
ПОЖАРНАЯ ТАКТИКА, ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРОЦЕССОВ ГОРЕНИЯ И ТУШЕНИЯ

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ НАНЕСЕНИЯ ПОЛИМЕРНЫХ ПОКРЫТИЙ НА НЕФТЕПЕРЕРАБАТЫВАЮЩЕЕ ОБОРУДОВАНИЕ

А.Ю. Андриюшкин, кандидат технических наук, доцент;

М.Ю. Михеенков.

**Балтийский государственный технический университет «ВОЕНМЕХ»
им. Д.Ф. Устинова.**

А.А. Цой.

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

Полимерные покрытия широко применяют в качестве теплоизоляции и для защиты от агрессивных сред металлоконструкций нефтеперерабатывающего оборудования. Приведены технологические методы формирования полимерных покрытий. Рассмотрено гидравлическое сопротивление различных каналов технологической оснастки. Проведен анализ разновидностей течений полимерных композиций.

Ключевые слова: композиция, покрытие, теплоизоляция, технология, оснастка

THEORETICAL ASPECTS OF THE FIXING POLYMERIC COVERING ON EQUIPMENT FOR OIL

A.Yu. Andryushkin; M.Yu. Miheenkov.

Baltic state technical university «VOENMEH» named after D.F. Ustinov.

A.A. Tsoy. Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia

Polymeric covering broadly use as protection from heat and protection from aggressive ambiances metallic design equipment for oil. The technological methods of the shaping polymeric covering are Brought. The hydraulic resistance different channel technological rig is Considered. The Organized analysis of the varieties of the currents polymeric composition.

Keywords: composition, covering, insulation, technology, rig

Проблемы безопасности на объектах нефтеперерабатывающего комплекса имеют особое значение. Развитие и интенсификация нефтеперерабатывающей промышленности в современных условиях сопровождается ростом числа аварийных ситуаций, приводящих к возгоранию или взрыву углеводородных веществ. Повышение пожаровзрывобезопасности нефтеперерабатывающих комплексов является важнейшей составной частью обеспечения защищенности населения от угроз техногенного и экологического характера [1].

Опасность возникновения и возможность дальнейшего развития аварийных ситуаций на предприятиях нефтеперерабатывающих комплексов определяется физико-химическими

параметрами свойств используемого сырья (нефти и газа), а также взрывопожароопасными технологическими процессами их переработки. Обеспечение гарантии промышленной (в том числе и пожарной) безопасности на данных предприятиях является одним из самых приоритетных направлений государственной политики стран, в том числе России, – крупнейших участников мирового нефтяного рынка [2].

Спецификой нефтеперерабатывающего оборудования является работа в различных агрессивных средах. Большое значение для обеспечения пожаровзрывобезопасности имеет разработка методов защиты от коррозии оборудования, поскольку коррозионные разрушения ведут к колоссальным материальным затратам на ремонт и замену оборудования, увеличиваются затраты из-за простоя оборудования, ликвидации аварийных разливов добываемых и транспортируемых продуктов. В связи с этим большое значение в нефтепромышленном и нефтехимическом машиностроении уделяется защите оборудования от коррозии. Нефтеперерабатывающее оборудование изготавливают, как правило, из углеродистой стали различных марок, которая отличается высокой теплопроводностью. При наличии источника тепла металлические конструкции быстро прогреваются до высоких температур, что является причиной возникновения аварийных ситуаций и пожаров.

Для предотвращения развития коррозионных повреждений внешние поверхности оборудования, арматуры, трубопроводов покрываются защитными полимерными покрытиями, с одной стороны, устойчивыми к воздействию агрессивных сред, а с другой – обладающими теплоизоляционными свойствами.

Современные режимы функционирования нефтеперерабатывающего оборудования требуют дальнейшего совершенствования разработок в области технологии формирования полимерных покрытий с заранее заданным комплексом свойств. Основной технологической проблемой при формировании полимерного покрытия является обеспечение его высокого качества, определяющегося минимальной разнотолщиной, однородностью состава, отсутствием дефектов (раковин, пор, трещин), адгезионной и когезионной прочностью, отсутствием внутренних напряжений, точностью размеров и форм. Снижение качества способствует уменьшению срока эксплуатации полимерного покрытия, а также снижает его способность воспринимать внешние нагрузки без развития повреждений. Чаще всего причиной снижения качества является нарушение технологии формирования полимерного покрытия [3, 4].

