

Таким образом, в работе на основе исследования кинематической схемы распространения света в оптоэлектронном преобразователе рефлекторного типа установлены оптимальные значения некоторых геометрических параметров конструкции, что позволило использовать такие преобразователи в приборах для поверки расходомеров и счетчиков.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 **Intellectual microprocessor testing gas measuring instrument installations** / R. K. Azimov [et al.] // Sixth World Conference Intelligent Systems for Industrial Automation, WCIS-2010, Tashkent, Uzbekistan, November 25–27, 2010. – Tashkent, 2010. – P. 266–269.

2 **Алматаев, О. Т.** Автоматизированная программируемая поверочно-испытательная установка расходомеров счетчиков жидкостей / О. Т. Алматаев, Ю. Г. Шипулин, О. А. Жумаев // Химическая технология контроль и управление. – 2010. – № 3. – С. 46–49.

3 **Шипулин, Ю. Г.** Аналоговые оптоэлектронные преобразователи на основе полых световодов для систем контроля уровня и расхода / Ю. Г. Шипулин, А. Р. Азимов // Вестник ТашГТУ. – 1999. – № 1. – С. 43–46.

*O. T. ALMATAEV, U. S. KHOLMATOV, R. K. AZIMOV, YU. G. SHIPULIN,
S. A. MAKSUDOV*

OPTOELECTRONIC CONVERTERS OF REFLECTIVE TYPE FOR THE AUTOMATION OF LIQUID AND GAS FLOW-MESURING TEST RIGS

The functional scheme of the experimental automated programmable calibration test rig of the flow-meter mechanism for liquids and gases is presented. The scheme is developed on the basis of the reflective type optoelectronic converters. Based on the kinematic scheme analysis the optimal location of the radiation detector is determined.

Получено 21.01.2014

**ISSN 2227-1104. Механика. Научные исследования
и учебно-методические разработки. Вып. 8. Гомель, 2014**

УДК 539.5:621.89

Т. А. АЛМАТАЕВ¹, Т. С. ХАЛИМЖАНОВ²

¹*Андижанский машиностроительный институт, Узбекистан*

²*Ташкентский государственный технический университет, Узбекистан*

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЧНОСТНЫХ СВОЙСТВ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИТОВ, ОБРАБОТАННЫХ УЛЬТРАЗВУКОМ

В данной работе приведены результаты экспериментальных исследований зависимости механических свойств эпоксидных полимерных композитов от режимов ультразвуковой обработки. Установлены оптимальные режимы ультразвуковой обработки.

Известно [1–4], что физико-механические и другие свойства полимерных композитов можно улучшить, применяя различные методы физической обработки, такие как ультразвук, магнитное поле, облучение и др. В связи с этим создание композиционных полимерных материалов с высокими прочностными свойствами на основе применения эффективных способов обработки, в частности ультразвуком, является актуальной задачей современного материаловедения.

В данной работе приведены результаты экспериментальных исследований влияния режимов ультразвуковой обработки на механические свойства эпоксидных полимерных композитов, выполненных на основе методик, описанных ранее в статье [4].

На рисунке 1 показаны изменения адгезионной и ударной прочности эпоксидных композитов в зависимости от продолжительности ультразвукового воздействия и вида наполнителя.

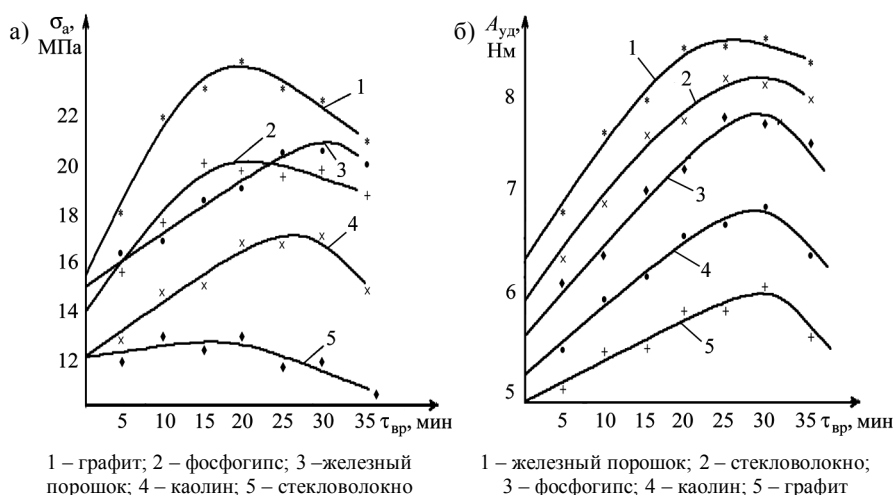


Рисунок 1 – Зависимость адгезионной и ударной прочности эпоксидных композитов от продолжительности ультразвука и вида наполнителя

