

Адгезия цементной композиции к стали

Уфимский государственный нефтяной технический университет
450062, г. Уфа, ул. Космонавтов, 1; тел.: (347) 228-22-00

Изложен способ обеспечения долговечности стальных нефтепромысловых трубопроводов путем нанесения защитных покрытий на внутреннюю поверхность. Рассмотрено применение цементных композиций, содержащих, наряду с гидравлическим вяжущим, неорганические и органические компоненты, повышающие технологические и эксплуатационные характеристики защитных покрытий, наносимых в полевых условиях на внутреннюю поверхность технологических трубопроводов.

Ключевые слова: адгезия, долговечность, цементная композиция, портландцемент, жидкое стекло, едкий натр, полимерная добавка, технологические жидкости, агрессивное воздействие, нефтепромысловый трубопровод, пневмопоршневой способ, усадочные деформации покрытия, адгезионная прочность, демпфирующий эффект.

Стальные трубопроводы находят широкое применение в различных отраслях экономики. Для обеспечения заданной долговечности необходима защита трубопроводов от агрессивного воздействия технологических жидкостей. Обеспечение долговечности стальных нефтепромысловых трубопроводов по транспортированию сточных вод в настоящее время осуществляется, главным образом, применением ингибиторов коррозии стали и защитных покрытий на основе лакокрасочных материалов, стекла, эмалей и полиэтилена.

Значительного эффекта пассивации поверхности стали можно добиться нанесением на нее минеральной композиции на основе портландцемента ¹. Необходимым условием долговечности покрытия и выполнение им защитных функций является адгезия цементной композиции к поверхности стальной трубы. Цементная композиция может быть нанесена на поверхность, смачиваемую водой, либо другими полярными жидкостями, содержащими полярные функциональные группы (например, OH^-) ²⁻⁸. Начальная адгезия (смачивание — прилипание с помощью полярной жидкости) в неорганических системах с вяжущими свойствами заменяются последующими прочными адгезионными контактами ^{1, 9, 10}. Значения интегральных характеристик нормального

сцепления, приведенные в работах ^{8, 11-17}, одного порядка. Это говорит о достоверности метода оценки выше упомянутых характеристик механического состояния зоны контакта между покрытием из цементной композиции и стальной поверхностью, определяемого физико-химическим, химическим и физическим взаимодействием между ними.

Большое значение для обеспечения надежного сцепления покрытия со стальной основой (подложкой) имеет сглаживание отрицательного влияния усадочных деформаций, которые связаны с уменьшением свободной, адсорбционно или химически связанной воды в цементной композиции. Так, в работе ¹⁸ отмечается, что при подвижности бетонной смеси более 5–7 см сцепление в результате возрастания усадки пристыковых слоев бетона будет понижаться. Это объясняется тем, что при пластификации смеси путем увеличения исходного содержания воды наблюдаются более значительные собственные объемные деформации бетона, связанные с перемещением влаги как в самом бетоне при протекании процесса гидратации, так и в окружающую среду (при понижении ее влажности, давления и повышении температуры).

Метод прогнозирования монолитности отделочного слоя, или иначе, метод оценки сплошности системы, состоящей из различных слоев (в том числе, по времени изготовления), изложен в работах ^{8, 13-15, 17, 18}. Для решения задачи необходимо определить в общем случае разность деформаций (усадок, например) слоя защитного покрытия и основания (ϵ), а также предельную растяжимость слоя ($\epsilon_{\text{пр}}$) в изделии. С ростом усадки оболочечного слоя возможны следующие виды нарушения монолитности: при $\epsilon \leq \epsilon_{\text{пр}}$ может произойти отслоение, при $\epsilon > \epsilon_{\text{пр}}$ наступит растрескивание. В любом случае для предотвращения нарушения монолитности необходимо назначить меры по сближению величин конечной усадки и предельной растяжимости, а в случае отслоения — по дополнительному увеличению прочности сцепления защитного слоя с основанием ¹⁸.

Дата поступления 22.05.07

При нанесении покрытия способом центрифугирования обеспечивается уплотнение материала и увеличение площади молекулярных контактов между цементной композицией и сталью. Применение цементно-песчаных растворов в данном случае позволяет обеспечить равномерную толщину покрытия, прочно связанного с поверхностью трубы ^{5, 13, 17, 19, 20}. При защите внутренней поверхности трубопровода пневмопоршневым способом требования к адгезионным и тиксотропным свойствам цементных композиций повышаются ^{14, 15, 22}.

Учитывая замечания ^{1, 21}, адгезионную прочность, по-видимому, можно увеличить за счет повышения концентрации функционально активных групп и композиции путем введения в ее состав натриевого жидкого стекла с силикатным модулем $m > 2$. При использовании в качестве вяжущего алитового портландцемента, активно гидратирующего с момента затворения водой, в результате взаимодействия жидкого стекла с гидроксидом кальция образуется едкий натр, приводящий к увеличению концентрации активных функциональных групп (OH^-) у поверхности стали. При этом в растворе силиката натрия имеют место полимерные образования из полианионов с отрицательно заряженной поверхностью ²¹. Последнее говорит о том, что при нанесении цементной композиции на поверхность трубопровода кроме водородных связей здесь могут образовываться ионные связи отрицательно заряженных коллоидов кремниевой кислоты с положительно заряженными участками поверхности стали. Действие молекулярных сил влияет на структуру граничных слоев, материала покрытия и стали ^{2, 3}. Можно предположить, что последующее образование прочных адгезионных контактов, заменяющих начальную адгезию, будет сопровождаться упрочнением и уплотнением граничащего со сталью слоя покрытия.

