

УДК 541.64:539.3

**О РАЗМЯГЧЕНИИ ЧАСТОСЕТЧАТЫХ ПОЛИМЕРНЫХ ТЕЛ
И О МЕХАНИЗМЕ ИХ ДЕФОРМАТИВНОСТИ**

Слонимский Г. Л., Аскадский А. А.

Найдено, что экспериментальной температуре стеклования эbonитов на основе полизопрена соответствует такое строение сетки, когда по-перечные мостики образованы моно- ди- и трисульфидными группами, причем величины межузловых фрагментов M_c существенно меньше, чем сегмент линейного полизопрена. Сделано заключение о региональном типе подвижности в частых сетках, которая реализуется в микрообъемах, содержащих относительно большое число взаимосвязанных ограничено подвижных элементов структуры сетки.

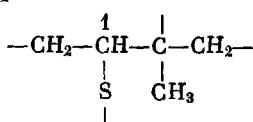
Известно, что развитие деформации в эластомерах обусловлено сегментальным движением. Этот механизм движения сохраняется и в сетчатых полимерных системах до тех пор, пока межузловые расстояния велики по сравнению с сегментом. При переходе к более частым сеткам сегментальное движение затрудняется и формально становится невозможным, когда размер сегмента начинает превосходить размер межузловых фрагментов. Оба понятия (сегмент и межузловой фрагмент) имеют статистический характер и обычно рассматриваются как средние величины. Поэтому подвижность в таких переходных от редких к частым сетках не исчезает скачком а постепенно уменьшается, сохраняясь в той или иной степени даже в очень частых сетках, в которых размер сегмента намного превышает размер среднего межузлового фрагмента. Соответственно в такой переходной области частот сеток монотонно повышается температура стеклования.

Однако при переходе к еще более частым сеткам происходит качественное изменение структуры полимера, состоящее в том, что уменьшение отношения количеств неразветвленных и разветвленных звеньев от больших значений (бесконечно больших для линейных систем) к очень малым значениям, равным нулю для идеально спицовых (в каждом звене) полимеров, приводит к новому химическому строению тела.

Естественно, что при этом подвижность элементов структуры таких сетчатых полимеров прогрессивно убывает, T_c возрастает более заметно и может превзойти температуру интенсивной термической деструкции.

Из изложенного вытекает необходимость проведения численного анализа зависимости T_c сетчатого полимера от природы и частоты сетки, а также критического рассмотрения механизма деформативности частых и очень частых сетчатых полимерных систем.

В качестве одной из модельных сеток целесообразно выбрать эbonиты, поскольку в них можно реализовать различные типы сеток, а также потому, что накоплены значительные, но противоречивые экспериментальные данные об их структуре и механических свойствах. Проведем расчет T_c эbonита на основе полизопрена. Будем исходить из того, что количество серы, взятое в реакцию, соответствует одному атому серы на повторяющееся звено полизопрена. Рассмотрим несколько вариантов образования сетки, прежде всего вычислим T_c сетки, у которой все мостики являются моносульфидными



Расчет будем проводить по формуле [1, 2]

$$T_o = \frac{\sum_i \Delta V_i}{\left(\sum_i a_i \Delta V_i + \sum_i b_i \right)_x + \left(\sum_i K_i^r \Delta V_i \right)_y}, \quad (1)$$

где $\sum_i \Delta V_i$ — ван-дер-ваальсовый объем повторяющегося звена, складывающийся из объемов ΔV_i атомов, входящих в звено; a_i — инкременты, характеризующие вклад каждого атома в слабое дисперсионное взаимодействие; b_i — инкременты, учитывающие вклад отдельных полярных групп в сильное межмолекулярное взаимодействие; K_i^r — инкременты, характеризующие энергию химических связей; подстрочные индексы «л» и «у» относятся соответственно к линейным фрагментам сетки и узлам.

Согласно определению, данному в работах [1, 2], узлом сетки является атом, от которого происходит разветвление, плюс соседние валентно связанные с ним атомы с ближайшими заместителями. Для полностью вулканизованного изопрена в виде структуры 1 все атомы и группы входят в состав узла. Следовательно, для такой структуры необходимо определить только величины $\sum_i \Delta V_i$ и $\left(\sum_i K_i^r \Delta V_i \right)_y$, чтобы оценить тем-

пературу размягчения; из соотношения (1) следует, что она полностью будет совпадать с температурой начала интенсивной термодеструкции T_d , поскольку все атомы входят в состав узлов и $\left(\sum_i a_i \Delta V_i + \sum_i b_i \right)_x = 0$.

