

Выводы

Применение метода иерархического параллельно-последовательного композиционного проектирования и управления технологическими системами с использованием для принятия решения функции качества обеспечивает: повышение точности конструкторско-технологических решений при создании высокоточных и надежных технологических систем с высоким ресурсом работы, требуемую точность управления рабочими процессами, а также высокое качество изготовления деталей на автоматизированном оборудовании с управлением от ЧПУ или контроллерами, сокращение времени на подготовку управляющих программ и уменьшение затрат на проверку решений. В результате рассматриваемого подхода разработана система управления приводом, как главного движения токарного модуля, так и подачи, обеспечивающая постоянную скорость резания и подачи.

Литература

1. Михайлов В.А. Технологические принципы построения роботизированных обрабатывающих модулей. Проектирование оптимальных технологических систем машин. М. Машиностроение. 1989. 192 – 211 с.
2. Михайлов В.А. Моделирование неоднородных технологических систем при композиционном проектировании. Сб. докладов на международном симпозиуме "Приоритеты развития отечественного автотракторостроения и подготовки кадров". МГТУ МАМИ. 2001. 6 с.

Динамические вязкоупругие свойства конструкционных полимерных материалов на основе поликарбоната

доц. Нижегородов В.В.
МГТУ «МАМИ»

Методами акустической спектроскопии проведены исследования динамических вязкоупругих свойств конструкционных материалов на основе поликарбоната. Исследования, проводились методом свободных крутильных колебаний на низкочастотном акустическом спектрометре, выполненном на базе обратного крутильного маятника. В процессе измерения определялись динамический модуль сдвига G' и тангенс угла механических потерь $tg\delta$. Измерения проводились в широком интервале температур от -180 до 200°C . Показано, что понижение ударной вязкости в низкотемпературной области связано с различием в химическом строении и введением модификатора удара.

В автомобилестроении и других областях техники широкое применение получил конструкционный полимерный материал, созданный на основе смеси полимеров поликарбоната (ПК) и полибутилтерефталата (ПВТ), известный под маркой Хеноу. В качестве аналога Хеноу создан отечественный конструкционный материал Пластизар 74-Л, в котором в качестве исходных компонентов использовались полимеры ПК и полиэтилентерефталат (ПЭТ). Оказалось, что по механическим свойствам Пластизар 74-Л не только не уступает Хеноу, но по некоторым параметрам, таким как ударная вязкость (прочность) превосходит Хеноу в довольно широком интервале температур. Однако при понижении температуры ударная вязкость Пластизар 74-Л уменьшается быстрее, чем у Хеноу, и при температуре $T = -50^\circ\text{C}$ становится ниже ударной вязкости Хеноу, что приводит к ограничению эксплуатационных возможностей данного материала.

Целью данной работы явилось выяснение причин более быстрого уменьшения ударной вязкости Пластизар 74-Л при понижении температуры по сравнению с Хеноу.

Ответственным за высокую ударную вязкость полимеров является наличие интенсивных вторичных переходов в стеклообразном состоянии, обусловленных локальной подвижностью групп или звеньев основной цепи или подвижностью боковых групп, причем первые играют более важную роль в возрастании ударной вязкости, чем вторые [1]. В этом случае часть энергии разрушения, прикладываемая к образцу, будет расходоваться на локальные движения фрагментов макромолекул. Поэтому полимеры, имеющие большие механические

потери в стеклообразном состоянии (γ , β -релаксация), при одинаковых других факторах будут обладать большей ударной вязкостью.

С другой стороны, полимеры, имеющие более высокие значения модуля упругости, характеризуются более сильным межмолекулярным взаимодействием. Для разрушения такого полимера необходимо приложить большую энергию, чем для полимера с меньшими значениями модуля упругости. Можно ожидать, что при одинаковых других факторах полимер, у которого скорость возрастания модуля упругости при понижении температуры (дефект модуля $\Delta G'$) больше по сравнению с другими полимерами, будет обладать большей низкотемпературной ударной вязкостью ($\Delta G' = (G'_{HT} - G'_K) / G'_{HT}$, где: G'_{HT} – низкотемпературный модуль упругости, G'_K – модуль упругости при комнатной температуре).