Введение в состав цементной композиции дополнительного латекса дивинилстирольного каучука, устойчивого в щелочной среде, должно положительно сказаться на увеличении сил сцепления покрытия со стальной поверхностью. Это может быть объяснено меньшим влиянием усадки на напряженно-деформированное состояние контактной зоны в силу демпфирующего эффекта, вызванного полимерной добавкой ^{11, 14}.

При экспериментальной проверке предложенных способов повышения адгезии и снижения отрицательного влияния усадки цементной композиции на сцепление покрытия с поверхностью стальной трубы было установлено: прочность сцепления покрытия с основой при нормальном отрыве для цементной композиции с добавкой жидкого стекла, дивинилстирольного латекса и регулятора жизнеспособности состава композиции оказалась выше, чем для сцепления контрольного состава (цементно-песчаного раствора) в 2.5–4.0 раза.

Литература

1. Урьев Н. Б. // Ресурсы. Технология. Экономика.— 2006.— №3.— С. 43.
2. Сычев М. М. Неорганические клеи: 2-е издание, переработанное и дополненное.— Л.: Химия, 1986.— 152 с.
3. Шукин Е. Д., Перцова А. В., Амелина Е. А. Коллоидная химия.— М.: МГУ, 1982.— 384 с.
4. Fukunishi Akio, Mori Jasushige, Funtai Kagakkaishi // Soc. Power Technol.— 2004.— V. 41, №3.— P. 162.
5. Fischer Hans-Bertram, Stark Jochen // Zement-Kalk-Gips Int.— 2005.— V. 58, №12.— P. 79.
6. Girard-Reyder Emmanuel, Oslanec Robert, Whitfan Philip, Brown Hugh R. // Langmir.— 2004. V. 20, №3.— P. 708.
7. Utilisation de compositions aqueuses de traitement de surfaces de mortiers a base de sulfate de calcium anhydre assurant une forte adherence des materiux de finition. Заявка 2865472. Франция МПК с 04 в 41/48, с 04 В 40/00. / Chryso Soc. Sas Dubois Brugger Isabelle, Boustingorry Pascal, Mosquert Martin №0400713. Заявл. 26.01.2004.
8. Courand L. // Mag. Concr. Res.— 2005.— V. 57, №5.— P. 273.
9. Akolzin A. P., Jhosh P., Kharitonov Y. Y. // J. Electrochem. Soc. India.— 1984.— 33-2.— P. 177.
10. Петрова В. З., Чилинкина Т. Р., Чилинкина М. В. Исследование процессов физико-химического взаимодействия стали и ситаллоцемента. // Новые материалы и технологии НМТ-2002. Тез. докл. на Всерос. науч.-техн. конф.— Т 1.— М: Изд-во «МАТИ»,— РГТУ, 2002.— С. 40.
11. Мацкович А. Ф., Федоренко Р. И., Яворский А. А. // Бетон и железобетон.— 1978.— №10.— С. 23.
12. Слипченко Г. Ф., Кац Л. А., Литвиненко В. А., Черкинский Ю. С. // Бетон и железобетон.— 1975.— №8.— С. 11.
13. Li Yigiang, Xing Guandjing, Huazhong Keji daxue xuebao. Zirau Kexue ban // J. Huazhong Univ. Sei and Technol. Natur. Sei.— 2004.— V. 32, №11.— P. 94.

14. Jennt A., Holzer L., Zurbriggen R., Herwegh M. // Cem. And Concr. Res.— 2005.— V. 35, №1.— P. 35.
15. Нелюбина Н. Х., Шибеева Г. И. // Изв. вузов. Строительство.— 2006.— №2.— С. 40.
16. Mukteparela F., Bakradze G., Tamanis E., Stolyarova S., Zaporina N. // Phys. Status solidic.— 2005.— V. 2, №1.— P. 339.
17. Garbacz A., Gorka M., Courard L. // Mag. Concr. Res.— 2005.— V. 57, №1.— P. 49.
18. Горчаков Г. И., Михайловский В. П., Пименова А. Р. // Бетон и железобетон.— 1978.— №6.— С. 35.
19. Пособие по защите внутренней поверхности стальных труб от коррозии (к СНиП 2.04.02-84 Водоснабжение. Наружные сети и сооружения) / АКХ им. К.Д. Памфилова.— М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1985.— 16 с.
20. Song Jiquan, Du Cuiwei, Li Xiaogang // J. Univ. and Technol. Breijing.— 2006.— №13.— P. 37.
21. Тотурбиев Б. Д. Строительные материалы на основе силикат-натриевых композиций.— М.: Стройиздат, 1988.— 206 с.
22. Benard Q., Fois M., Grisel M. // Int. J. Adhes and Adhes.— 2005.— V. 25, №5.— P. 404.