Видно (рисунок 1, а), что с увеличением продолжительности ультразвука адгезионная прочность эпоксидного композита сперва возрастает и после определенного значения продолжительности ультразвука достигает своего максимума. Такой максимум наблюдается у композиций, содержащих графит после 15–20 мин, фосфогипс 18–20 мин, остальные наполнители 20–25 мин обработки ультразвуком. При этом адгезионная прочность композита оказывается на 25–35 % выше, чем у необработанных композитов. Это отчетливо видно из рисунка 1, а для наполнения композиции графитом, фосфогипсом и железным порошком. Дальнейшее увеличение продолжительности ультра-

звукового воздействия приводит к снижению адгезионной прочности полимера. Это, возможно, связано с ускорением процесса полимеризации и отверждения композита, повышением вязкости композиций и т. п. Низкая адгезионная прочность стекловолокна ($\sigma_{ад} = 14$ МПа) по сравнению с другими наполнителями возможно связана с плохой смачиваемостью и низкой площадью контакта с подложкой и высокой поглощающей способностью ультразвуковых волн.

Результаты экспериментальных исследований показали (рисунок 1, б), что ударная прочность композиционных эпоксидных полимеров с увеличением продолжительности ультразвука повышается до определенного значения. Рост ударной прочности композиций с железным порошком, стекловолокном и фосфогипсом наблюдается только при времени ультразвуковой обработки до 25–30 мин, а дальнейшее увеличение ее продолжительности малоэффективно, наблюдается даже некоторое снижение ударной прочности. Это особенно видно у эпоксидных композиций, наполненных стекловолокном. При этом наибольшая ударная прочность наблюдается у композитов, наполненных железным порошком, а наименьшая – графитом и каолином.

Следует отметить, что при продолжительности ультразвукового воздействия 25–35 мин ударная прочность полимерных композитов, наполненных графитом, каолином и фосфогипсом, снижается. Это, возможно, связано с ускорением процесса отверждения и деградацией наполнителя в объеме композиций.

Экспериментальными исследованиями установлено, что разрывная прочность композитов с повышением продолжительности ультразвукового воздействия увеличивается до определенных значений, которая зависит от вида наполнителей.

Наибольшая разрывная прочность наблюдается у композитов, наполненных стекловолокном, железным порошком и фосфогипсом при продолжительности ультразвукового воздействия, равной 15, 22, 16 мин соответственно. После 30–35 мин обработки наименьшей разрывной прочностью обладает эпоксидная композиция, наполненная графитом. Такая низкая прочность на разрыв связана структурными и прочностными свойствами графита. Однако, в целом, разрывная прочность композитов, обработанных ультразвуком, выше (более чем в 1,5–1,8 раза), чем у необработанных эпоксидных композитов. Дальнейшее увеличение продолжительности ультразвукового воздействия приводит к снижению разрывной прочности всех полимерных композитов (рисунок 2, а).

Как видно из рисунка 2, б, с увеличением продолжительности воздействия ультразвука до 25–30 мин микротвердость наполненных эпоксидных композитов возрастает. Причем максимальные значения соответствуют железному порошку (330 МПа) и фосфогипсу (300 МПа). Следует отметить, что все полимерные композиты после обработки ультразвуком в течение 25–30 мин имеют микротвердость на 30–50 % большую по сравнению с не обработанными материалами.

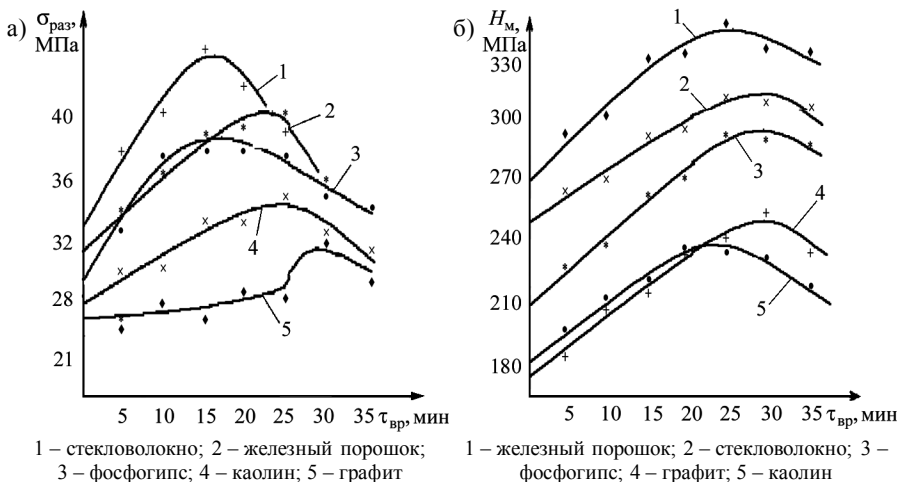


Рисунок 2 – Зависимость разрывной прочности и микротвёрдости эпоксидных композитов от продолжительности ультразвука и вида наполнителя

