

ОРГАН ТОЛТУРГУЧТУН ТЫШТЫГЫНЫН ФЛКТУРАЦИЯСЫНЫН ТАСИРИ КУРУЛУШ КОМПОЗИТИНИН ФИЗИКАЛЫК ЖАНА МЕХАНИКАЛЫК КАСИЕТТЕРИ БОЮНЧА

Отгонов А.Ж.¹, Кабылова А.², Селименков К.С.³, Автандилов А.А.⁴

¹ ЭИТУнун Курулуш жана инновациялык технологиялар институтунун магистранты

² ЭИТУнун Курулуш жана инновациялык технологиялар институтунун магистранты

³ Н.Исанов атындагы Кыргыз мамлекеттик курулуш, транспорт жана архитектура университетинин магистранты

⁴ Н.Исанов атындагы Кыргыз мамлекеттик курулуш, транспорт жана архитектура университетинин магистранты

Аннотация. Бөлүкчөлөрү толтурулган композиттердин структуралык модификациясынын негизинде органополимердик композиттерди куруунун теориялык бекемдигинин негиздери каралат.

Негизги сөздөр: Структуралык модификация, флуктуация, күч, арматура, адгезия.

ВЛИЯНИЕ ФЛУКТУАЦИЙ ПЛОТНОСТИ ОРГАНОЗАПОЛНИТЕЛЯ НА ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СТРОИТЕЛЬНОГО КОМПОЗИТА

Отгонов А.Ж.¹, Кабылова А.², Селименков К.С.³, Автандилов А.А.⁴

¹ магистрант, Международный университет инновационных технологий (МУИТ)

² магистрант, Международный университет инновационных технологий (МУИТ)

³ магистрант, Кыргызский государственный университет строительства, транспорта и архитектуры им.Н.Исанова

⁴ магистрант, Кыргызский государственный университет строительства, транспорта и архитектуры им.Н.Исанова

Аннотация. Рассматриваются основы теоретической прочности строительных органополимеркомпозитов на основе структурной модификации дисперсно-наполненных композитов.

Ключевые слова: Структурная модификация, флуктуация, прочность, армирование, адгезия.

EFFECT OF FLUCTUATIONS OF THE DENSITY OF THE ORGAN FILLER ON THE PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF THE BUILDING COMPOSITE

Otogonov A.J.¹, Kabylova A.², Selimkov K.S.³, Avtandilov A.A.⁴

¹ undergraduate, International University of Innovative Technologies (IUIT) guzi_95KG@mail.ru

² undergraduate, International University of Innovative Technologies (IUIT)

³ undergraduate, Kyrgyz State University of Construction, Transport and Architecture n.a. N. Isanov

⁴ undergraduate, Kyrgyz State University of Construction, Transport and Architecture n.a. N. Isanov

Annotation. It is hereby shown theoretical strenths of construction organopolimercomposites on the basis of the approved pattern of structural-mechanical structure of annular-filled compositer.

Keywords: Structural modification, fluctuation, strength, reinforcement, adhesion.

Классифицируя структурные параметры армированных органополимеркомпозитов, авторы /1/ предлагают подразделять их на микроструктурные (направление армирующих слоев, их количество и т.д.), объемные

(коэффициент армирования и т.д.), микроструктурные - (развитость поверхности, вид микроструктуры), субмикроструктурные параметры матрицы и характеристики компонентов композита. При этом не указывается на необходимость учитывать структуру распределения армирующих элементов в объеме композита, что, на наш взгляд, может оказаться существенным для свойств армированного полимеркомпозита.

Экспериментальному определению расстояния между частицами дисперсной фазы посвящено значительное количество работ /1,2/.

Авторами предложены приближенные оценки средней величины расстояния между частицами /3/. Для равномерного регулярного расположения частиц наполнителя в композите была предложена формула /3/ для определения среднего расстояния между частицами наполнителя - «а».

$$\alpha = \frac{1-\varphi_{об}}{N_{1/3}^{1/3}}, \quad (1)$$

где $\varphi_{об}$ - объемная доля наполнения; $N_{1/3}$ - число частиц наполнителя в удельном объеме композита. Другая формула приближенной оценки величины «а» для случая частиц одного размера, расположенных в композите, предложена в работе /4/:

$$\alpha = \left[\left(\frac{200+L_n}{1,91L_n} \right) - 1 \right] d, \quad (2)$$

где L_n - весовая доля наполнителя; d - диаметр или толщина частиц наполнителя.