Таким образом, полимеры, имеющие широкие их интенсивные пики механических потерь в стеклообразном состоянии и высокие значения дефекта модуля $\Delta G'$ при низких температурах должны обладать наибольшей ударной вязкостью. Конечно, ударная вязкость зависит и от многих других факторов, но при одинаковых прочих условиях высокие механические потери и большой дефект модуля будут иметь решающее значение. Об этом говорят выводы теории [2, 3], которая устанавливает связь между ударной вязкостью образцов с надразом J и акустическими свойствами полимеров:

$$J = K \cdot \gamma_2 \cdot \tau_2 \cdot (G'_{100} - G'_K) / G'_{100} = K \cdot \gamma_2 \cdot \tau_2 \cdot \Delta G'_2 / G'_{100} \quad (1)$$

где: γ – скорость деформации, которая предполагается постоянной в течение всего времени разрушения;

τ – время релаксации полимерного материала, для которого справедлива модель Максвелла;

G'_{100} – модуль упругости при 100 К;

G'_K – модуль упругости при комнатной температуре;

$\Delta G'$ – дефект модуля;

K – константа.

Теория также устанавливает связь между J и тангенсом угла механических потерь $\text{tg}\delta$:

$$J = A \int \frac{G''}{G'} dT = A \int \text{tg}\delta \cdot dT \quad (2)$$

где: A – коэффициент пропорциональности;

G'' – модуль потерь;

G' – модуль упругости.

Для выяснения причин более быстрого уменьшения ударной вязкости Пластизар 74–Л по сравнению с Хеноу при низких температурах проведён сравнительный анализ вязкоупругих характеристик данных конструкционных материалов.

Исследования, проводились методом свободных крутильных колебаний на низкочастотном акустическом спектрометре, выполненном на базе обратного крутильного маятника [4]. В процессе измерения определялись динамический модуль сдвига G' и тангенс угла механических потерь $\text{tg}\delta$. Погрешности определения G' и $\text{tg}\delta$ составляли соответственно 2 и 4%. Измерения проводились в широком интервале температур от -180 до 200 °С.

На рис. 1 приведены температурные зависимости динамического модуля сдвига Хеноу (кривая 1) и Пластизар 74–Л (кривая 2). Сравнительный анализ температурных зависимостей G' Хеноу и Пластизар 74–Л показывает, что при $T < -60$ °С динамический модуль сдвига Хеноу становится больше, чем у Пластизар 74–Л, и, по мере понижения температуры, этот разрыв между G' Хеноу и Пластизар 74–Л увеличивается. Следовательно, дефект модуля у динамического модуля сдвига G' Хеноу при низких температурах (при $T < 0$ °С) больше, чем у Пластизар 74–Л. В области температур $T > -50$ °С значения динамического модуля сдвига G' Хеноу и Пластизар 74–Л практически совпадают, лишь между температурами стеклования аморфных прослоек полиэтилентерефталата и поликарбонатом модуль сдвига Хеноу несколько ниже, чем у Пластизар 74–Л.

