

ВЛИЯНИЕ РЕЛАКСАЦИИ ВНУТРЕННИХ НАПРЯЖЕНИЙ НА ПРОЦЕСС ОБРАЗОВАНИЯ ПОЛИКОМПОЗИТНЫХ ПОКРЫТИЙ

Муляр И.Д.,

Одесская государственная академия строительства и архитектуры
policompozit@ukr.net

Аннотация. В статье проводится анализ трещинообразования в двухслойных плоскодеформируемых защитных поликомпози́тных покрытиях совместно образуемых с формируемой железобетонной конструкцией под воздействием внутренних и касательных напряжений. Рассматривается кинетика влияния режима отверждения, количества и вида наполнителя поликомпози́та на релаксацию внутренних напряжений.

Ключевые слова: поликомпози́тные покрытия, внутренние напряжения, релаксация напряжений, режим отверждения, наполнитель.

ВПЛИВ РЕЛАКСАЦІЇ ВНУТРІШНЬОЇ НАПРУГИ НА ПРОЦЕС УТВОРЕННЯ ПОЛІКОМПОЗИТНИХ ПОКРИТТІВ

Муляр І.Д.,

Одеська державна академія будівництва та архітектури
policompozit@ukr.net

Ано́тація. У статті проводиться аналіз утворення тріщиноутворення в двошарових плоскодеформуємих захисних полікомпози́тних покриттях спільно утворених з формируемою залізобетонною конструкцією під впливом внутрішніх і дотичних напружень. Розглядається кінетика впливу режиму затвердіння, кількості та виду наповнювача полікомпози́ту на релаксацію внутрішніх напружень.

Ключові слова: полікомпози́тні покриття, внутрішня напруга, релаксація напружень, режим затвердіння, наповнювач.

THE INFLUENCE OF RELAXATION INTERNAL TENSIONS ON PROCESS FORMATION POLYMER COMPOSIT OF COVERAGES

Mulyar I.D.,

Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture
policompozit@ukr.net

Abstract. The protective polymer composite coverings are developed in order to increase of corrosion resistance of concrete structures. The optimal application technology of the coverings was studied and determined for the purpose of work with the materials of construction.

For ensuring of compatibility with the material, the analysis has been carried out and the technological optimum of drawing polymer composite coverings is defined.

The technology considered education polymer composite coating with a concrete base by co-verdun in the molding process, is one of the most promising path in the protection of structures from the effects of aggressive media.

In the article the analysis of crack formation is conducted in double-layer plane deformation polimer composit sheeting jointly formed with a mouldable reinforce-concrete construction under act of internal and tangent tensions. The kinetics of the effect of curing regime, amount and type of

filler polymer composit to stress relaxation.

Keywords: polymer composit coating, internal stress, stress relaxation, curing time, a filler.

Вступление. Традиционные методы нанесения композитных полимерных материалов для защиты от коррозии бетонных конструкций, предполагают подготовку бетонной поверхности и нанесение до 5 слоев покрытий. Недостатки метода: длительность процессов подготовки поверхности, выдержка перед нанесением последующих слоев и дальнейшей эксплуатации, неблагоприятные атмосферные воздействия при нанесении на открытой стройплощадке. Кроме этого после нанесения покрытий на их поверхности образуются пленки после выпаривания продуктов отверждения и конденсата паров воды.

Способ формообразования конструкций «лицом вниз», когда поликомполитное покрытие отверждается совместно с бетонным основанием, позволяет избежать ряда недостатков, возникающих при способе изготовления «лицом вверх». Поликомполитное покрытие состоит из нескольких слоев. Первый слой состоит например, из ненасыщенной полиэфирной смолы ПН-1-УТ с введенным ускорителем ОК- 4 в.ч. (с содержанием активного кобальта 1,5 в. ч.) и отвердителем Бутанокс – 2 в.ч. Второй слой состоит из связующего, эпоксиднодианового олигомера ЭД-16 (100 в.ч.), модифицированного диэтиленгликолем ДЕГ-1 (20 в.ч.), отвержденного полиэтиленполиамином ПЭПА (10 в. ч.). В зависимости от назначения в составы слоев вводится мелкодисперсный наполнитель (краситель) до 100в. ч. Толщина каждого слоя до 1,0 мм. Для улучшения адгезии слоев и основания, снижения внутренних напряжений покрытия в него вводят наполнитель: кварцевый песок или отсеv щебня с $M_k = 2,5-5,0$ мм. Затем на композитное покрытие укладывается бетонная смесь [1].