Так как в литературе отсутствует значение инкремента K_s для атома серы, его необходимо предварительно оценить. Это можно сделать на основе соотношения [2]

$$T_d = \frac{\sum_i \Delta V_i}{\sum_i K_i^r \Delta V_i}, \quad (2)$$

где T_d — температура начала интенсивной деструкции. Для этого необходимо иметь экспериментальную величину T_d для полимера, содержащего атом серы. В качестве такого модельного полимера выберем полифениленсульфид



для которого $T_d = 723$ К.

Для полифениленсульфида ¹

$$\sum_i \Delta V_i = 4\Delta V_{\text{C},1} + 2\Delta V_{\text{C},2} + 4\Delta V_{\text{H},3} + \Delta V_{\text{S},8}, \quad \sum_i \Delta V_i = 94,5 \text{ A}^3$$

$$\sum_i K_i^r \Delta V_i = K_{\text{C}}(4\Delta V_{\text{C},1} + 2\Delta V_{\text{C},2}) + K_{\text{H}}4\Delta V_{\text{H},3} + K_{\text{S}}\Delta V_{\text{S},8}$$

$$\sum_i K_i^r \Delta V_i = (99,0 + 16,5K_s) \cdot 10^{-3} \text{ A}^3/\text{град}$$

¹ Числа, стоящие в индексах величин ΔV_i , соответствуют номерам в таблице.

Подставляя значения T_d , $\sum_i \Delta V_i$ и $\sum_i K_i \cdot \Delta V_i$ в соотношение (2), получаем, что $K_s = 1,9 \cdot 10^{-3}$.

Теперь можно рассчитать T_c эбонитов. Для структуры 1 имеем

$$\left(\sum_i \Delta V_i \right)_1 = 2\Delta V_{C,4} + \Delta V_{C,5} + \Delta V_{C,6} + \Delta V_{C,7} + 8\Delta V_{H,8} + \Delta V_{S,8};$$

$$\left(\sum_i \Delta V_i \right)_1 = 92,2 \text{ \AA}^3$$

$$\left(\sum_i K_i \cdot \Delta V_i \right)_1 = K_C (2\Delta V_{C,4} + \Delta V_{C,5} + \Delta V_{C,6} + \Delta V_{C,7}) + K_H 8\Delta V_{H,8} + K_S \Delta V_{S,8}$$

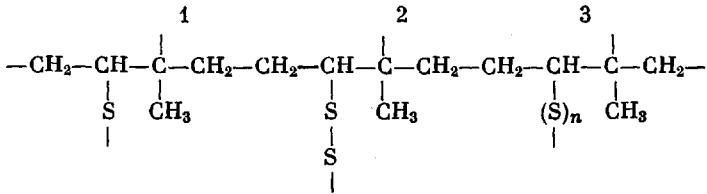
$$\left(\sum_i K_i \cdot \Delta V_i \right)_1 = 136,9 \cdot 10^{-3} \text{ \AA}^3/\text{град}, \quad T_c = T_d = 673 \text{ К}$$

Следовательно, если вся сера расходуется на вулканизацию полизопренена таким образом, что образуются только моносульфидные связи, то T_c должна совпадать с температурой начала интенсивной термодеструкции, и она составляет 400° . На практике эбониты имеют температуру

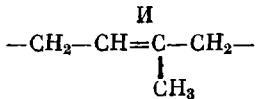
Ван-дер-ваальсовы объемы ряда атомов

Атом, №	Тип атома	$\Delta V_i, \text{ \AA}^3$	Атом, №	Тип атома	$\Delta V_i, \text{ \AA}^3$
1		12,7	6		6,1
2		9,6	7		17,2
3		2,0	8		16,5
4		13,1	9		17,7
5		10,2	10		18,9

стеклования 60–120° [3], поэтому необходимо допустить, что помимо моносульфидных связей должны возникать ди- и, возможно, полисульфидные мостики. Рассчитаем теперь T_c сетчатой системы, в которой присутствуют различные типы связей между цепями полизопрена. В состав такой сетки входят структуры трех типов, содержащие серу



и звенья полизопрена²



Величины $\left(\sum_i \Delta V_i\right)_1$ и $\left(\sum_i K_i^r \Delta V_i\right)_1$ для структуры 1 были найдены выше.