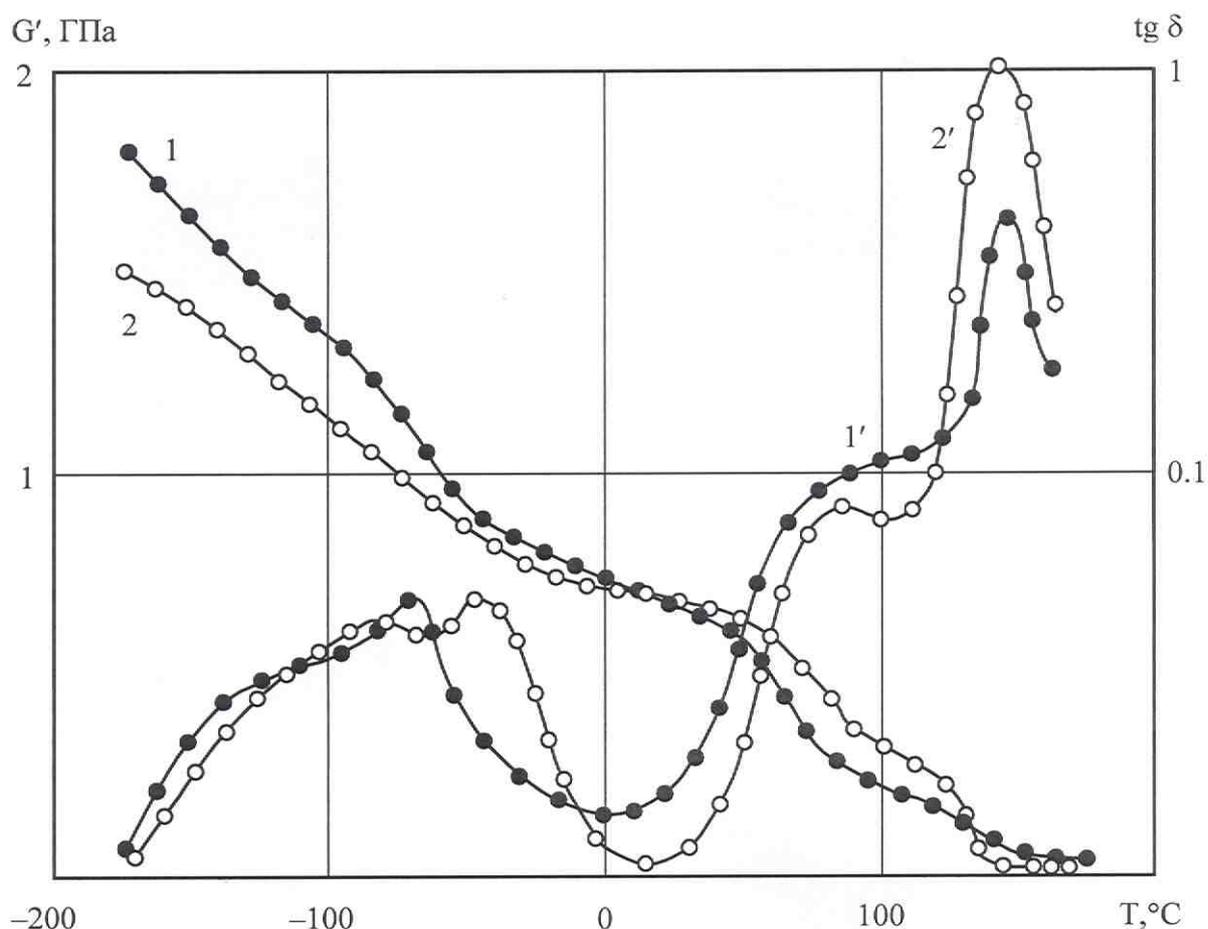


Рис. 1.

Сравнительный анализ температурных зависимостей тангенса угла механических потерь $\text{tg} \delta$ (рис. 1) Хепоу (кривая 1') и Пластизар 74-Л (кривая 2') показывает следующее.

В области высоких температур, в которой происходит стеклование исходных компонентов в системах ПК/ПБТ и ПК/ПЭТ, температурные зависимости $\text{tg} \delta = f(T)$ подобны друг другу. Причем температуры α -максимумов исходных компонентов (системы несовместимы) как в Хепоу, так и в Пластизаре 74-Л совпадают между собой. Небольшое различие в величине α -пиков может быть связано с тем, что мы имеем дело с разными смесями, в которых один из компонентов имеет различное химическое строение (Пластизар 74-Л ПК/ПЭТ, Хепоу –ПК/ПБТ).

При низких температурах в области β – релаксации механические, потери как в Хепоу, так и в Пластизаре 74-Л примерно совпадают друг с другом. Обращает на себя внимание то, что на высокотемпературной ветви β – максимума как в Хепоу, так и в Пластизар 74-Л четко проявляется дополнительный пик механических потерь, максимум которого в Хепоу расположен при $T = -71^\circ\text{C}$, а в Пластизар 74-Л – при $T = -45^\circ\text{C}$. Необходимо отметить, что в чистых смесях ПК/ПБТ и ПК/ПЭТ этого дополнительного пика не наблюдалось [5]. Известно, что в конструкционные материалы Хепоу и Пластизар 74-Л в состав смеси полимеров помимо исходных компонентов вводится также модификатор удара на основе каучука. Модификатором удара в Пластизар 74-Л является МВС-пластик. По-видимому, дополнительные максимумы механических потерь, расположенные на высокотемпературных ветвях β -максимумов Хепоу и Пластизар 74-Л связаны со стеклованием модификаторов удара, причем пик стеклования модификатора удара Пластизар 74-Л (МВС-пластик) расположен при температуре -45° , что на 26° выше расположения пика стеклования модификатора удара Хепоу ($T = -71^\circ\text{C}$).