Цель исследования - повышение долговечности железобетонных конструкций за счет нанесения поликомполитных покрытий путем направленного назначения их составов и обеспечение совместной работы с материалом конструкций. Для достижения этой цели решаются следующие **задачи**:

1. Исследовать технологический процесс образования поликомполитных покрытий железобетонных конструкций совместно отверждающихся в процессе формования.
2. Провести анализ механизма работы барьерных покрытий в процессе образования и эксплуатации.
3. Определить рецептурно-технологические методы влияния на релаксационные процессы в поликомполитных покрытиях.

Объекты и методы исследования - защитные поликомполитные покрытия железобетонных конструкций совместно образуемые в процессе формования. Экспериментальные исследования проводились с применением системного анализа, результаты обрабатывались методом наименьших квадратов. На основании анализа существующих методик определения внутренних напряжений в поликомполитных материалах, выбран и усовершенствован консольно-тензометрический метод, как наиболее приемлемый для плоскодеформируемых покрытий [2].

Результаты исследований. Долговечность покрытия определяется временным ресурсом от начала эксплуатации до потери своего функционального назначения или предельного состояния. Основу в исследовании данной проблемы заложили Баженов Ю.М., Патуроев В.В., Потапов Ю.В., Селяев В.П., Соломатов В.И., Фиговский О.Л. и другие отечественные и зарубежные авторы. Методы достижения долговечности покрытий однородных и однослойных материалов сводится к сближению деформативных и физических характеристик (коэффициент Пуассона, модуль деформации, усадку, КЛТР, внутренние напряжения и др.) покрытия и основания. При многослойных системах данный метод усложняется, так как каждый слой имеет свои деформативные и физические характеристики и при эксплуатационных воздействиях, особенно в межслойных подсистемах, возникают концентрации напряжений способные привести к образованию трещин и отслоений покрытия от основания.

В основе теоретической разработки создания защитных поликомполитных покрытий образуемых в процессе совместного формования с бетонным основанием лежит положение, что основной причиной их разрушения является концентрация нормальных горизонтальных

растягивающих и касательных напряжений. Эти напряжения возникают от усадочных деформаций, действия температурных и агрессивных воздействий в поликомпозитном слое и зоне контакта с основанием.

На рис.1 рассматриваются результаты воздействий от касательных напряжений $\tau_{вн}$, которые приводят к отслоению в крайней зоне и растягивающих напряжений $\sigma_{вн}$, результат которых - трещинообразование в средней зоне. Условием трещиностойкости при подборе поликомпозита служит предельное состояние покрытия, которое выражается следующим неравенством:

$$\sigma_{вн} < \frac{1}{2} R_p^n ; \quad (1)$$

$$\tau_{вн} < R_p^o ; \quad (2)$$

где $\sigma_{вн}$ и $\tau_{вн}$ – внутренние и касательные напряжения в поликомпозитном покрытии; R_p^n – предел прочности поликомпозита при растяжении определяемой по ГОСТ 11262-80; R_p^o – предел прочности материала основания (бетона) при растяжении [3].

В технологическом процессе, когда один слой накладывается на другой и в дальнейшем при введении в слоя крупного наполнителя на $\frac{1}{2}$ его высоты происходит диффузия верхнего слоя в нижний. В результате наблюдается смешение двух систем отверждаемых со смещением во времени, что приводит к снижению внутренних напряжений в этой зоне и покрытия в целом. Этот процесс «взаимопроникающих сеток» достаточно подробно описан в работе В.А. Лисенко [4].

Внутренние напряжения измерялись консольно-тензометрическим методом, основываясь на работы Галушко А.И., Санжаровского А.Т. и др.[5,6]. Для определения релаксации в термовлажностном режиме автором была разработана методика и изготовлена специальная установка [2].