Решающее влияние на качество полимерного покрытия оказывает соблюдение режимов технологического процесса его нанесения, а так же применение технологической оснастки. Технологическая оснастка представляет собой формообразующую оболочку, которая с определенным зазором охватывает покрываемые поверхности изделия. Величина зазора обуславливает толщину полимерного покрытия, следовательно, технологическая оснастка обеспечивает высокую геометрическую точность покрытия, а также минимальную разнотолщину покрытия. Зазор между покрываемыми поверхностями изделия и формообразующей оболочкой технологической оснастки является каналом, по которому с помощью нагнетания насосом или вакуума прокачивают композицию, формирующую полимерное покрытие.

Технологические методы формирования полимерных покрытий

Кратко рассмотрим технологические методы формирования вспененных полимерных покрытий, так как они обладают наилучшими теплоизолирующими свойствами. Вспененные полимерные покрытия получают прессовым и беспрессовым методами, заливкой и напылением на защищаемую поверхность. Этими же методами можно формировать сплошные полимерные покрытия, в этом случае в состав композиции не вводят газообразователи и стадия вспенивания композиции отсутствует.

Прессовый метод состоит из следующих операций: перемешивание компонентов композиции (смола, газообразователь, отвердитель, пластификатор, наполнитель,

растворитель, разбавитель), подачу под давлением в замкнутый канал технологической оснастки полимерной композиции, вспенивание полимерной композиции в замкнутом канале, отверждение композиции и получение полимерного покрытия.

Беспрессовый метод включает в себя перемешивание компонентов композиции, введение композиции в замкнутый канал технологической оснастки без приложения избыточного давления, формование композиции в процессе вспенивания, отверждение композиции и получение покрытия.

Метод заливки заключается в перемешивании компонентов композиции, заливке композиции в открытый канал технологической оснастки, формование композиции во время вспенивания, отверждение композиции и получение покрытия.

Метод напыления заключается в предварительном перемешивании компонентов композиции в специальном устройстве и напылении этой композиции на поверхность, свободное вспенивание композиции, дальнейшее отверждение и получение покрытия.

На этапе формирования полимерное покрытие представляет собой многокомпонентную композицию (раствор, эмульсию, суспензию), обладающую текучестью. Многокомпонентная композиция представляет собой сложный комплекс, состоящий из полимерной основы (или смеси нескольких различных полимеров), отвердителя, пластификатора и других специальных добавок. Для повышения прочностных и функциональных характеристик покрытия в композицию вводят дискретный наполнитель: частицы металлических порошков, стеклянные или полимерные полые шарики, рубленое волокно, нитевидные кристаллы. Для переработки и нанесения полимерного покрытия композиция должна иметь приемлемую текучесть, поэтому при необходимости в ее состав вводят растворители или разбавители. Для этой же цели широко используют расплавление полимерных компонентов до нужной консистенции путем нагревания их до соответствующей температуры [3–5].

Таким образом, качество полимерного покрытия обусловлено текучестью композиции, ее способностью заполнять канал технологической оснастки.

Гидравлическое сопротивление канала технологической оснастки

Для формирования качественного покрытия необходимо обеспечить течение с заданным расходом полимерной композиции в зазоре между покрываемыми поверхностями изделия и формообразующей оболочкой технологической оснастки. Для этого необходимо создать с помощью насоса или вакуума напор или перепад давления на входе и на выходе из канала, по которому движется полимерная композиция. Перепад давления должен превышать гидравлическое сопротивление, возникающее в канале при течении полимерной композиции [6].

