

## Усовершенствование технологии монтажа изоляционной футеровки радиантной камеры печи парового риформинга природного газа

*А.М. Буров, Д.К. Сметанников, Н.С. Яцкив, А.В. Белогорцев*

*Институт архитектуры и строительства (ИАуС)  
Волгоградского государственного технического университета (ВолгГТУ)*

**Аннотация:** В работе приведены свойства и номенклатура изделий из керамоволокна применяемого для изоляционной футеровки в печах парового риформинга. На примере футеровки радиантной камеры рассмотрена технология монтажа на анкерные шпильки керамоодеял, применяемая в настоящий момент при строительстве и ремонте печей риформинга. Отмечены недостатки существующей технологии. К ним относятся трудоемкость процесса, сложность контроля монтажа и большая вероятность неравномерности теплопроводности футеровочной поверхности из-за скрытых дефектов, а также распыление в воздухе частиц керамоволокна, вызывающих заболевания. Предложена номенклатура и технология монтажа изоляционной футеровки керамоблоками по направляющим трубкам с последующей контактной сваркой с корпусом камеры. Технология позволит сократить время ремонта, улучшить теплопроводность камеры, снизить риск заболеваний.

**Ключевые слова:** риформинг газа, радиантная камера, изоляционная футеровка, керамоволокно, теплопроводность печи.

### Введение

Установка каталитического риформинга предназначена для получения высокооктановых компонентов бензинов, выделения товарных ароматических углеводородов а также производства технического водорода при высоких температурах и представляет печь - реактор вертикального типа. К основным элементам печи относятся: камера радиации, камера конвекции, змеевики, горелки. В камере радиации происходит сгорание топлива, передача тепла нагреваемому продукту (сырью), находящемуся в змеевике. На камеру радиации (радиантная камера) приходится около 60% теплопередачи всей печи [1,2]. При этом температура природного газа на входе составляет  $560^{\circ}\text{C}$ , а на выходе (выходной коллектор риформинга)  $870^{\circ}\text{C}$ . В самой в камере сгорания температура не более  $1060^{\circ}\text{C}$ .

Корпус радиантной камеры установки парового риформинга имеет форму параллелепипеда с габаритными размерами  $10,12*14,56*13,55$  (м), поставляется в виде панелей без футеровки для сборки. На сборочной

площадке после сборки вертикальных и горизонтальных металлических панелей радиантная камера футеруется изнутри огнеупорным материалом [3,4].

### Материалы и методы

В настоящий момент радиантная камера печи риформинга футеруется материалами из керамоволокна [5-7]. Термодинамические свойства керамоволокна приведены в таблице 1. Номенклатура представляет широкий спектр изделий в виде керамических одеял, керамического шнура, блоков, плит, керамической бумаги, огнеупорной мастики или формовочных покрытий, а также пенофракса, наносимого на поверхность распылением.

Данный материал позволяет моделировать изделия практически любой формы. Преимущества материала в его малом весе, малой тепловой инерционности, хороших изолирующих свойствах и устойчивости к резким колебаниям температуры, простоте монтажа.

Таблица № 1.

Термодинамические свойства керамоволокна.

Характеристика материала	Сред. знач.	Ед. изм.
<u>Остаточное линейное удлинение после изотермического воздействия тепла в течении 24 час</u>		
При средней температуре 1100 <sup>0</sup> С	-1,9	%
При средней температуре 1200 <sup>0</sup> С	-2,9	%
При средней температуре 1250 <sup>0</sup> С	-3,3	%
<u>Теплопроводность</u>		
При средней температуре 600 <sup>0</sup> С	0,11	Вт/мК
При средней температуре 800 <sup>0</sup> С	0,16	Вт/мК
При средней температуре 1000 <sup>0</sup> С	0,21	Вт/мК
<u>Удельная теплоемкость</u>	1,14	кДж/кгК
<u>Химический состав</u>		
SiO <sub>2</sub>	53,0...58	%
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	42,0...47,0	%
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	<0,20	%

