

UDC 621.03:622.08

DOI 10.52171/herald.246

Influence of Corrosion and Scale Deposition on Thermal Processes of Silicate Pipe Coatings

N.Yu. Ibragimov

Azerbaijan State University of Oil and Industry (Baku, Azerbaijan)

For correspondence:

İbragimov Nazim / e-mail: nazim.ibragimov.2015@ mail.ru

Abstract

The study of scale deposits on the inner surface of the glass coatings of pipes was carried out. Experimental studies have shown that during long-term operation, slight deposits of scale centers are observed on the surface of the glass coatings of pipes, while a strong layer of scale forms on the inner surfaces of metal pipes. The virtual absence of deposits in vitrified pipes is due to the increased cleanliness of the glass surface and its resistance to the aggressiveness of substances dissolved in sea water. This eliminates the formation of scale centers with glass so small that it is washed away by sea water. The vitrified pipes were subjected to a cleaning cloth and then washed with a 5-8% hydrochloric acid solution. After cleaning the surface of the glass coating, the pipes had the original appearance of glass

Keywords: glass coatings, experimental study, scale deposition, scale thickness, temperature difference, scale thermal resistance, glass surface cleanliness.

Submitted 11 Aug 2022

Published 17 Mar 2025

For citation:

N.Y. Ibragimov

[Influence of Corrosion and Scale Deposition on Thermal Processes of Silicate Pipe Coatings]

Herald of the Azerbaijan Engineering Academy, 2025, vol. 17 (1), pp. 76-80

Korroziya və ərpin silisium örtüklü borularında istilik proseslərinə təsiri

N.Y. İbrahimov

Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti (Bakı, Azərbaycan)

Xülasə

Silisium örtüklü boruların daxili səthlərində korroziyanın və ərpin yaranmasının tədqiqatı aparılmışdır. Eksperimental tədqiqatlar göstərir ki, uzun müddətli istismar zamanı silisium örtüklü boruların səthlərində cüzi olaraq ərpin və korroziyanın əmələ gəlməsi aşkar olunur. Eyni zamanda metal borunun daxili səthlərində möhkəm korroziya və ərpin qatının yaranması müşahidə edilmişdir. Silisium örtüklü boruda korroziya və ərpin olmaması örtüyün səthinin hamar olması və dəniz suyunda dayanıqlığını göstərir. Az ərpin və korroziya olsa da dəniz suyunun axınından yuyularaq aradan qaldırılır. Silisium örtüklü borular 5-8% xlor turşusunun məhlulu ilə asan yuyularaq tam təmizlənir. Sonrakı mərhələlərdə əvvəlki vəziyyətinə qayıdaraq istifadə oluna bilər.

Açar sözlər: silisium örtük, eksperimental tədqiqat, ərpin qatı, ərpin qalınlığı, temperatur düşüsgüsü, ərpin termiki müqaviməti, örtüyün səthinin təmizliyi.

Влияние коррозии и отложения накипи на тепловые процессы силикатных покрытий труб

Н.Ю. Ибрагимов

Азербайджанский государственный университет нефти и промышленности (Баку, Азербайджан)

Аннотация

Проведено исследование отложения накипи на внутренней поверхности силикатных покрытий труб. Эксперименты показали, что при длительной эксплуатации на поверхности силикатных покрытий труб наблюдаются незначительные отложения очагов накипи, в то время как на внутренних поверхностях металлических труб образуется прочный слой накипи и продуктов коррозии. Практическое отсутствие отложений в силикатных покрытиях труб объясняется повышенной чистотой поверхности покрытия и его стойкостью к агрессивности веществ, растворенных в морской воде. Это исключает образование очагов накипи с покрытием, так как накипь настолько мала, что смывается потоком морской воды. Силикатные покрытия трубы подвергались очистке шомпальной ветошью, а затем промывались 5-8 %-ным раствором соляной кислоты.

Ключевые слова: силикатные покрытия, экспериментальное исследование, отложение накипи, толщина накипи, перепад температуры, термическое сопротивление накипи, чистота поверхности покрытия.

Введение

В настоящее время в теплоэнергетических установках широко применяются неорганические покрытия (эмаль, стекло, керамики и т.д.) с целью защиты труб от коррозионно-механического изнашивания и отложения накипи в условиях высокоминерализованной среды [1].