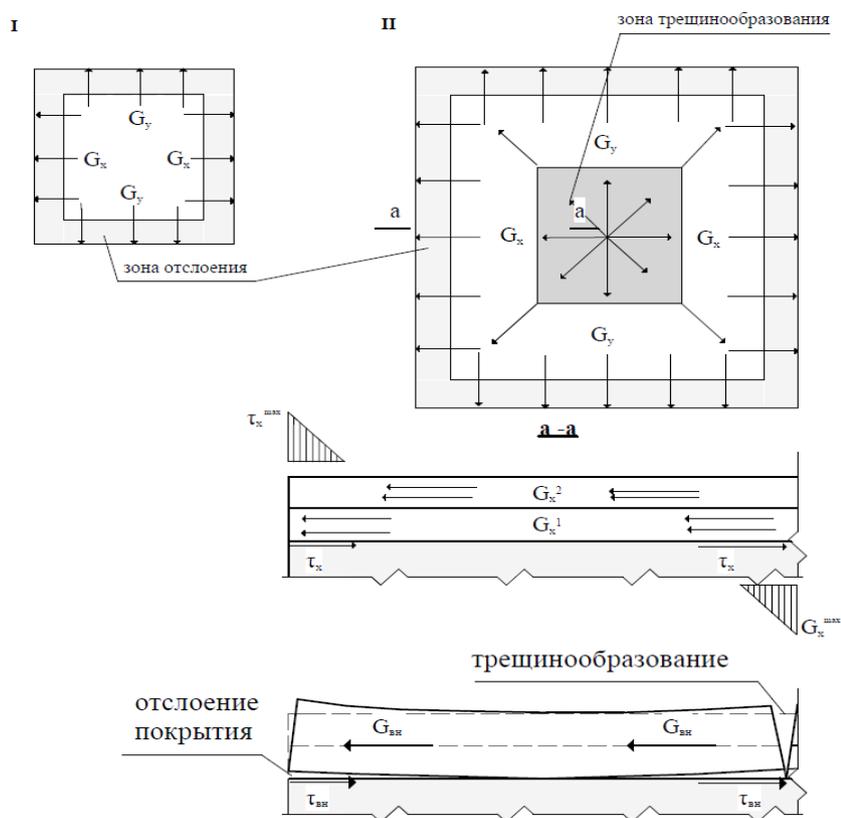


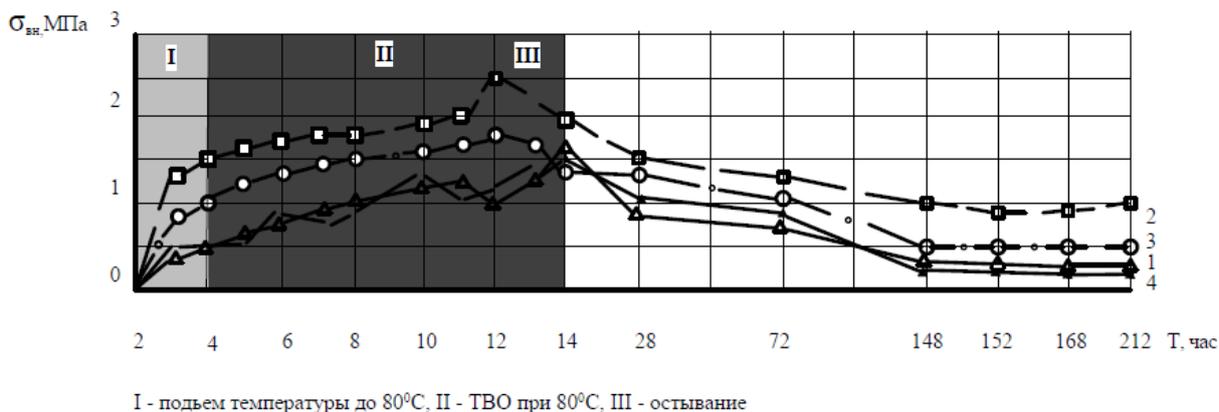
Рис. 1. Схема трещинообразования в двухслойных плоскодеформируемых покрытиях под воздействием внутренних и касательных напряжений.

I – малоразмерные квадратные плоскости; II – крупноразмерные плоскости;
 $\sigma_{x,y}^{1,2}$ – внутренние осевые растягивающие напряжения первого и второго слоев;
 $\tau_{x,y}$ – осевые касательные напряжения.

При температуре $T=20\pm 2^{\circ}\text{C}$, в поликомпозитном покрытии начальные внутренние напряжения начинают возрастать через $6\div 8$ ч после нанесения. Максимальные значения $\sigma_{\text{вн}}$ набирают на $9\div 10$ сутки. Затем процесс релаксации волнообразно затухает и на 25 сутки стабилизируется. Низкие показатели стабилизации внутренних напряжений у DER-331 и УТК-6М, высокие у ЭД-16.