Обработка композиций ультразвуком сопровождается окислением полимерной матрицы или разрушением водородных связей. Если также учесть, что при такой обработке происходит снижение межмолекулярного взаимодействия и, вероятно, увеличение полярности облученных композиций, то становится понятным уменьшение вязкости и поверхностного натяжения, улучшение распределения компонентов основного состава полимерной терморезактивной композиции, увеличение адгезионной прочности соединения материала с металлом, повышение прочности полимерных композитов.

Микроскопические исследования структуры отвержденных полимерных композитов показали (рисунок 3), что при воздействии оптимального режима ультразвука наблюдается дезагрегатизация частиц наполнителей, уменьшается количество воздушных включений, образуется более однородная структура, что ведет к повышению сплошности материала и чистоты его поверхности. Благодаря этому полученные композиционные материалы отличаются высокими механическими показателями.

Увеличение продолжительности воздействия ультразвука более 30–40 мин приводит к ухудшению свойств полимерных композитов. Это объясняется тем, что при таких режимах ультразвука в материалах протекают процессы деструкции, что приводит к снижению физико-механических свойств полимерных композитов. Улучшение физико-механических свойств композиционных эпоксидных полимеров после предварительной обработки композиций ультразвуком связано со структурными изменениями в полимере, характером распределения компонентов наполнителей в объеме, изменением величины поверхностного натяжения, вязкости и других физико-химических

свойств композиций. Далее, при обработке ультразвуком снижается величина поверхностного натяжения, что улучшает совместимость, взаимную диффузию компонентов, гомогенность наполненных композиций и адгезионное взаимодействие фаз. Улучшение свойств при оптимальных режимах обработки ультразвуком полимерных композитов на основе реактопластов можно объяснить дополнительным структурированием (повышением степени отверждения) и интенсификацией процесса отверждения [1]. Это приводит к ориентации структур, упрочнению полярности полимерных композитов, повышению твердости поверхностных слоев.

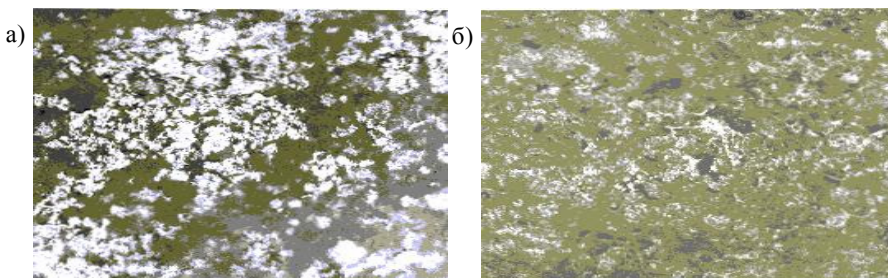


Рисунок 3 – Структура эпоксидных покрытий до (а) и после (б) ультразвуковой обработки

Проведенные экспериментальные исследования показали, что в процессе ультразвуковой обработки ненаполненных и наполненных эпоксидных композитов наблюдались следующие эффекты:

1 Адгезионная прочность ненаполненной эпоксидной смолы существенно повысилась, но эффективность процесса существенно зависела от мощности (интенсивности) потока ультразвука. Лучший эффект достигался при относительно невысокой мощности ~90 Вт, тогда как при увеличении мощности до 120 и 150 Вт, эффект ослабевал и исчезал.

2 Композиты, наполненные дисперсными наполнителями (железный порошок, фосфогипс, графит), легко модифицировались при ультразвуковой обработке (90 Вт, 30 мин) и существенно улучшали свои механические показатели – адгезионную прочность, ударную прочность, микротвердость, разрывную прочность. При этом механические показатели железонаполненных композитов оказывались не хуже и даже превышали характеристики композитов, наполненных стекловолокном.

Эти эффекты, на наш взгляд, можно объяснить следующим образом.

1 Известно [2], что если жидкий или вязкотекучий полимер подвергается ультразвуковой обработке непосредственно перед нанесением на поверхность изделия, как в нашем случае, то в результате повышается смачиваемость молекул ингредиентов с молекулами полимера, повышается подвижность сегментов макромолекул и ускоряется процесс отверждения покрытия.

