 8 – защитная крышка;  
 9 – песок

От материала засыпки компенсатора зависит его газоплотность и геометрические размеры. Для определения газопроницаемости материала засыпки компенсатора была разработана экспериментальная установка, с помощью которой были прове-

дены эксперименты по выбору наиболее пригодного газоплотного материала и определению необходимой высоты его слоя. Схема установки приведена на рис. 2.

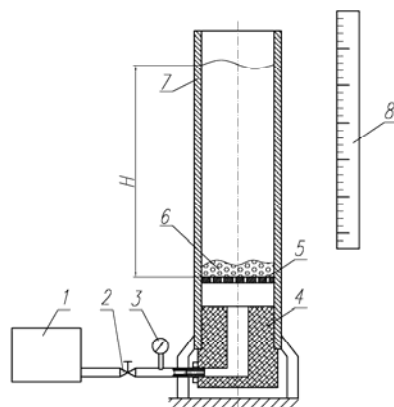


Рис. 2. Схема экспериментальной установки:  
1 – компрессор; 2 – регулятор; 3 – манометр; 4 – пробка; 5 – металлическая сетка;  
6 – исследуемый материал; 7 – труба; 8 – мерная линейка

Стенд состоит из вертикальной трубы диаметром 50 мм и высотой 1000 мм. Компрессором подается воздух, регулятором по показаниям манометра устанавливается давление, соответствующее давлению в рекуператоре. Воздуходувка вагранки развивает давление 1700 мм вод. ст. (17 кПа), для экспериментов устанавливалось давление 2000 мм вод. ст. (20 кПа).

В качестве заполнительных материалов исследовались: песок, чугунная дробь диаметром 0,5 мм, чугунная дробь диаметром 2 мм, чугунная стружка и совместное их использование в различных соотношениях.

Результаты исследования представлены на рис. 3. Они показывают, что наибольшей газоплотностью обладает песок, полная герметичность наступает при слое 600 мм. Все остальные исследованные материалы не обеспечивают газоплотность. На основе полученных результатов в качестве заполнителя для компенсатора был принят песок, высота слоя которого должна быть не менее 600 мм.

Производственные испытания на вагранке показали достаточную герметичность рекуператора, однако при длительной работе выявились неблагоприятные обстоятельства, которые делают подобные конструкции для вагранок ненадежными.

Компенсатор выполнен в верхней части рекуператора и конструктивно расположен внутри мокрого пылеуловителя. Конструкцией предусмотрена защита песочного канала от попадания воды во время работы вагранки. Однако в процессе работы внутри пылеуловителя создается насыщенная паром атмосфера и песок как гигроскопичный материал накапливает влагу. Влажный песок препятствует свободному перемещению оболочки 4. В результате возникают напряжения в сварных швах между тепловоспринимающим корпусом 6, кольцом 3 и оболочкой 4. Как следствие этих напряжений возникает коробление и разрывы сварных соединений и нарушение герметичности рекуператора.

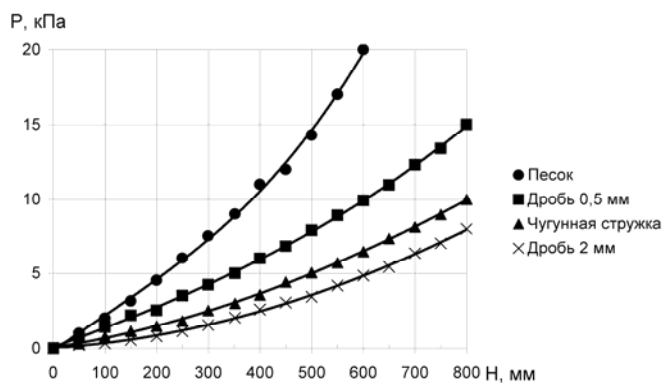


Рис. 3. Результаты исследования

Для обеспечения надежной работы была разработана другая конструкция компенсатора – «скользящий фланец», в которой герметичность создается за счет слоя термически стойкой ткани (рис. 4).

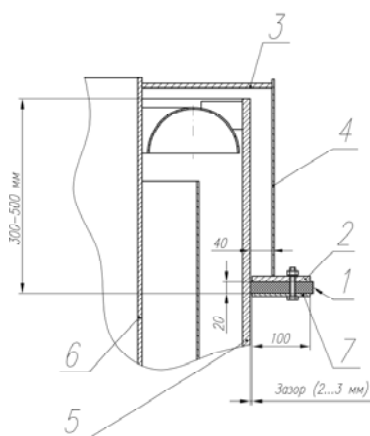


Рис. 4. Схема компенсатора:

1 – жаростойкая ткань; 2 – фланец; 3 – кольцо; 4 – обечайка; 5 – корпус вагранки; 6 – корпус рекуператора; 7 – прижимной фланец

Компенсатор имеет кольцо 3, приваренное к тепловоспринимающему корпусу 6. К кольцу приварена обечайка 4, к которой приварен скользящий по поверхности корпуса вагранки фланец 2. Ткань 1 устанавливается между фланцем 2 и прижимным фланцем 7 таким образом, чтобы обеспечить герметичность между корпусом вагранки 5 и обечайкой 4. При перемещении обечайки 4 ткань вжимается в зазор между фланцами и корпусом и обеспечивается герметичность рекуператора.

Производственные испытания разработанного компенсатора также показали надежную герметичность рекуператора. Однако производственная практика показала, что при длительной работе происходит механическое истирание ткани из-за постоянного перемещения уплотнителя, вызванного колебаниями температуры тепловоспринимающей стенки. При этом требуется постоянное (каждую смену) подтягивание фланца 7. Были испытаны различные типы тканей, но принципиальных отличий не найдено.

## 156 Секция II. Материаловедение и технология обработки материалов

Для устранения выявленных недостатков была разработана конструкция металлического компенсатора из пяти тороидальных элементов С-образного профиля (рис. 5). Монтаж компенсатора осуществляется в сжатом (на 50 мм) состоянии. Для этого предусмотрены зажимы, равномерно расположенные с внешней стороны по периметру компенсатора. После монтажа компенсатор раскрепляется. Таким образом, компенсатор в холодном режиме находится в сжатом (нагруженном) состоянии. В процессе нагрева и выхода на рабочий режим происходит разгрузка компенсатора. При сжатии все элементы работают равномерно, а при нагреве, когда соответственно снижаются механические свойства материала и сварных соединений нагрузки снимаются. Это обеспечивает значительно более высокие показатели надежности, чем при работе секций компенсатора на растяжение.

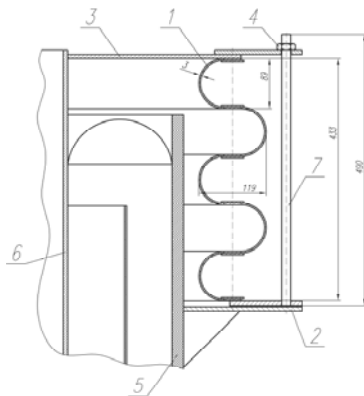


Рис. 5. Схема компенсатора:

- 1 – рабочий элемент компенсатора; 2 – опорный фланец; 3 – кольцо; 4 – гайка;  
5 – корпус вагранки; 6 – тепловоспринимающий корпус рекуператора; 7 – шпилька

Такая конструкция была изготовлена для радиационного рекуператора, установленного на 8-тонной вагранке Могилевского металлургического завода. Производственные испытания показали надежную работу компенсатора вплоть до температуры стенки 600 °С.