Рассмотрим релаксацию внутренних напряжений в термовлажностном режиме. На начальном этапе при нанесении двухслойного покрытия на поддон формы и предварительной выдержки начальные $\sigma_{\text{вн}} = 0$. Через 1,5-2,0 часа после начала подъема температуры со скоростью $30^{\circ}\text{C}/\text{ч}$ величина $\sigma_{\text{вн}}$ начинает “просыпаться” и через $10\div 14$ часов ТВО при 80°C набирает максимальные значения. В дальнейшем процесс релаксации тормозится и носит затухающий характер. На $9\div 10$ сутки $\sigma_{\text{вн}}$ полностью стабилизируются. В данном технологическом режиме наименьшие показатели $\sigma_{\text{вн}}$ имеет УТК-6М (рис. 2,а).

а) Термовлажностный



б)Тепловой

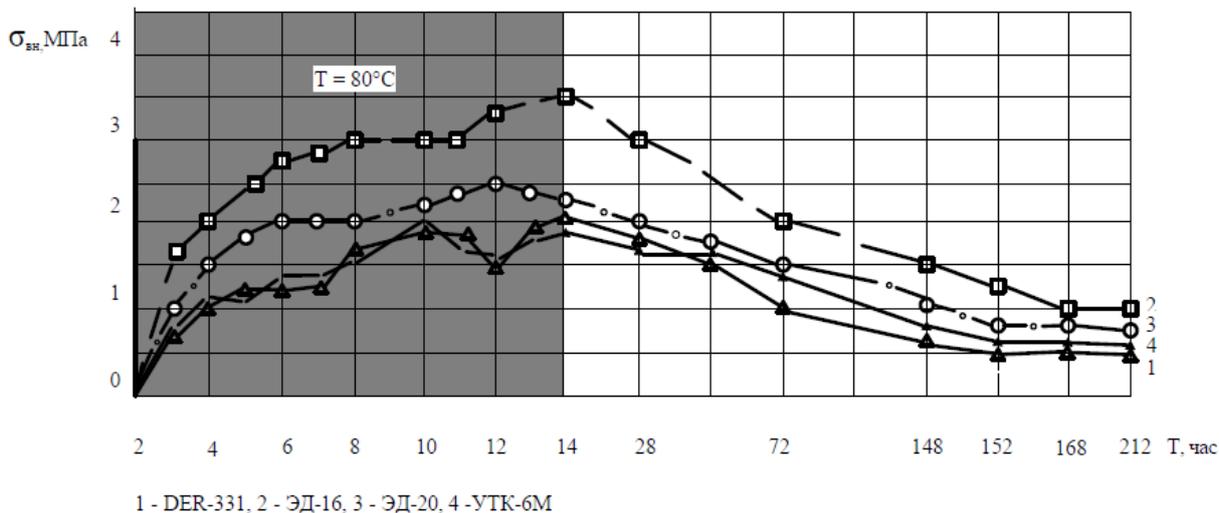


Рис.2.Релаксация внутренних напряжений в температурном режиме:
а) термовлажностный режим; б) тепловой режим.

При сухом поднятии температуры до 80°C процесс “движения” $\sigma_{\text{вн}}$ аналогичный, как и при ТВО, но величина внутренних напряжений выше (рис. 2,б).

В процессе полимеризации средненаполненных систем при $T=20^{\circ}\text{C}$ увеличение количества наполнителя повышает величину внутренних напряжений. Величина внутренних напряжений при этом не превышает величину ненаполненных систем (рис.3).

При повышенной температуре до $+80^{\circ}\text{C}$ и термовлажностном режиме увеличение количества наполнителя снижает величину внутренних напряжений. Вероятнее всего предположить связь данных наблюдений с физико-химическими процессами происходящих в ходе образования трехмерной структуры. При введении наполнителя на процесс сшивки молекулярной сетки затрачивается больше энергии по сравнению с ненаполненными составами, увеличивается $T_{\text{ст}}$, что в конечном результате и приводит к увеличению $\sigma_{\text{вн}}$. В то же время подъем температуры стимулирует процесс полимеризации в наполненных системах.