Однако все это наблюдается при правильно подобранных режимах ультразвуковой обработки (мощности и продолжительности). Ясно, что при прохождении через полимеры и смолы ультразвук взаимодействует с их макромолекулами, отрывая от них их сегменты – функциональные полярные группы (амидные, карбонильные, гидроксильные). Эти группы, как известно, и есть факторы, скрепляющие (соединяющие) адгезив с субстратом. При исследовании большого числа различных материалов обнаружено [3], что кривая зависимости адгезионной прочности от содержания в адгезиве функциональных групп имеет четко выраженный максимум. Уменьшение адгезии после максимума можно объяснить тем, что с увеличением числа функциональных групп снижается подвижность сегментов макромолекул, в результате уменьшается число контактов между молекулами адгезива и субстрата, т. е. снижается адгезионная прочность соединения.

2 Увеличение эффективности дисперсных наполнителей по повышению механических (прочностных) свойств композитов при обработке последних ультразвуком объясняется, на наш взгляд, главным образом тем, что ультразвук выполняет роль диспергатора частиц наполнителя в среде полимера и смолы, препятствуя агломерации частиц наполнителя в группы и островки, и тем самым способствует получению однородного по структуре композита.

Таким образом, в работе получены данные о влиянии ультразвуковой обработки на комплексные механические свойства композиционных эпоксидных покрытий. Установлено, что высокие прочностные свойства эпоксидных композитов наблюдается при мощности ультразвука 90 Вт и его продолжительности 25–35 мин. При этом показано, что относительно высокой адгезионной прочностью и микротвердостью при оптимальных режимах ультразвука обладают покрытия, наполненные железным и медными порошками, а также фосфогипсом. Установлено, что под воздействием ультразвуковой обработки образуются упорядоченные объемные структуры композиционных полимерных покрытий за счет равномерного распределения частиц наполнителей и уменьшения количества воздушных включений в объеме композиционного материала, повышения смачиваемости наполнителей, их диспергирования и улучшения электрических и диффузионных процессов между наполнителями и полимерными связующими. Это приводит к улучшению механических свойств эпоксидных композитов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Берлин, А. А. Основы адгезии полимеров / А. А. Берлин, В. Ф. Басин. – М.: Наука, 1969. – 340 с.
- 2 Гуль, В. Е. Структура и прочность полимеров / В. Е. Гуль. – М.: Химия, 1978. – 380 с.
- 3 Негматов, С. С. Адгезионные и прочностные свойства полимерных материалов и покрытий на их основе / С. С. Негматов, Ю. М. Евдокимов. – Ташкент: Узбекистан, 1980. – 230 с.

4 Халимжанов, Т. С. Некоторые физико-химические и прочностные свойства эпоксидных композиций модифицированных ультразвуком / Т. С. Халимжанов, Т. А. Алматаев, Н. С. Негматов // Узб. хим. журнал. – Ташкент, 2000. – № 6. – С. 78–81.

T. A. ALMATAEV, T. S. KHALIMDJANOV

STRENGTH PROPERTIES ANALYSIS OF THE SONICATED POLYMERIC COMPOSITES

The experimental results of the epoxy based polymer composites mechanical properties dependence on the ultrasonic processing regimes are presented in this paper. The optimum regimes of ultrasonic processing are established.

Получено 21.01.2014

**ISSN 2227-1104. Механика. Научные исследования
и учебно-методические разработки. Вып. 8. Гомель, 2014**

УДК 621.7.014.2:62–567.1:539.383

P. N. ASCARBЕКОВ

*Кыргызский государственный технический университет им. И. Раззакова,
Бишкек*

ДЕФОРМИРОВАНИЕ РЕЗИНОМЕТАЛЛИЧЕСКОЙ ОПОРЫ ПРИ СЖАТИИ

Приведены результаты теоретических и экспериментальных исследований деформирования цилиндрической резинOMETаллической опоры под действием сжимающих нагрузок. Определены параметры, характеризующие нелинейную зависимость сжимающих сил и напряжений от деформаций резины.

Особенности механического поведения резины как конструкционного материала во многом определяют работоспособность резинOMETаллических деталей при различных видах нагружения. Сжатие является основным видом деформации, при которой работает большинство резинOMETаллических деталей. В таком случае под нагрузкой резина сдавливается и выпучивается по краям (рисунок 1). Металлическая пластина равномерно распространяет приложенную нагрузку и практически не деформируется по сравнению с резиной.

Установим связь между приложенной силой и величиной деформации цилиндрической резинOMETаллической опоры. Решение рассматриваемой осесимметричной нелинейной задачи с использованием цилиндрической системы координат r, φ, z ($0 \leq r \leq a, 0 \leq \varphi \leq 2\pi, -h \leq z \leq h$) приведено в [1, 2]. В расчетах принималась гипотеза о плоских сечениях для полей перемещений u^0 и ω^0 соответственно в направлениях r и z :

$$u^0 = r(-1 + \frac{1}{\sqrt{f'}}); \omega^0 = -z + f(z); f' = \frac{\partial f}{\partial z}. \quad (1)$$