В реальных дисперсно-наполнительных системах наполнитель имеет разнообразную форму и сложное распределение по размерам. Возможны также флуктуации в концентрации наполнителя в композите за счет различия в энергиях взаимодействия между частицами наполнителя и связующим. То есть в наполненном материале существует некоторое распределение по расстояниям между частицами наполнителя. Поэтому в /1, 2, 3/ были предложены формулы для приближенной оценки расстояния между частицами наполнителя в дисперсно-наполненном материале для эллипсоидных частиц, частиц произвольной формы, при различном их диаметре (распределении по диаметрам) и степени наполнения.

Все приведенные формулы позволяют рассчитать только порядок величины расстояния между частицами наполнителя в композите и не позволяют количественно охарактеризовать флуктуации расстояний между частицами дисперсной фазы./4/

Флуктуации расстояний между частицами дисперсной фазы характеризуют степень агломерированности этих микрочастиц в гетерогенной системе. Для количественной характеристики распределения по размерам кластеров полистирольных сфер было предложено рассчитывать параметр

$$b=1-\sum \frac{x_n}{x_0} \quad (3)$$

где X_n - мольная доля кластеров, содержащих n сфер; X_0 ~ мольная доля исходных сфер. Параметр « b » характеризует сферы, не входящие в кластеры, и не может быть использован для полной количественной оценки степени агломерированности микрочастиц дисперсной фазы в гетерогенных системах.

Большинство способов переработки композиционных материалов включает процессы течения суспензий твердых частиц в жидких связующих при расплавах полимеров. Поэтому значительная часть теоретических расчетов модулей упругости композиций основана на теории вязкости смесей.

Первым уравнением, теоретически описывающим поведение гетерогенных композиций, было уравнение Эйнштейна для вязкости суспензий с низкой концентрацией твердых частиц /5/

$$\eta = \eta_1(1 + k_e \varphi_{0\delta}) \quad (4)$$

где η и η_1 -соответственно вязкость суспензии и жидкой фазы; k_e - коэффициент Эйнштейна; $\varphi_{0\delta}$ - объемная доля твердых частиц. В последующих работах /5, 6/ предложены уравнения для описания вязкости смесей со средней и высокой концентрацией сферических частиц. Предложенное уравнение для вязкости различных дисперсий можно использовать при любой концентрации твердых частиц. Это уравнение для относительной вязкости, известное под названием уравнения Муни, имеет вид;

$$\ln(\eta/\eta_1) = \frac{k_e \varphi_{0\delta}}{1 - \varphi_{0\delta}} \Phi_T \quad (5)$$

где k_e - константа (коэффициент Эйнштейна или характеристическая вязкость), равна 2,5 для жестких сфер, диспергированных в матрице; $\varphi_{0\delta}$ - объемная доля твердых частиц в смеси; Φ_T - максимальная объемная доля частиц при их наиболее плотной упаковке./7/

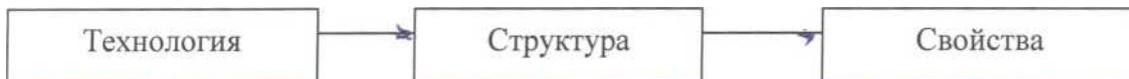
Наиболее важным с точки зрения упругих свойств дисперсно-наполненного композита является объемная доля наполнения, форма частиц и адгезия на границе раздела матрица - наполнитель.

Из вышеизложенного следует, что влияние флуктуаций плотности наполнителя (т.е. распределения его в объеме композита) на физико-механические свойства количественно не исследовалось. Недостаточно изучены также детальные аспекты влияния как среднего размера наполнителя, так и его распределения по размерам и в объеме на механизмы деформирования и разрушения дисперсно-наполненных полимерных систем. /8/ В то же время совокупность рассмотренных данных указывает на чрезвычайную важность перечисленных факторов в формировании деформационно-прочностного поведения строительного материала.

Таким образом, при исследовании структурной организации наполнителя в дисперсно-наполненных полимерных композитах недостаточно широко применяются геометрические методы анализа структур. Флуктуации в распределении наполнителя в объеме дисперсно-наполненного материала оцениваются, в основном, качественно./9/ В то же время совокупность рассмотренного материала показывает влияние различных технологических условий получения дисперсно-наполненного материала на распределение наполнителя в объеме композита, что существенно сказывается на его физико-механических и деформативных свойствах. Однако количественный подход к анализу этой важной цепочки взаимосвязей (технология -> структурная организация наполнителя -> свойства) не применялся. Это является одной из причин того, что в настоящее время не удается достаточно однозначно выделить влияние на свойства материала таких важных факторов, как характеристики матричного полимера, свойства наполнителя и его распределение в композите и по размерам, взаимодействие на границе раздела матрица - наполнитель и ряда других./10/

В связи с этим актуальной задачей является разработка количественной методики оценки флуктуаций в распределении наполнителя, важно также разработать критерии сравнения таких флуктуаций для композитов, полученных при различных технологических режимах.