По существующей технологии, футеровка радиантной камеры печи осуществляется путем крепления керамических одеял, на металлические панели печи [3,8,9]. Схема крепления приведена на рис.1. Для этого необходимо установить в определённой последовательности анкерные шпильки из нержавеющей стали. Анкерные шпильки закрепляются на панелях камеры при помощи сварки. Наиболее эффективное применение нашли анкерные шпильки 2 с выемками на своей поверхности (рис.1). Эти выемки позволяют фиксировать и крепить керамические одеяла 4 при помощи клипс 3, а также регулировать сжатие одеяла во время монтажа (см. рис. 1).

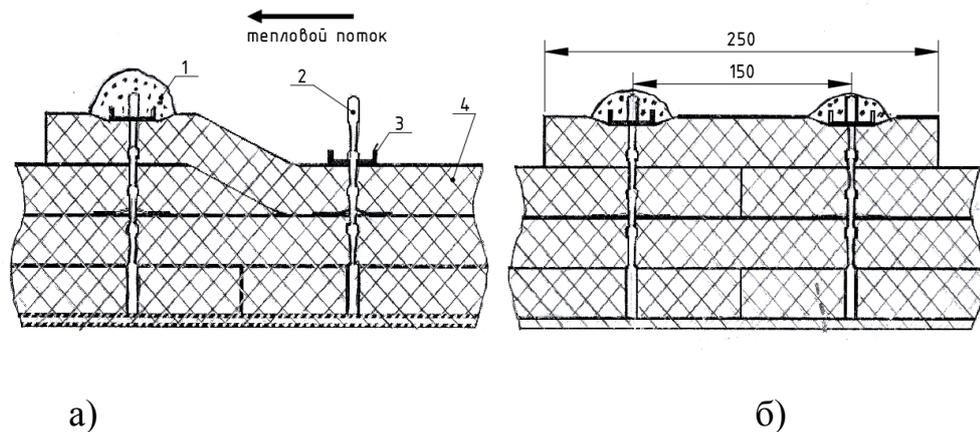


Рис. 1. Схема крепления керамических одеял на поверхность панелей  
а)- футеровка внахлест неровного стыка поверхностей; б)- футеровка внахлест ровного стыка поверхностей; 1-термостойкая пена (пеностойкая пена); 2-анкерная шпилька; 3- клипс; 4-керамическое одеяло.

Для исключения потерь тепла и разрушения поверхности изолированной керамоволокном стены, необходимо выполнять монтаж одеял внахлест, в тех местах, где рулон заканчивается. Нахлест необходимо делать в сторону направления потока пламени горелок не менее 100 мм от стыка одеял, для предотвращения утечек тепла.

К достоинству использования керамических одеял можно отнести: 1- возможность их применения при футеровке неровной поверхности (рис.1.а);

2- поверхности тоннелей, имеющих многочисленные отводы или небольшой внутренний диаметр; 3- возможность применения при монтаже одеял, с различной плотностью, тем самым увеличивая термоизоляцию на участках с более высокими температурами и экономя материал в тех местах, где температуры не настолько высоки, применяя одеяла меньшей плотности; 4- термоодеяла наиболее эффективны в местах с повышенной вибрацией; 5- при монтаже футеровки, применение различных по длине шпилек позволяет регулировать количество слоев керамоодеял, тем самым добиваясь увеличения рабочих температур камеры до 1060° С.

### **Результаты исследования**

Применяемая технология монтажа изоляционной футеровки имеет несколько существенных недостатков: 1) крепление керамоодеял трудозатратный процесс, предполагает применение строительных лесов и большого количества квалифицированного персонала; 2) требуется тщательный контроль при производстве работ, так как одеяла могут рваться при неаккуратном обращении, а установка их раскатыванием из-под свода печи вниз вдоль стены приводит к дополнительной трудоёмкости процесса монтажа, вследствие ошибочных действий и появления нежелательных отверстий (дефектов) в одеяле, ухудшающих теплопроводность; 3- появление нежелательных отверстий в одеяле приводит к распылению в замкнутом пространстве частиц керамоволокна, вызывающих заболевание дыхательных путей и другие тяжёлые болезни у людей.