Гидравлическое сопротивление канала можно определить по формуле [6]:

$$\Delta p = \Delta p_{\text{ск}} + \Delta p_{\text{тр}} + \Delta p_{\text{м}} = \rho \cdot v^2 + \frac{\lambda \cdot H_{\text{к}} \cdot \rho \cdot v^2}{2 \cdot D_{\text{к}}} + \sum_{i=1}^n 0,5 \cdot \xi_i \cdot \rho \cdot v^2,$$

где Δp – общие потери напора (гидравлическое сопротивление) при течении полимерной композиции в канале технологической оснастки, Па; $\Delta p_{\text{ск}}$ – потери напора на создание скорости течения композиции, Па; $\Delta p_{\text{тр}}$ – потери напора на трение при течении композиции, Па; ρ – плотность композиции, кг/м³; v – скорость течения композиции, м/с; λ – коэффициент гидравлического сопротивления канала; $H_{\text{к}}$ – длина канала технологической оснастки, м; $D_{\text{к}}$ – эквивалентный диаметр канала технологической оснастки, м; ξ_i – коэффициент i -го местного сопротивления; n – количество местных сопротивлений в канале технологической оснастки (пояски, бобышки), шт.

Коэффициент гидравлического сопротивления канала зависит от формы его поперечного сечения и режима течения полимерной композиции. При ламинарном режиме

течения композиции: $\lambda = \frac{64}{Re}$ – для круглого канала; $\lambda = \frac{57}{Re}$ – для квадратного канала;

$\lambda = \frac{96}{Re}$ – для кольцевого зазора.

При турбулентном режиме течения полимерной композиции: $\lambda = \frac{0,316}{Re^2}$ – для любых форм поперечного сечения канала.

Режим течения композиции характеризуется критерием Рейнольдса [6]:

$$Re = \frac{\rho \cdot v \cdot D_k}{\eta_{пк}},$$

где $\eta_{пк}$ – динамическая вязкость полимерной композиции, Па·с.

Таким образом, гидравлическое сопротивление канала технологической оснастки зависит от формы поперечного сечения канала, режима течения и вязкости полимерной композиции, что необходимо учитывать при расчете технологических режимов нанесения полимерной композиции и выборе технологического оборудования.

Разновидности течений полимерных композиций

В зависимости от состояния композиции (жидкости) и ее физико-химических свойств можно выделить следующие разновидности течений: ньютоновское, дилатантное, псевдопластическое, пластическое (рис.).

Для ньютоновских жидкостей свойственна прямо пропорциональная зависимость между напряжением сдвига τ и скоростью сдвига или скоростью течения $\dot{\gamma}_d$ [7, 8]:

$$\tau = \eta_{пк} \cdot \dot{\gamma}_d,$$

где τ – напряжение сдвига, Па; $\dot{\gamma}_d$ – скорость сдвига или скорость течения, c^{-1} .

Ньютоновские жидкости характеризуются постоянством вязкости в широком интервале напряжений и скоростей сдвига (рис., кривая 1).

Многие композиции по своему реологическому поведению существенно отличаются от ньютоновских жидкостей. В зависимости от физической природы (раствор, слабо или сильнонаполненная дисперсия) и степени проявления взаимодействующих сил они характеризуются разными видами течения (рис., кривые 2–4, а и б). Наиболее типичными для них являются пластическое и псевдопластическое течения, связанные с разной степенью структурообразования в материале композиции.

Пластическое течение связано с явлением тиксотропии – восстановлением надмолекулярной структуры материала. При установившейся структуре тиксотропные жидкости неподвижны и нетекучи, однако они легко деформируются, например, наносятся на поверхность, если эта структура разрушена. Такие материалы представляют собой типичные бингамовские тела (рис., кривая 4). Они приближенно могут быть описаны уравнением вязкопластического течения Шведова-Бингама [7, 8]:

$$\tau = \tau_{пр} + \eta_{пк.пл} \cdot \dot{\gamma}_d,$$

где $\tau_{пр}$ – предельное напряжение сдвига или предел текучести, Па; $\eta_{пк.пл}$ – пластическая или структурная вязкость полимерной композиции, Па·с.