Чрезвычайно важной для материаловедения дисперсно-наполненных систем является цепочка взаимосвязей:



Известно, что при одноосном армировании композита для модуля композита (E_k) справедливо следующее правило смеси:

$$E_k = E_a \varphi_a + \varepsilon_M (1 - \varphi_a), \quad (6)$$

где E_a - модуль упругости армирующего материала (стеблей); E_M - модуль упругости матрицы; φ_a - объемная доля арматуры.

При появлении факторов ориентации и длины армирующего материала Кохом при определении E_k было предложено уравнение, применимое к нашим параметрам:

$$E_k = K \varepsilon \varphi E_a \varphi_a + \varepsilon_M (1 - \varphi_a) \quad (7)$$

где $K \varepsilon \varphi$ - $C_o - C_L$ C_o - фактор ориентации;

$$C_L = 1 - \frac{\tan g \left(\beta \times \frac{L_a}{2} \right)}{\beta \times \frac{L_a}{2}} - \text{факторы длины арматуры;}$$

$$\beta = \left[\frac{2\pi G_m}{E_a A_a \ln(R/r)} \right]^{\frac{1}{2}},$$

где G_m - модуль сдвига матрицы; A_a - сечение арматуры; K - среднее расстояние между частицами; r - радиус стеблей арматуры. С учетом полной функции распределения по длинам уравнение (7) можно обобщить:

$$E_k = C_0 \sum_{j=1}^n (j-1)^n E_a(\varphi_a) \left[1 - \frac{\tan g\beta \times l/2}{\beta \times 4/2} \right] + E_m (1 - \varphi_a) \quad (8)$$

Из сопоставления теоретической и экспериментальной кривых видно, что эффективность усиления исследованных систем намного ниже ожидаемой. Расчетные значения $k_{эф}$ получены из уравнения (7) по формуле

$$k = c_0 \sum_{j=1}^n (j-1)^n \left[1 - \frac{\tan g\beta \times l/2}{\beta \times 4/2} \right] (\varphi_a)^j \quad (9)$$

где n - число разбиений. «Со» полагали близким к 1.

В то же время с ростом наполнения наблюдается некоторое возрастание $k_{эф}$. При возрастании наполнения ухудшается ориентация армированного материала, уменьшается $(l\varphi/a)$ и возрастает агломерированность наполнителя. Первые два фактора однозначно ведут к падению $k_{эф}$, из чего следует, что для увеличения $k_{эф}$ существенным оказывается наличие в структуре пучков (агломератов) армирующих материалов или лубяного волокна, вызывающих повышение эффективности работы волокна стеблей за счет более равномерного нагружения тонких прослоек полимера в агломерате. Этот результат для дисперсного наполнителя отличается от поведения наполненной системы где наличие агломератов практически не приводит к возрастанию модуля по отношению к регулярной структуре наполнения.

Существенная разница абсолютных значений $K_{эф}^{эксп}$ и $K_{эф}^{теор}$ в значительной степени объясняется неправомочностью предположения, что в исследованных системах $Co \approx 1$ (рис.1).

При анализе поведения композиций в области предельных напряжений рассматривали зависимость прочности σ_p и ударной вязкости образцов без надреза от объемной доли наполнения с учетом структурных факторов. На рис. 2 приведены значения $\sigma_p^{ком}/\sigma_p^м$ для исследованных композиций.

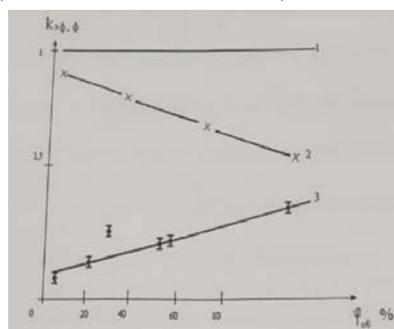


Рис. 1. Зависимость $k_{эф}$ от объемной доли наполнителя $\Phi_{об}$:

1 - непрерывная схема армирования; 2 - расчет по уравнению (7);