Вследствие указанных причин сроки ремонта часто перекрывают нормативные. При вышеуказанных габаритах камеры радиации, и при работе в две смены, время ремонта увеличивается в два раза от установленного в 28 дней.

Из вышесказанного можно сделать вывод, что усовершенствование технологии монтажа огнеупорной футеровки является актуальной задачей.

---

Поставленную цель можно достичь следующим образом. Радиантную камеру предлагается футеровать специальными блоками на основе керамоволокна [8,10]. Керамический блок-модуль - это изделие из керамоволокна, в которое устанавливается специальный сварочный узел (рис.2).

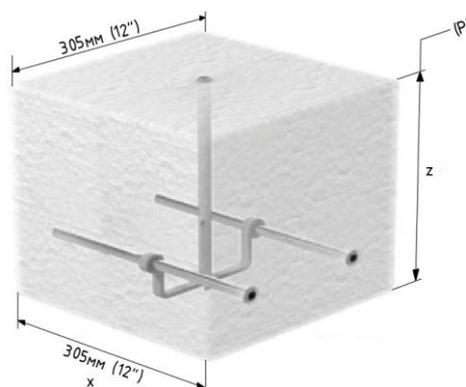


Рис. 2. Керамический блок- модуль

Предварительная установка сварочного узла в керамический блок-модуля, позволяет изменить технологию монтажа изоляционной футеровки. На рис 3 показана схема крепления керамоблока при монтаже изоляционной футеровки.

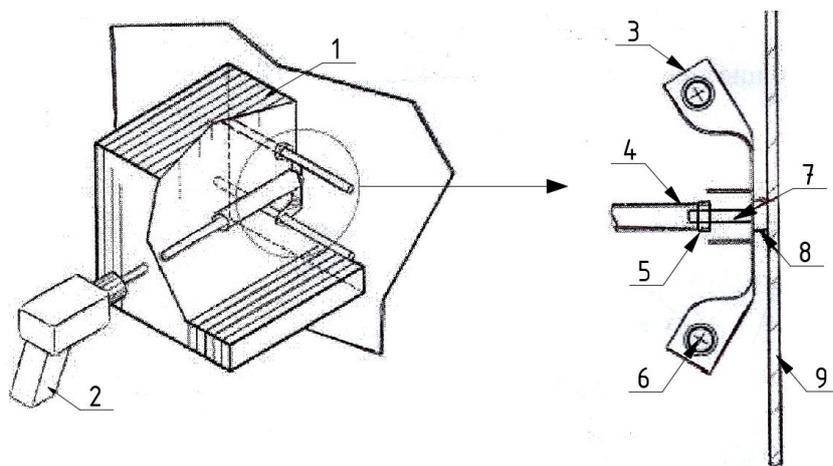


Рис. 3. Схема крепления керамоблока контактной сваркой

1-керамический модуль; 2- сварочный пистолет; 3-модульный анкер; 4- торсионный трубчатый ключ; 5-гайка; 6-опорная трубка модуля; 7- сварочная контактная шпилька; 8- экран; 9 - стенка корпуса камеры.

Монтаж ведется двумя рабочими. В начальный момент керамоблок устанавливают (см. рис.3) на поверхность стенки корпуса камеры 9, а стыковку с соседними блоками осуществляют по опорным трубкам 6.

С помощью сварочного пистолета 2 осуществляется контактное воздействие на сварочную контактную шпильку 7. В результате образуется сварочное соединение шпильки 7 с корпусом 9. По окончании сварки, торсионным трубчатым ключом 4 осуществляется дополнительный прижим керамоблока к стенке радиантной печи гайкой 5.

### **Заключение**

При футеровке радиантной камеры риформинга керамическими блоками, процесс монтажа изоляции упрощается, количество задействованного персонала и оснастки уменьшается.