Обследование, проведенные в технологических цехах нефтехимических заводов, а также на ТЭС, показали, что коррозионно-механическому износу и отложению накипи подвергаются трубы из различных марок сталей. Эти процессы наиболее интенсивно протекают по внутренней поверхности труб различных диаметров и являются результатом контакта с минерализованными средами в широком диапазоне температур, давлений и скоростей потока, образующих сплошные дополнительные покрытия толщиной 1,5÷2,5 мм [1, 2].

Известно, что силикатные покрытия термодинамические устойчивы к действию высокоминерализованной среды. Результатом этого действия являются расщепление и выщелачивание силикатного покрытия, а также образование продуктов коррозионно-механического износа и отложения накипи. При изучении процессов выявляются дополнительные проблемы, в частности влияние ряда физико-химических свойств силикатных покрытий и высокоминерализованной среды на толщину образования продуктов коррозии и накипи по внутренней поверхности труб.

Постановка задачи

Для определения толщины отложений и продуктов коррозии по внутренней поверхности силикатного покрытия восполь-

зовались объемным и весовым способами по формуле [3]:

$$K = \frac{m_2 - m_1}{F\tau} \quad (1)$$

где m_1, m_2 - масса силикатных покрытий труб до и после длительного испытания; F - внутренняя поверхность силикатного покрытия трубы; τ - время испытаний покрытий труб (60÷90 суток).

В качестве эмалированных образцов приняты трубы длиной $L=1.0\div2.5$ м с диаметрами и толщиной $\varnothing 25 \times 1.5$ мм, $\varnothing 32 \times 4.0$ мм, $\varnothing 57 \times 3.5$ мм. Основными параметрами эксперимента были выбраны скорость течения морской воды в пределах $v=0.2\div2.0$ м/с и перепад температуры воды $\Delta T = 45^\circ \div 80^\circ \text{C}$.

Следует отметить, что образование продуктов коррозии и отложения накипи по поверхности силикатных покрытий труб значительно влияет на теплопроводность и теплопередачу труб. Теплопроводность покрытия трубы изменяется в весьма широких пределах в зависимости от природы силикатного изделия, что объясняется различным механизмом переноса теплоты. В большинстве случаев она имеет сложную зависимость от изменения температуры и скорости теплового потока морской воды.

При повышении температуры теплопроводность сначала почти не изменяется, а затем медленно возрастает за счет увеличения переноса теплового потока внутри кристаллической решетки [4]. В связи с этим определение значения теплопроводности силикатных покрытий затрудняется рядом факторов. Точные справочные данные о теплопроводности при повышении температуры теплового потока для различных марок силикатного покрытия отсутствуют [4, 5].

Проведено экспериментальное исследование теплопроводности покрытий труб с использованием стационарного метода цилиндрических деталей.

Схема экспериментальной установки принципиально не отличалась от известных, разработанных НИИ-ЭМАЛХИМ-МАШ России [5, 6].

При экспериментальном определении теплопроводности покрытия с образованием продуктов коррозии и отложения накипи на внутренней поверхности покрытий труб максимальный разброс данных составлял 3-5%.

По данным эксперимента и геометрических параметров труб определяли изменение коэффициента теплопроводности с использованием известного уравнения теплопроводности для полых цилиндрических деталей [6, 7].

Следует отметить, что теплопроводность силикатного покрытия является функцией их химического состава. Существуют различные окислители, вводимые в покрытие, либо их заменяют кремнием.

Решение задачи

Рассчитывают теплопроводность по формуле [7]:

$$\lambda = \lambda_1 P_1 + \lambda_2 P_2 + \dots + \lambda_i P_i = \sum_{i=1}^n \lambda_i P_i \quad (2)$$

где $P_1, P_2, \dots, P_i$ - содержание окислов; $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_i$ - удельные теплопроводности окислов в покрытиях.

Коэффициент теплопроводности покрытия трубы также можно рассчитать по формуле:

$$\frac{1}{\lambda} = \frac{V_1}{\lambda_1} + \frac{V_2}{\lambda_2} + \frac{V_3}{\lambda_3} + \dots + \frac{V_i}{\lambda_i} = \sum_{i=1}^n \frac{V_i}{\lambda_i} \quad (3)$$

Здесь $V_1, V_2, V_3, \dots, V_i$ - объем процентных содержаний окислов.