3- экспериментальная зависимость

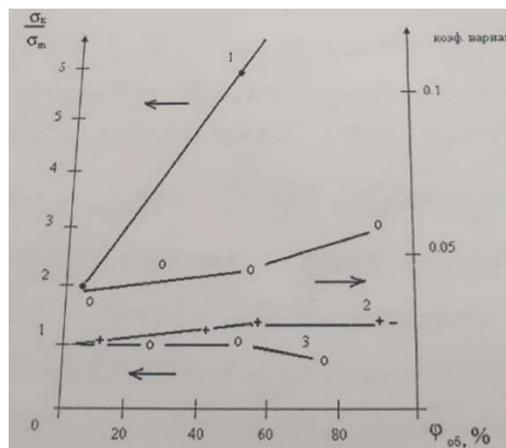


Рис. 2. Зависимость относительной прочности композита от объемной доли наполнения :

- 1 – теоретическая зависимость ; 2 - Q^k отп для композиции;
3 - Q отп для матрицы

Теоретическая кривая (1) на рис. 2 получена из уравнения

$$\sigma_k = \eta * \tau(Lp/d) * \varphi a + \sigma\mu(1 - \varphi a) \quad (10)$$

где τ - предел текучести на сдвиг матрицы, МПа; η - фактор ориентации, полученный с учетом критической длины армирующего стебля $l_{кр} > 1$. При расчете фактор ориентации полагали равным 1. Наблюдаемое существенное различие теоретической зависимости и экспериментальных данных в значительной степени обусловлено слабой передачей нагрузки на армирующий материал в случае матрицы (уравнение (10) представляет абсолютную адгезию между компонентами композита) и возможным влиянием неучтенного фактора ориентации.

Научные руководители: Курдюмова Валентина Мифодьевна- д.т.н., профессор
руководитель магистрантов от КГУСТА

Матыева Акбермет Карыбековна- д.т.н., профессор руководитель магистрантов от
МУИТ

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. [1,2] . Курдюмова В.М. Органополимерные композиты из местного сырья
2. Кыргызстана конструкционного назначения для строительства [Текст] / В.М.
3. Курдюмова, А.К.Матыева // Вестник КГУСТА. – Бишкек, 2017. - №2 (56). – С.168-172.
4. [1, 2, 3]. Matyeva, A.K. The research of the wether resistant gypsum-ash-alkaline arbolit structure by scanning electron microscopy // «Innovative Technologies in Science». - Dubai, UAE, March 2016. - №3(7), - Vol.1. – С.98-102.
5. [4] Matyeva, A.K. The state of the pressed visco-plastic medium of plant-gypsum composition (pgc) uder flat deformation conditions // International Scientific and Practical Conference "World Science", ROST. - Dubai, UAE, February 2016. - №2(6), - Vol.1. – С.75-81.

6. [5]. **Матыева А. К.** Исследование теплофизических свойств ограждающих конструкций из арболита на основе местного сырья КР [Текст] А.К. Матыева // Вестник КГУСТА. - Бишкек, 2019. - №1(63). – С. 163-16
7. [6]. **Маматов Ж.Ы., Адамалиева А., Муканов Э.М., Илимидин у.А., Саипов М.Б.** Некоторые пути повышения сейсмоустойчивости глинобитных домов из «Сокмо» и «Пахса» //Наука и инновационные технологии [Научный информационный журнал №1/2020 (14)], - МУИТ, Бишкек.
8. [7] Технологии изготовления железобетонных изделий [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://stroyinform.ru/techno/2758/70509/>
10. **Курдюмова В.М., Матыева А.К.** Стеновые изделия из органокомпозитов для сейсмостойкого строительства // Вестник КГУСТА. Бишкек, 2007. Вып. 2 (16).-С. 142-147.
11. [8] **Матыева А.К., Кароолбек к. А., сатыбалдиев Н.** Управление качественной технологией производства строительной продукции (УКТПСП). //Наука и инновационные технологии [Научный информационный журнал №3/2018 (8)], - МУИТ, Бишкек.
12. [9] **Матыева А.К., Абдыганы у. Э.** Система автоматизированного управления строительным предприятием //Наука и инновационные технологии [Научный информационный журнал №3/2018 (8)], - МУИТ, Бишкек.
13. [10] **Касымов Т.М., Акматов А.** Энергоэффективные технологии – будущее жилищного строительства //Наука и инновационные технологии [Научный информационный журнал №3/2018 (8)], - МУИТ, Бишкек.

Рецензент:
17.05.2022

Ж. Дж. Асаналиева