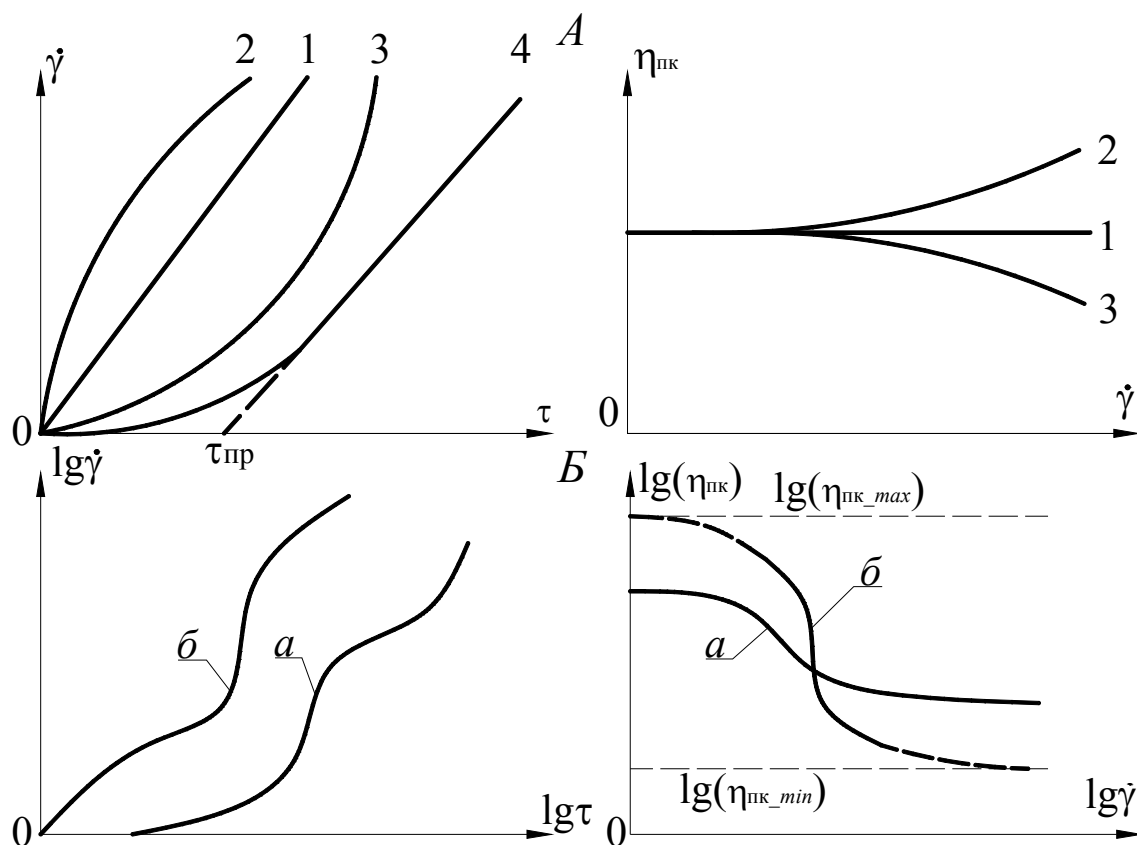


Рис. Кривые течения жидкости: А – предельные случаи течения; Б – течение неньютоновских жидкостей и расплавов полимеров; 1 – ньютоновское; 2 – дилатантное; 3 – псевдопластическое; 4 – пластическое; *a* – сильноструктурированная композиция; *б* – слабоструктурированная композиция; $\dot{\gamma}$ – скорость сдвига или скорость течения композиции; τ – напряжения сдвига; $\tau_{пр}$ – предельное напряжение сдвига; $\eta_{ПК}$ – динамическая вязкость полимерной композиции

Не обладающие тиксотропными свойствами полимерные композиции лишены предельного напряжения сдвига $\tau_{пр}$, однако для них также свойственно проявление структуры и значительное отклонение от ньютоновских жидкостей в реологическом поведении. Такие композиции ведут себя как псевдопластические жидкости (рис., кривая 3) и при истечении подчиняются уравнению [7, 8]:

$$\tau = \eta_{ПК} \cdot \dot{\gamma}_д^\chi,$$

где χ – показатель, характеризующий отклонение от линейной зависимости.

Менее характерен для композиций обратный случай реологического поведения – повышение вязкости с увеличением скорости течения, свойственный дилатантным системам (рис., кривая 2). Он отмечается, в частности, у высоконаполненных составов, особенно при введении в них водных разбавителей.

Типовая кривая течения расплавов полимеров и олигомеров в логарифмических координатах имеет S-образную форму (кривые *a* и *б* на рис. Б). При низких и высоких значениях напряжений и скоростей сдвига наблюдается прямолинейная зависимость, что соответствует наибольшей $\eta_{ПК_max}$ и наименьшей $\eta_{ПК_min}$ ньютоновским вязкостям. Отклонения от прямолинейной зависимости на среднем участке кривой вызваны структурными изменениями в полимерах [7, 8].