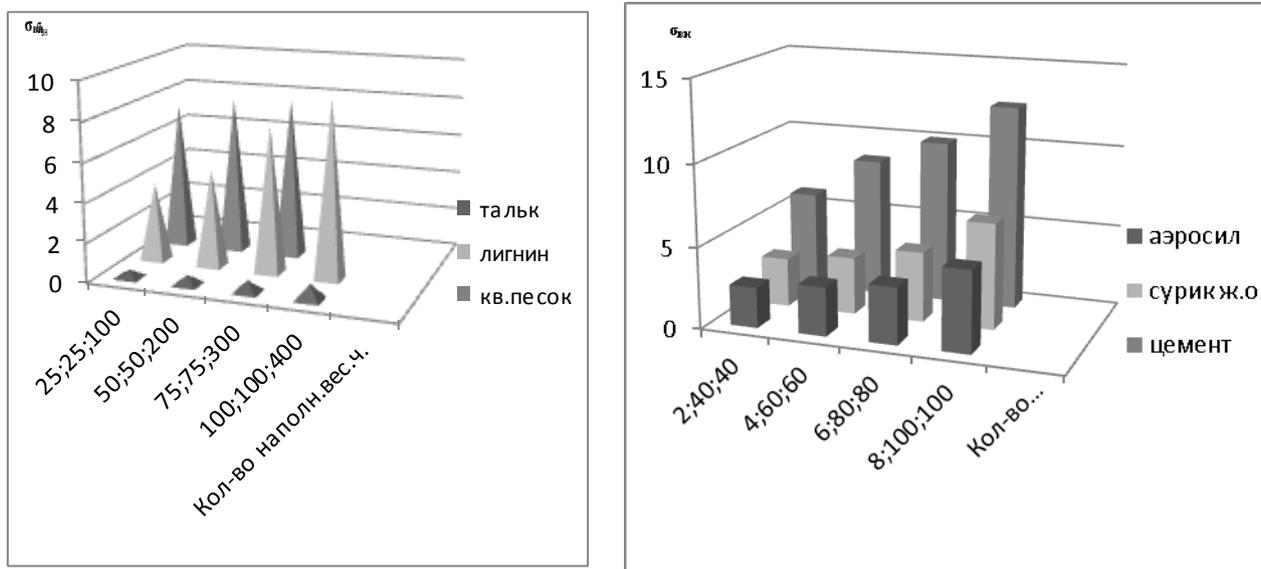


Рис.3. Гистограммы влияния вида и количества неорганического наполнителя на предельные значения внутренних напряжений, $\sigma_{\text{вн}}, 0,1\text{МПа}$. Связующее ЭД-20.

Выводы. Таким образом, на величину $\sigma_{\text{вн}}$ наполненных составов в значительной мере влияет степень полимеризации и температурный режим отверждения. При этом, введение наполнителя снижает КЛТР, увеличивает модуль упругости и $T_{\text{ст}}$, регулирует процесс релаксации внутренних напряжений. На современном этапе особенно актуально применение наноструктурирующих материалов. Так, модификация комплексными наноструктурирующими добавками, например ПЭС-5 + НДК в количествах от 0,5 до 2,5% мас.ч., повышает прочностные и улучшает эксплуатационные характеристики эпоксидного связующего и наполненных композитов в среднем на 15-25% за счет регулирования надмолекулярной структуры, уменьшения количества дефектов и снижения внутренних напряжений.

Литература

1. А. с. № 1645172 СССР, В32 В13/04. Способ изготовления железобетонных изделий с декоративным полимерным покрытием / В.А. Лисенко, И.Д. Муляр. (СССР). – №4393511/33; заяв. 19.02.88; опубл.30.04.91, Бюл. №16. – 2с.
2. Лисенко В.А. Консольно-тензометрический метод определения внутренних напряжений поликомполитных покрытий формируемых в температурном режиме / В.А. Лисенко, И.Д. Муляр // Вісник ОДАБА, 2009. – Вип. № 36. – 264-268 с.
3. Кошкин В.Г. Монолитные эпоксидные, полиуретановые и полиэфирные покрытия полов / В.Г. Кошкин, О.Л. Фиговский, В.Ф. Смокин, Л.М. Небрятенко. – М.: Стройиздат, 1975.– 121 с.
4. Лисенко В.А. Эффективные полимеррастворы для омоноличивания конструкций при их реставрации, реконструкции и ремонте. Дис. канд. техн. наук: 05.23.05: защищена и утв.1989 / В.А.Лисенко. – ОИСИ., 469 с.
5. Галушко А.И. Внутренние напряжения в герметизирующих компаундах радиоэлектронной аппаратуры / А.И.Галушко. – М.: Советское радио, 1974. – 104 с.
6. Санжаровский А.Т. Физико-механические свойства полимерных и лакокрасочных покрытий / А.Т. Санжаровский. – М.: Химия, 1978. – 184 с.