

УДК 620.197

**ИССЛЕДОВАНИЕ КОРРОЗИОННОЙ СТОЙКОСТИ ПОВЕРХНОСТИ МЕТАЛЛОВ
В ЗАВИСИМОСТИ ОТ АДГЕЗИОННЫХ СВОЙСТВ ПОЛИМЕРНЫХ СВЯЗУЮЩИХ**

Н.И. Баурова (Московский автомобильно-дорожный институт (ГТУ))

Исследована атмосферная коррозионная стойкость и влияние адгезионного взаимодействия между металлами и полимерными покрытиями с использованием ускоренных методов старения. Даны рекомендации по повышению противокоррозионной устойчивости металлоконструкций.

Существует множество способов получения интеллектуальных материалов [1], и один из наиболее простых и эффективных – это использование в качестве сенсоров углеродных волокон.

Отличительной особенностью углеродных волокон являются их уникальные электрофизические свойства. Они обладают способностью реагировать изменением своего электрического сопротивления на изменение внешней нагрузки [2]. Именно это свойство углеродных волокон, нитей и тканей делает возможным их применение в качестве чувствительных элементов для оценки напряженно-деформированного состояния детали и соединения.

Технология использования нового метода диагностирования металлоконструкций [3] заключается в том, что углеродное волокно наносится на участок наиболее вероятного возникновения повреждения непосредственно на слой полимер-

ного связующего (ПС), которое в данном случае выполняет функцию изолятора. Затем этим же полимерным связующим волокно пропитывается. Далее, после полного отверждения связующего с обоих концов пропитанного углеродного волокна, которое с помощью ПС приклеено к диагностируемой поверхности металлоконструкции, в режиме реального времени снимаются показания электрического сопротивления. По изменению этих показаний судят о скорости накопления повреждений на диагностируемом участке.

Используемая технология нанесения приводит к образованию на диагностируемом участке металлоконструкции трехслойного пакета (рис.1), состоящего из двух слоев ПС и слоя углеродного волокна. Если под тем слоем ПС, который находится непосредственно на поверхности металлоконструкций, начнет скапливаться влага, то велика вероятность образования подпленочной коррозии.

В этом случае данный метод диагностирования не может быть рекомендован к применению, поскольку он может привести к снижению коррозионной устойчивости.

Целью настоящей работы являлось изучение атмосферной коррозионной стойкости поверхности металла под полимерным покрытием с использованием ускоренных методов старения.

Изучение коррозионной стойкости проводили по методике, принятой в 25-м НИИ МО РФ. Сущность используемого метода заключалась в выдерживании металлических пластин с нанесенным на них слоем отвержденного ПС в различных климатических камерах, в том числе и в атмосфере соляного тумана.

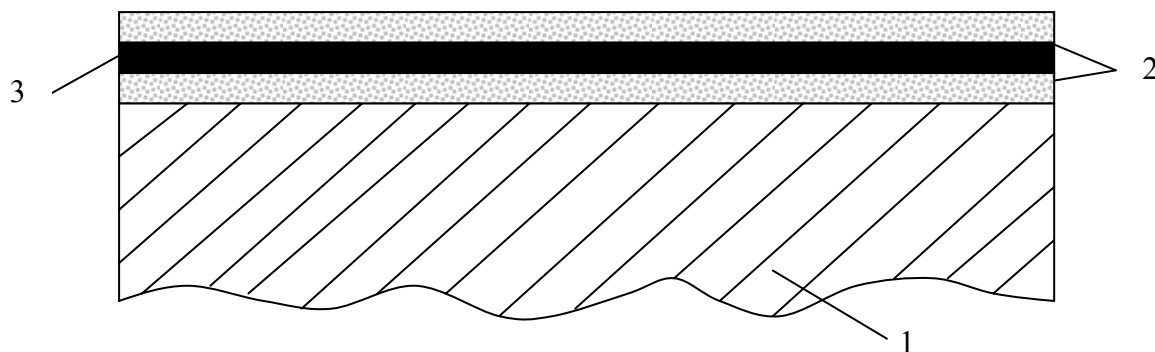


Рис. 1. Схема нанесения углеродного волокна:

1 – диагностируемая металлоконструкция; 2 – полимерное связующее; 3 – углеродное волокно

Для испытаний использовались пластины из Ст.10 размером 50×50×3 мм, на которые наносился слой ПС толщиной от 0,05 до 0,3 мм. В качестве ПС использовался наиболее распространенный эпоксидный клей, который (для уменьшения вязкости) был разбавлен спиртоацетоновой смесью в соотношении 1:1. Клей состоял из эпоксидной смолы ЭД-20 (100 мас.ч.), отвердителя полиэтиленполиамина (9 мас.ч.) и спиртоацетоновой смеси (100 мас.ч.). В качестве углеродного волокна использовалось волокно марки УКН-2-500 толщиной 0,1 мм. Данная толщина специально подбиралась опытным путем в различных партиях волокон.

Коррозионную стойкость оценивали через массовый показатель коррозии $K_{\text{мас}}$, $г/(м^2 \cdot ч)$ [4], который определялся по формуле

$$K_{\text{мас}} = \frac{\Delta m}{St}, \quad (1)$$

где Δm – потери массы металлического образца;

S – площадь образца;

t – продолжительность воздействия коррозионной среды.

Полученные результаты приведены в табл. 1.