Таким образом, вязкость полимерной композиции существенно зависит от скорости ее течения по каналу технологической оснастки.

Выводы

1. Широкое применение полимерных покрытий для защиты металлоконструкций нефтеперерабатывающего оборудования обусловлено устойчивостью к воздействию агрессивных сред и хорошими теплоизоляционными свойствами.

2. Полимерные композиции представляют собой многокомпонентные смеси, свойства которых обусловлены их составом и варьируются в широких пределах, что влияет на выбор технологии и на режимы формирования полимерного покрытия.

3. Применение технологической оснастки в процессе формирования полимерного покрытия определяет высокую точность его геометрических форм и размеров.

4. Технологические режимы формирования полимерного покрытия существенно зависят от гидравлического сопротивления канала технологической оснастки и вида течения композиции по нему.

Таким образом, обеспечение высокого качества полимерного покрытия обусловлено применением технологической оснастки, при проектировании которой необходимо учитывать режим течения полимерной композиции по каналу технологической оснастки.

Литература

1. Здания, сооружения и их устойчивость при пожаре: учеб. / В.Н. Демехин [и др.]. М.: Акад. ГПС МЧС России, 2003. 656 с.

2. Таранцев А.А., Пивоваров Н.Ю., Шидловский Г.Л. Оценка экономического ущерба и обоснование риска возникновения крупных пожаров на предприятиях нефтехимической и нефтеперерабатывающей промышленности // Проблемы управления рисками в техносфере. 2016. № 3 (39). С. 38–44.

3. Андрюшкин А.Ю. Перемешивание компонентов технологических смесей // Межотраслевой науч.-техн. журн. «Конструкции из композиционных материалов». 2011. № 4. С. 19–37.

4. Андрюшкин А.Ю. Технологии изготовления элементов конструкций ракетно-космической техники из газонаполненных пластмасс // Космонавтика и ракетостроение. 2012. № 1. С. 162–168.

5. Ревяко М.М., Касперович О.М. Оборудование и основы проектирования предприятий по переработке пластмасс: учеб. пособие. Мн.: БГТУ, 2005. 344 с.

6. Идельчик И.Е. Справочник по гидравлическим сопротивлениям. М.: Машиностроение, 1992. 672 с.

7. Бибик Е.Е. Реология дисперсных систем. Л.: Химия, 1981. 172 с.

8. Виноградов Г.В., Малкин А.Я. Реология полимеров. М.: Химия, 1977. 437 с.

References

1. Zdanija, sooruzhenija i ih ustojchivost' pri pozhare: ucheb. / V.N. Demehin [i dr.]. M.: Akad. GPS MChS Rossii, 2003. 656 s.

2. Tarancev A.A., Pivovarov N.Ju., Shidlovskij G.L. Ocenka jekonomicheskogo ushherba i obosnovanie riska vozniknovenija krupnyh pozharov na predpriyatijah neftehimicheskoi i neftepererabatyvajushhej promyshlennosti // Problemy upravlenija riskami v tehnosfere. 2016. № 3 (39). S. 38–44.

3. Andrjushkin A.Ju. Peremeshivanie komponentov tehnologicheskikh smesej // Mezhotraslevoj nauch.-tehnic. zhurn. «Konstrukcii iz kompozicionnyh materialov». 2011. № 4. S. 19–37.

4. Andrjushkin A.Ju. Tehnologii izgotovlenija jelementov konstrukcij raketno-kosmicheskoi tehniki iz gazonapolnennyh plastmass // Kosmonavtika i raketostroenie. 2012. № 1. S. 162–168.

5. Revjako M.M., Kasperovich O.M. Oborudovanie i osnovy proektirovanija predpriyatij po pererabotke plastmass: ucheb. posobie. Mn.: BGTU, 2005. 344 s.

6. Idel'chik I.E. Spravochnik po gidravlicheskim soprotivlenijam. M.: Mashinostroenie, 1992. 672 s.
7. Bibik E.E. Reologija dispersnyh system. L.: Himija, 1981. 172 s.
8. Vinogradov G.V., Malkin A.Ja. Reologija polimerov. M.: Himija, 1977. 437 s.