

УДК 620.193.21

DOI: 10.22213/2410-9304-2017-1-96-98

В. П. Грахов, доктор экономических наук, профессор

З. С. Саидова, магистрант

ИжГТУ имени М. Т. Калашникова

МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ СТЕПЕНИ ОТВЕРЖДЕНИЯ АРМАТУРЫ
КОМПОЗИТНОЙ ПОЛИМЕРНОЙ

В данной статье представлена методика определения степени отверждения пропиточного компаунда полимерной композитной арматуры, разработанная и утвержденная специалистами компании ООО «КомАР». Подробно описан процесс подготовки образцов и проведения испытаний. На основании данной методики в лаборатории ООО «НИИ «Стройлаб» проведены сравнительные испытания по определению степени отверждения стеклопластиковой композитной арматуры различных производителей. В качестве образцов использовали стержни диаметром 10 мм. Полученные в ходе испытаний результаты подтверждают особое прикладное значение данной характеристики при выборе типа арматуры для работы в агрессивных условиях, а также при непосредственном воздействии солнечной радиации. Установлено, что для обеспечения долговечности композитного изделия его степень отверждения должна быть не менее 95 %.

Ключевые слова: арматура стеклопластиковая композитная, степень отверждения, растворение в экстрагентах, ацетон.

Отверждение – процесс, при котором текучие (или используемые в виде расплавов и растворов), способные к вступлению в химическую реакцию олигомеры необратимо переходят в твердое состояние, превращаясь в нерастворимые и неплавкие трехмерные полимеры.

Начальная стадия отверждения, которая протекает до так называемой точки гелеобразования, характеризуется постепенным снижением текучести и растворимости материала – повышением вязкости до момента возникновения трехмерной сетки. Конечная стадия заключается в дальнейшем протекании этого процесса после точки гелеобразования и до предельных стадий отверждения [1]. При этом после точки гелеобразования скорость отверждения, как правило, снижается, а в конечном продукте всегда остается некоторое количество непрореагировавших мономеров и низкомолекулярных веществ, подверженных растворению в соответствующих экстрагентах. Доля (процент) таких мономеров и низкомолекулярных веществ называется степенью отверждения полимеров.

Степень отверждения характеризует долговечность полимерной матрицы, способность материала выдерживать воздействие солнечной УФ-радиации, стойкость в агрессивных средах, термостабильность [2]. Однако, несмотря на очевидное прикладное значение и высокую наглядность данной характеристики, методика ее определения современной редакцией ГОСТа на полимерную композитную арматуру [3] никоим образом не регламентируется.

Наиболее полно методики экстракционного анализа описаны в работах зарубежных ученых, таких как И. Рейнф и М. Смит [4, 5]. Согласно их исследованиям, одним из наиболее распространенных методов контроля процесса отверждения полимеров является метод, основанный на определении количества веществ, экстрагируемых растворителями, в частности ацетоном, в аппарате Сокслета.

С помощью данного метода находят содержание трехмерного продукта (гель-фракция) и мономеров и низкомолекулярных веществ (золь-фракция). Для определения степени отверждения полимера навеску измельченного материала массой 6–10 г помещают

в экстрактор аппарата Сокслета. Затем в колбу, масса которой предварительно определена, вливают ацетон, а прибор соединяют с холодильником. Колбу прибора нагревают на водяной бане в течение 6 ч.

После окончания испытания прибор разбирают, соединяют колбу отводной трубкой с холодильником Либиха, отгоняют ацетон на водяной бане, высушивают остаток в колбе до постоянной массы при 80 °С и взвешивают.

Степень отверждения X (в %) определяют по формуле

$$X = 100 - \frac{m_1 \cdot 10_0}{m}, \quad (1)$$

где m_1 – масса остатка в колбе, г; m – навеска образца, г.

Методика определения степени отверждения связующего для стеклопластиковой арматуры (далее – АСК) была разработана главным технологом ООО «КомАР» А. И. Захаровым и утверждена генеральным директором компании А. А. Шевниным. Данная методика основывается на положениях ГОСТ 12020–72 [6] и заключается в определении массы экстрагируемых из АСК молекул олигомеров после выдерживания их в ацетоне в течение 24 часов. При этом изменение массы АСК рассчитывается с учетом массовой доли армирующего наполнителя.

При проведении испытаний используются следующие материалы и реактивы: эксикатор, бюкс, термостат, весы лабораторные по ГОСТ 24104–80 и ацетон по ГОСТ 2603.

Образцы подготавливаются в соответствии с ГОСТ 12020–72 [7]. Для испытания образец АСК нарезают на отрезки длиной (5 ± 1) мм, при этом масса одного образца должна быть не менее 5 грамм, количество образцов – не менее пяти. Не допускается наличие на поверхности образцов различных включений, загрязнений, следов краски, масляных пятен и наличия инородных веществ. Перед испытанием образцы кондиционируют по ГОСТ 12423–2013 [8] в течение 2 ч при (23 ± 2) °С и относительной влажности 50 ± 5 % при отсутствии влияния света. В соответствии с ГОСТ 31938–2012 [9] проводятся

испытания по определению процента армирующего наполнителя в АСК.