Уменьшается риск повреждения изоляционного материала, а вероятность распространения керамической пыли и частиц в воздухе резко снижается.

Улучшаются теплоизоляционные свойства, вследствие большей равномерности теплопроводности изоляционной футеровки. Равномерность теплопроводности обеспечивается отсутствием появления скрытых дефектов в керамоволокне.

Процесс сервисного обслуживания и время текущего ремонта изоляции сокращается не менее чем в два раза, по сравнению с керамическими одеялами.

### **Литература**

1. Багиров И.Т. Современные установки первичной переработки нефти. М.: Химия, 1974. 240 с.
2. Владимиров А. И. Установки каталитического риформинга. М.: Нефть и газ, 1993. 60 с.

3. Земляной К.Г. Служба огнеупоров. Екатеринбург: Изд-во Уральского ун-та, 2018. 172 с.
4. Капустин В.М., Рудин М.Г., Кукес С.Г. Справочник нефтепереработчика. М.: Химия, 2018. 416 с.
5. Ахметов С.А., Сериков Т.П., Кузеев И.Р., Баязитов М.И. Технология и оборудование процессов переработки нефти и газа. СПб: Недра, 2006. 868 с.
6. Leiser D.B., Smith M., Stewart D.A., Goldstein H.E. Ceram. Eng. and Sci. Proco. 1983. № 7, p. 551.
7. Mc. Cormick M.J., Advam Ceram. Mater. 1988. v. 3, № 4, p. 317.
8. Кац С. М. Высокотемпературные теплоизоляционные материалы. М.: Металлургия, 1981. 232 с.
9. Бабашов Е.Г. Гибкие высокотемпературные изоляционные материалы на основе муллитокорундовых волокон: Диссертация на соискание ученой степени к.т.н. М.: 2015. 147 с.
10. Полежаев Ю.В., Юревич Ф.Б. Тепловая защита. Под ред. Лыкова А.Б. М.: Энергия, 1976. 392 с.

### References

1. Bagirov I.T. Sovremennyye ustanovki pervichnoy pererabotki nefi [Modern primary oil refining plants]. М.: Khimiya, 1974. 240 p.
  2. Vladimirov A. I. Ustanovki kataliticheskogo riforminga [Catalytic reforming plants]. М.: Neft' i gaz, 1993. 60 p.
  3. Zemlyanoj K.G. Sluzhba огнеупоров [Refractories service]. Ekaterinburg: Izd-vo Ural'skogo un-ta, 2018. 172 p.
  4. Kapustin V.M., Rudin M.G., Kukes S.G. Spravochnik neftepererabotchika [Petroleum Refiner's Handbook]. М.: Khimiya, 2018. 416 p.
  5. Akhmetov S.A. Serikov T.P., Kuzeev I.R., Bayazitov M.I.. Tekhnologiya i oborudovaniye protsessov pererabotki nefi i gaza [Technology and equipment of oil and gas processing processes]. SPB: Nedra, 2006. 868 p.
-



6. Leiser D.B., Smith M., Stewart D.A., Goldstein H.E. Ceram. Eng. and Sci. Proco. 1983. № 7, p. 551.
7. Mc. Cormick M.J., Advam Ceram. Mater. 1988. v. 3, № 4, p. 317.
8. Kats S. M. Vysokotemperaturnyye teploizolyatsionnyye materialy [High-temperature thermal insulation materials]. M.: Metallurgiya, 1981. 232 p.
9. Babashov E.G. Gibkiye vysokotemperaturnyye izolyatsionnyye materialy na osnove mullitokorundovykh volokon [Flexible high-temperature insulation materials based on mullitocorundum fibers]: Dissertatsiya na soiskaniye uchenoy stepeni k.t.n. M.: 2015. 147 p.
10. Polezhayev YU.V., Yurevich F.B. Teplovaya zashchita [Thermal protection]. Pod red. Lykova A.B. M.: Energiya, 1976. 392 p.