

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИЗОТРОПНОГО АДГЕЗИОННОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ПОРОШКООБРАЗНЫХ НАПОЛНИТЕЛЕЙ С ПОЛИМЕРНЫМ СВЯЗУЮЩИМ

Н.В. Половникова, В.П. Ковалев, А.М. Громов, И.И. Теплова
 Научный руководитель: к.т.н. А.М. Громов
 АО "Федеральный научно-производственный центр "Алтай"
 Россия, г. Бийск, ул. Социалистическая, 1, 659322
 E – mail: nadiaspol@mail.ru

Механические характеристики наполненных полимерных материалов (НПМ) определяются свойствами наполнителя, связующего и их адгезионным взаимодействием [1,2].

Для оценки адгезионного взаимодействия порошкообразного наполнителя с полимерной матрицей была разработана методика, суть которой заключается в следующем: в измерительную ячейку заливается отвакуумированная рабочая жидкость, помещается исследуемый образец НПМ (рис. 1), и устанавливается поршень, который вытесняет остаточный воздух. Собранный измерительная ячейка крепится в захвате разрывной машины, включается система перемещения захвата машины. При движении поршня в цилиндре производится автоматическая регистрация изменения растягивающей нагрузки (F), возникающей при приложении к телу гидростатического давления жидкости.

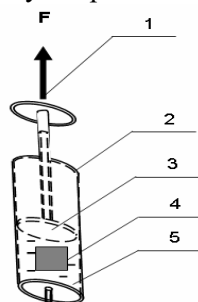


Рис. 1. Измерительная ячейка для определения характеристик внутриобъемных взаимодействий наполнителя к связующему: 1 – направление движения поршня в момент измерения; 2 – цилиндр; 3 – поршень; 4 – образец; 5 – рабочая жидкость

Затем для определения сил трения поршня о стенки цилиндра (F_T) устройство разгерметизируется, включается рабочий ход машины и снова проводится запись графической зависимости нагрузки от перемещения поршня.

На рисунке 2 представлены типичные диаграммы нагружения ячейки с образцом и без него.

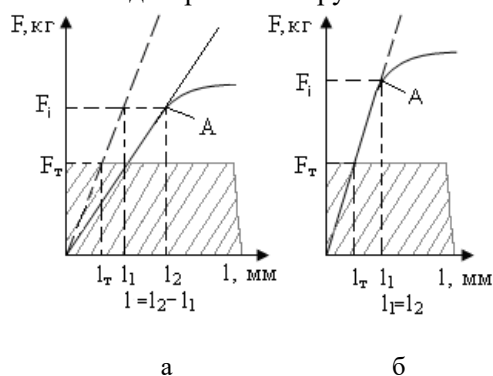


Рис. 2. Типичные диаграммы нагружения: а – ячейка с «деформируемым» образцом, (----) ячейка без образца; б – ячейка с «недеформируемым» образцом

В случае слабого скрепления наполнителя со связующим в НПМ при относительно небольших внешних растягивающих напряжениях происходит отслоение частиц наполнителя от полимерной матрицы, что отражается на диаграммах нагружения (рисунок 2 а). Линейный (начальный) участок на диаграммах нагружения образцов связан с деформационными свойствами полимерной матрицы, скрепленной с частицами наполнителя. Нелинейный участок на диаграммах связан с деформированием отслоившейся от наполнителя полимерной матрицы. Численное значение величины прочности адгезионного соединения наполнителя с полимерной матрицей определяется по точке А (пересечение

линейного и нелинейного участков) на диаграмме нагружения. Затем опускается перпендикуляр до значения величины трения поршня о стенки цилиндра и измеряется нагрузка F_a , кг и длина диаграммной ленты $l_{\text{диагр}}$, мм.

Известно, что однородный материал при всестороннем растяжении деформируется по закону Гука:

$$\sigma_a = K_p \cdot \theta$$

где K_p – объемный модуль при растяжении, кгс/см²;

θ – объемная деформация, в относительных единицах (0,01 = 1 %);

σ_a – прочность объемного адгезионного взаимодействия, которая тождественно равна давлению, возникающему в жидкости ($P = F_a/S$, кгс/см²) при нагрузке на поршень ($\sigma_a = F_a$), действующей на площадь поперечного сечения поршня ($S = \pi \cdot D^2/4$, см²);

$F_a = F_i - F_T$ – нагрузка, соответствующая точке А, кгс;

F_i – нагрузка при которой происходит объемное разрушение образца, кгс

F_T – сила трения поршня в цилиндре, определяемая при нагружении разгерметизированной измерительной ячейки с рабочей жидкостью.

Объемная деформация на момент разрушения (θ , %) определяется следующим образом:

$$\theta = \frac{\Delta V}{V_{об}} \cdot 100 \%$$

где $\Delta V = l \cdot S$ – изменение объема образца, мм³;

S – площадь поперечного сечения поршня, мм²;

$l = l_{\text{диагр}} \cdot V_{\text{маш}} / V_{\text{диагр}}$ – перемещение поршня, мм;

$V_{\text{маш}}$ – рабочий ход машины, мм/мин;

$l_{\text{диагр}}$ – длина диаграммы до точки «А», мм;

$V_{\text{диагр}}$ – скорость протяжки диаграммной ленты, мм/мин;

$V_{об} = m \cdot 1000/\rho$ – объем образца, мм³;

m – масса образца, г;

ρ – плотность образца, г/см³.

Объемный модуль образца (K_p , кгс/см²), определяется:

$$K_p = \frac{\sigma_a}{\theta}$$

Для проверки достоверности результатов проводилась серия из пяти параллельных испытаний, рассчитаны σ_a , θ , K_p и их средние квадратичные отклонения ($\bar{\sigma}_a, \bar{\theta}, \bar{K}_p$), соответственно [2].

Предложенным методом проводились измерения адгезионных взаимодействий порошков: алюминия, перхлората аммония и октогена с полимерным связующим, оценивалась точность этих измерений [3]. Показано, что по прочности адгезионного взаимодействия в порядке уменьшения исследуемые порошки образуют ряд алюминий – перхлорат аммония – октоген.

Разработанный метод определения прочности адгезионного взаимодействия порошкообразных наполнителей с полимерной матрицей, который основан на всестороннем (объемном) растяжении образца, является воспроизводимым и может быть рекомендован для количественной оценки адгезионного взаимодействия порошкообразных наполнителей с полимерными связующими.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мошев В.В. Структурные механизмы формирования механических свойств зернистых полимерных композитов. Под ред. - Екатеринбург: УрО РАН, 1997.- 508с.
2. Липатов Ю.С., Сергеева Л.М. Адсорбция полимеров. –1972. – К.: Наука думка.– 196 с.
3. Степанов М.Н. Статистические методы обработки результатов механических испытаний: Справочник. – М.: Машиностроение. – 1985. – 232., ил.