После кондиционирования каждый образец взвешивают в бюксе и заливают его ацетоном. Требуемый объем ацетона составляет 20 см³ на каждый квадратный сантиметр полной поверхности образца. Температура испытания 23±2 °С. Продолжительность испытания для пластмасс составляет 24 ч. Ацетон в процессе испытания перемешивают с помощью мешалки не реже одного раза в 2 часа и визуально контролируют его объем в сосуде.

По прошествии обозначенного времени ацетон сливают из бюксов и высушивают образцы до неизменной массы, т. е. пока разница при двух последовательных взвешиваниях не будет составлять менее ±0,0001 г в условиях, обеспечивающих полное удаление химического реагента.

Степень отверждения рассчитывается по формуле

$$X = 100 - \Delta M, \quad (2)$$

где ΔM – изменение массы.

Изменение массы рассчитывается по формуле

$$\Delta M = \omega \frac{M_1 - M_2}{M_1} \cdot 100, \quad (3)$$

где ω – массовая доля армирующего наполнителя в АСК; M_1 – масса образца до испытания; M_2 – масса образца после испытания.

Данная методика была использована специалистами ООО «НИИ «Стройлаб» (г. Ижевск) для проведения сравнительных испытаний по определению степени отверждения АСК различных производителей. В качестве образцов использовали стержни АСК «Армастек» и АСК «КомАР» диаметром 10 мм.

Результаты, полученные для АСК «Армастек», представлены в табл. 1.

Таблица 1. Степень отверждения АСК «Армастек»

№	ω (стекловолокна), %	X, степень отверждения, %	X среднее, %
1	70,3	85,54	85,45
2	70,0	85,32	
3	69,9	85,42	
4	70,1	85,47	
5	70,1	85,50	

Последствия выдерживания данной АСК в ацетоне представлены на рисунке.



Арматура АСК «Армастек» после выдерживания в ацетоне в течение 24 ч

Результаты, полученные для АСК «КомАР», представлены в табл. 2.

Таблица 2. Степень отверждения АСК «КомАР»

№	ω (стекловолокна), %	Степень отверждения X, %	X среднее, %
1	88,1	97,15	97,074
2	87,9	97,14	
3	88,0	97,05	
4	88,2	97,05	
5	88,1	96,98	

Выводы

Проведенные сравнительные испытания показали, что для обеспечения долговечности композитного изделия степень отверждения должна быть не менее 95 %. Так, АСК «Армастек» имеет низкое значение степени отверждения, что делает нежелательным ее применение в агрессивных химических средах, а также нахождение под непосредственным воздействием солнечной радиации. Пропиточный компаунд АСК «КомАР», напротив, имеет значение степени полимеризации выше 95 %, что подтверждает его высокие физико-механические характеристики.

Библиографические ссылки

1. Анализ конденсационных полимеров / Л. С. Калинина, М. А. Моторина, Н. И. Никитина, Н. А. Хачапуридзе. – М. : Химия, 1984. – С. 114–116.
2. Посьпайко В. И., Козырева Н. А., Логачева Ю. П. Химические методы анализа : учеб. пособие для хим.-технол. вузов. – М. : Высш. шк., 1989. – С. 21–97.
3. ГОСТ 31938–2012. Арматура композитная полимерная для армирования бетонных конструкций. Общие технические условия / введен Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 27.12.2012 № 2004-ст. – М. : Стандартинформ, 2014. – 34 с.
4. Reinf I. – Mod. Plast., 1965, vol. 9, No 11, pp. 324–330.
5. Smith M. – Mod. Plast., 1965, vol. 42, No 5, pp. 206–208.
6. ГОСТ 12020–72. Пластмассы. Методы определения стойкости к действию химических сред / введен Постановлением Государственного комитета СССР по стандартам от 26.09.72 № 1994. – М. : Изд-во стандартов, 1997. – 20 с.
7. Там же.
8. ГОСТ 12423–2013. Пластмассы. Условия кондиционирования и испытаний образцов (проб) – взамен ГОСТ 12423-66 / введен Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 22.11.2013 № 1069-ст. – М. : Стандартинформ, 2014. – 20 с.
9. ГОСТ 31938–2012. Арматура композитная полимерная для армирования бетонных конструкций. Общие технические условия / введен Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 27.12.2012 № 2004-ст. – М. : Стандартинформ, 2014. – 34 с.

* * *

V. P. Grakhov, DSc in Economics, Professor, Kalashnikov ISTU
Z. S. Saidova, Student, Kalashnikov ISTU

Method for Calculating the Degree of Cure of Fiber Reinforced Polymer

In this paper the method for determining the degree of cure of the fiber reinforced polymer is described. The method is developed by specialists of KomAR ltd. The process of preparing the samples and carrying out the experiments is precisely described. Based on this method, the experiments have been performed in "NII Stroylab ltd" aimed at comparing the degree of cure of the fiber reinforced polymer of different manufacturers. Rods having the diameter 10 mm have been used as samples. Results obtained at testing prove the specific applied value of these characteristics when choosing the type of reinforcement for operation in aggressive environment and at direct action of UV radiation. It has been noted that the minimum allowed degree of cure to withstand the aggressive environments and UV- radiation should be 95%.

Keywords: GFRP, degree of cure, decomposition in extraction solvents, acetone.

Получено: 16.02.17