Как видно из приведенных данных (табл.1), при выдержке в камере в условиях повышенных температур и влажности, без конденсации влаги, в течение 6 ч не удалось определить влияние различной толщины ПС. Для проведения дальнейших исследований толщина слоя ПС задавалась равной 0,1 мм, поскольку экспериментально было уста-

новлено, что данное значение соответствует минимальному значению толщины ПС, при котором не происходит его электрического пробоя. Данный показатель очень важен, поскольку слой ПС на поверхности металла должен обеспечить полную изоляцию углеродного волокна от поверхности металлоконструкции. В противном случае при замерах электрического сопротивления ток пойдет через металл, что приведет к невозможности проведения дальнейшего диагностирования.

Визуальный осмотр образцов после проведения коррозионных испытаний показал, что после выдержки их в камере соляного тумана в течение 48 и более часов имеет место частичное отслоение слоя ПС от металла. Такой тип разрушения связан с тем, что воздействие воды в основном направлено на разрушение адгезионных связей и в меньшей степени вызывает разрушение самого ПС. Характер разрушения под действием воды меняется от когезионного к адгезионному после выдержки в камере соляного тумана в течение 72 ч.

Таким образом, проведенные испытания показали, что используемое ПС не является причиной коррозионных повреждений, а наоборот, защищает поверхность металла от воздействия воды. Защитное действие ПС обусловлено специфическим влиянием адгезии, благодаря которой обеспечивается пассивация поверхности металла, торможение анодных реакций и существенное замедление отвода продуктов коррозии.

Можно предположить, что чем выше будет адгезионное взаимодействие между металлом и

ПС, тем более эффективными антикоррозионными свойствами будет обладать материал. Данное предположение экспериментально проверено при использовании различных методов очистки поверхности металла и двух разных типов клеев. Условия эксперимента и полученные результаты приведены в табл. 2. В качестве полимерных материалов, наряду с ранее применявшимся клеем на основе ЭД-20 и ПЭПА (без растворителя), также использовали эпоксидный клей горячего отверждения марки ВК-36, поскольку он обладает наибольшими значениями адгезионной прочности.

Таким образом, можно предположить, что высокая адгезия (у ВК-36 она практически в два раза выше, чем у ЭД-20+ПЭПА) изменяет характер энергетического состояния поверхности металла и, вероятно, имеет место его пассивация, обусловленная адсорбционными процессами.

Проведенные испытания показали, что использование в качестве тензочувствительных датчиков углеродных волокон, пропитанных эпоксидным связующим, приводит к повышению противокоррозионной устойчивости диагностируемых металлоконструкций.

Таблица 1

Условия проведения и результаты коррозионных испытаний

Условия проведения коррозионных испытаний	Время выдержки t , ч	Толщина слоя ПС S , мм	Потеря массы Δm , г	Массовый Показатель коррозии $K_{\text{мас}}, \frac{\text{г}}{\text{м}^2 \cdot \text{ч}}$	Примечание
Температура $(40 \pm 2)^\circ\text{C}$ Влажность 95–100% (без конденсации влаги)	6	0,05	0	-	На поверхности металла хорошо видимые следы коррозии появились через 26 ч
	6	0,1	0	-	
	6	0,2	0	-	
	6	0,3	0	-	
	6	0,4	0	-	
	72	0,05	0,58	3,22	
Температура $(40 \pm 2)^\circ\text{C}$ Влажность 95–100% (с конденсацией влаги)	72	0,1	0,63	3,5	На поверхности металла хорошо видимые следы коррозии появились через 18 ч
	6	0,05	0	-	
	6	0,1	0	-	
	18	0,05	0,08	1,77	
	18	0,1	0,085	1,88	
	36	0,1	-	-	
Температура $(35 \pm 2)^\circ\text{C}$ Атмосфера соляного тумана 5% раствора NaCl	72	0,05	0,88	4,88	На поверхности металла хорошо видимые следы коррозии появились через 6 ч. Через 36 ч вся поверхность металла покрылась коррозией
	6	0,1	0,075	5	
	12	0,1	0,205	6,83	
	18	0,1	-	-	
	24	0,1	-	-	
	36	0,1	0,96	10,66	
	48	0,1	-	-	
	60	0,1	-	-	
	72	0,1	2,34	13	

Таблица 2

Условия проведения и результаты испытаний

Марка клея	Технология очистки поверхности металла	Время выдержки в камере соляного тумана, ч	Площадь металла, под слоем клея, пораженная коррозией, %
ЭД-20+ ПЭПА	Без подготовки	6	2,5
		12	6
	Обезжиривание ацетоном	6	-
		12	3
	Травление в растворе серной и соляной кислот	6	-
		12	-
ВК-36	Без подготовки	6	-
		12	1,5
	Обезжиривание ацетоном	6	-
		12	-
	Травление в растворе серной и соляной кислот	6	-
		12	-

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Костиков В.И. Конструкционные материалы на основе углерода в современной технике / В. И. Костиков // Современные проблемы производства и эксплуатации углеродной продукции : сб. науч. тр. – Челябинск : ЧГУ, 2000. – С. 8–11.
2. Басов Ф.А. Интеллектуальные композиционные материалы и перспективы их применения / Ф. А. Басов // Энциклопедический справочник : сб. материалов. – М. : МАДИ, 2006. – №1. – С. 3–7.
3. Баурова Н.И. Разработка системы мониторинга технического состояния металлоконструкций с использованием углеродных волокон / Н. И. Баурова // Материаловедение. – М. : МАДИ, 2008. – №6. – С. 14–19.
4. Гриб В.В. Диагностические модели изменения технического состояния механических систем / В. В. Гриб [и др.]. – М. : МАДИ, 2007. – 300 с.

N.I. Baurova

STUDYING OF CORROSION RESISTANCE OF EPOXY ADHESIVES BEING USED DURING METAL-CONSTRUCTION DIAGNOSTICS