Результаты экспериментальных исследований теплопроводности эмалированных труб при повышении температуры с учетом образования отложения накипи и продуктов коррозии можно записать в следующем виде:

$$\lambda_c = \frac{q \delta}{\Delta T_1 \pm \Delta T_2 \pm \Delta T_3} \quad (4)$$

где q – удельный тепловой поток Вт/м²; δ – толщина стенки покрытий труб; $\pm$ означает процесс нагревания и охлаждения среды; ΔT_1 - перепад температуры металлической трубы.

$$\Delta T_1 = q_1 \frac{\delta_c}{\lambda_c} \quad (5)$$

Здесь q_1, δ_c, λ_c - соответственно, тепловой поток, толщина и коэффициент теплопроводности стенки металлической части трубы.

Аналогично, перепад температуры покрытий и продуктов коррозии, а также отложения накипи имеют вид:

$$\Delta T_2 = q_2 \frac{\delta_n}{\lambda_n} \quad (6a)$$

где q_2, δ_n, λ_n - соответственно, тепловой поток, толщина и коэффициент теплопроводности стенки покрытия трубы.

$$\Delta T_3 = q_3 \frac{\delta_{KH}}{\lambda_{KH}} \quad (6b)$$

где $q_3, \delta_{KH}, \lambda_{KH}$ - соответственно, тепловой поток, толщина и коэффициент теплопроводности стенки продуктов коррозии и накипи.

Результаты экспериментальных исследований представлены в таблице. В числителе – показатель для силикатных труб. В знаменателе – показатель для трубы с учетом продуктов коррозии и отложения накипи.

Таблица – Исследование теплопроводности покрытий

Table – Study of thermal conductivity of coatings brand coatings

Марка покрытий	Коэффициента теплопроводности λ_c при повышении температуры покрытий (ΔT , °C)							
	40	80	120	160	220	260	300	350
АБ-1	0.72	0.79	0.84	1.21	1.42	1.62	1.78	1.85
	0.64	0.71	0.76	0.98	1.31	1.49	1.61	1.68
N-14	0.76	0.81	0.89	1.33	1.51	1.71	1.81	1.89
	0.62	0.76	0.79	1.11	1.38	1.58	1.61	1.65
С-89	0.78	0.84	0.91	1.41	1.61	1.82	1.89	1.95
	0.67	0.69	0.86	1.22	1.42	1.53	1.63	1.71

Заклучение

Опыты показали, что отложившаяся накипь и продукты коррозии на поверхности силикатных покрытий труб приобретают вид сплошных полосок толщиной 100÷150 мкм и образуются по всем внутренним поверхностям покрытий трубы.

После очистки силикатных покрытий труб шомполом с ветошью и промывки 3-5 %-ным раствором соляной кислоты их поверхность принимала первоначальный вид. Это объясняется высокой гладкостью поверхности силикатных покрытий труб, т.е.

чистотой повышенного класса поверхности покрытия.

Коэффициент теплопроводности покрытий труб с образованием слоя продуктов коррозии и отложения накипи уменьшается на несколько десятых долей при повышении температуры до 400°C.

Конфликт интересов

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов, связанных с публикацией данной статьи.

REFERENCES

1. **Ibragimov N.Yu.** Opredelenie tolshhiny otlozheniya nakipi v osteklovannyh i metallicheskih trubah // Promyshlennaya energetika, Moskva, 2000, no.10.
2. **Malyshevskij I.A.** Ispolzovanie morskoy vody v sistemah ohlazhdeniya TES. - Moskva: "Energija", 1991.
3. **Ibragimov N.Ju.** Osteklovannye truby v truboprovodah i teploobmennyy apparatah morskogo sudna. – Baku: "Azerneshr", 1999.
4. **Permjakov V.A., Borovkov V.M.** Otechestvennye kozhuhotrubchatye podogrevateli novogo pokoleniya dlya tehniceskikh sistem teplosnabzheniya // Promyshlennaya energetika, Moskva, 2004 (11).
5. **Sen L.I.** Teplofizicheskie processy ispolzovaniya morskoy vody v kotelnyh ustanovkah. Avtoreferat doktorskoy dissertacii. Minsk, 1986.
6. **İbrahimov N.Y., Məmmədliyəv R.M., Bayramov X.B.** Lazer qurğusunda siyirtmə sipərinin səthinə metal ovuntu örtüyünün çəkilmə texnologiyası // Azərbaycan Mühəndislik Akademiyasının Xəbərləri, Bakı, 2018, cild 6 (3), s. 41-44.
7. **Rəhimova M.S., Qafarov F.M., Namazova G.İ.** Magistral boru kəmərlərinin qaynaq birləşmələrinin etibarlığının tədqiqi // Azərbaycan Mühəndislik Akademiyasının Xəbərləri, Bakı, 2019, cild 11 (2), s. 43-46.