Из приведенного анализа можно сделать следующие выводы.

Во-первых, понижение ударной вязкости Пластизар 74–Л при низких температурах, по сравнению с Хеноу, может быть связано с тем, что мы имеем дело с материалами различного химического строения, для которых дефект модуля при низких температурах является свойством самого материала, т.е. дефект модуля $\Delta G'$ смеси ПК/ПБТ при низких температурах больше дефекта модуля $\Delta G'$ смеси ПК/ПЭТ, что согласно выражению (1) должно приводить к большей низкотемпературной ударной вязкости. Согласно рис. 1, площади, ограниченные зависимостями $\text{tg}\delta = f(t)$, в области низких температур как для Пластизара 74–Л, так и для Хеноу примерно одинаковы. Однако дефект модуля при низких температурах у Хеноу больше, что, согласно выражению (1), заведомо должно привести к более высокой ударной вязкости при низких температурах Хеноу, по сравнению с Пластизар 74–Л.

Во-вторых, для повышения ударной вязкости в полимер вводят модификатор удара, который наиболее эффективно работает в том случае, когда его молекулярные цепи обладают наибольшей подвижностью, то есть в высокоэластическом состоянии. При переходе модификатора удара в стеклообразное состояние его роль в поглощении избыточной энергии не будет отличаться от роли остальной матрицы, так как сегментальное движение цепей модификатора будет заморожено.

Рассмотрение температурных зависимостей $\text{tg}\delta$ Хеноу и Пластизар 74–Л при низких температурах показывает, что в Хеноу модификатор удара переходит из стеклообразного в высокоэластическое состояние при более низкой температуре, чем в Пластизар 74–Л. Следовательно, при понижении температуры в Пластизаре 74–Л модификатор удара перестает выполнять свою функцию при более высокой температуре, чем в Хеноу. Это естественным образом приводит к уменьшению ударной вязкости Пластизара 74–Л при более высокой температуре по сравнению с Хеноу.

Таким образом, если при высоких температурах ударная вязкость Пластизар 74–Л выше, чем у Хеноу, то ответственным за высокую ударную вязкость является как свойства самого материала, так и роль модификатора удара. Причем вклад модификатора в высокую ударную вязкость Пластизара 74–Л играет большую роль, по сравнению с Хеноу, так как проведенный выше анализ показал, что сама матрица Хеноу должна обладать большей ударной вязкостью. При понижении температуры сегментальное движение модификатора Пластизар 74–Л замораживается при более высокой температуре, чем у Хеноу. К тому же ударная вязкость самой матрицы Пластизар 74–Л меньше, чем матрицы Хеноу. Это и приводит к резкому уменьшению ударной вязкости Пластизара 74–Л при температуре $T < -50^\circ\text{C}$ по сравнению с Хеноу.

По-видимому, для поддержания высокой ударной вязкости Пластизара 74–Л при низких температурах необходимо подобрать другой модификатор удара, температура стеклования которого находилась бы на более низкой температуре. Это должно привести к повышению ударной вязкости Пластизара 74–Л при низких температурах.

Литература

1. Перепечко И.И. Свойства полимеров при низких температурах.– М., 1977.–271с.
2. Мэнсон Дж, Сперлинг Л., Полимерные смеси и композиты М.: Химия,1979,– 440с.
3. Полимерные смеси, под ред. Д. Пола, С. Ньюмена, пер. с англ. Т. 1, 2, М., 1981,– 1008 с.
4. Максимов А.В., Кузьмин В.П., Перепечко И.И. Автоматизированная установка для определения динамических характеристик полимерных материалов// Высокомолек. соединения. Сер.А.–1989.–Т.31. №9. С.1912–1913.
5. Перепечко И.И., Данилов В.А., Нижегородов В.В., Бессонова Н.П., Конюхова Е.В. Вязкоупругое поведение и релаксационные процессы в смесях поликарбонат- полибутилентерефталат// Высокомолекул. соединения. –1993.–Т.35. №2. С.174–177.