Для структуры 2

$$\left(\sum_i \Delta V_i\right)_2 = 2\Delta V_{\text{C},4} + \Delta V_{\text{C},5} + \Delta V_{\text{C},6} + \Delta V_{\text{C},7} + 8\Delta V_{\text{H},3} + 2\Delta V_{\text{S},9},$$

$$\left(\sum_i \Delta V_i\right)_2 = 111,1 \text{ A}^3$$

$$\left(\sum_i K_i^r \Delta V_i\right)_2 = K_{\text{C}}(2\Delta V_{\text{C},4} + \Delta V_{\text{C},5} + \Delta V_{\text{C},6} + \Delta V_{\text{C},7}) + K_{\text{H}}8\Delta V_{\text{H},3} + K_{\text{S}}\Delta V_{\text{S},9}$$

$$\left(\sum_i K_i^r \Delta V_i\right)_2 = 172,8 \cdot 10^{-3} \text{ A}^3/\text{град}$$

Для структуры 3

$$\begin{aligned} \left(\sum_i \Delta V_i\right)_3 &= 2\Delta V_{\text{C},4} + \Delta V_{\text{C},5} + \Delta V_{\text{C},6} + \Delta V_{\text{C},7} + 8\Delta V_{\text{H},3} + 2\Delta V_{\text{S},9} + \\ &+ (n-2)\Delta V_{\text{S},10}; \quad \left(\sum_i \Delta V_i\right)_3 = (73,3 + 18,9n) \text{ A}^3. \quad \left(\sum_i K_i^r \Delta V_i\right)_3 = \\ &= 172,8 \cdot 10^{-3} \text{ A}^3/\text{град}; \quad \left(\sum_i a_i \Delta V_i\right)_3 = (n-2)K_{\text{S}}\Delta V_{\text{S},10}; \\ &\left(\sum_i a_i \Delta V_i\right)_3 = (66,7n - 133,4) \cdot 10^{-3} \text{ A}^3/\text{град}. \end{aligned}$$

Для структуры И, согласно работе [2],

$$\left(\sum_i \Delta V_i\right)_\text{II} = 81,5 \text{ A}^3, \quad \left(\sum_i a_i \Delta V_i + \sum_i b_i\right)_\text{II} = 413,25 \cdot 10^{-3} \text{ A}^3/\text{град}$$

² В настоящей работе рассмотрим только 1,4-присоединение. Некоторые изменения в величину T_c будет вносить 1,2- и 3,4-присоединение звеньев в полизопрене, однако при раскрытии двойных связей и образовании узлов никакого различия в расчетной величине T_c не наблюдается.

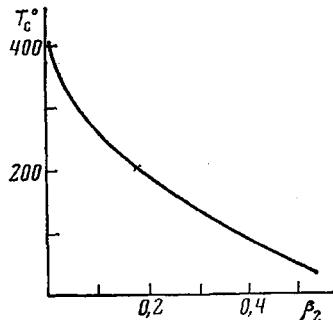


Рис. 1

Рис. 1. Расчетная зависимость T_c эbonитов, содержащих только моно- и дисульфидные поперечные связи, от доли β_2 дисульфидных связей

Рис. 2. Треугольная диаграмма, характеризующая влияние состава сетки эbonитов на T_c : а — способ построения, б — конечный результат. Числа у изолиний — значения T_c

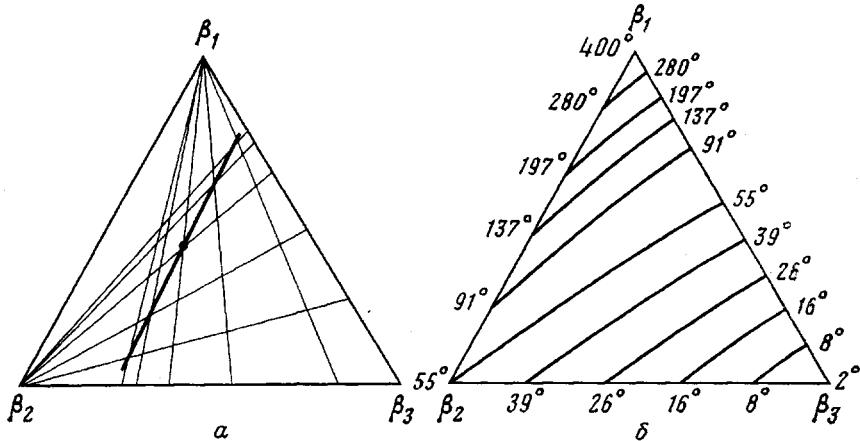


Рис. 2

Найдем соотношение, связывающее T_c эbonита с мольными долями мостиков, содержащих моно-, ди- и полисульфидные группы. Пусть $\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_n$ — мольные доли узлов (мостиков), содержащих моно-, ди- и n -сульфидные группы. При заданном стехиометрическом соотношении серы S и полизопрена возникновение одной дисульфидной связи приводит к тому, что одно звено полизопрена не будет сшито; возникновение трисульфидной связи приводит к двум несшитым звеньям полизопрена и т. д. Следовательно, доля β_i несшитых звеньев полизопрена будет равна

$$\beta_{ii} = \beta_2 + 2\beta_3 + \dots + (n-1)\beta_n = \sum_{i=2}^{i=n} (i-1)\beta_i \quad (3)$$

Тогда на основе изложенного выше и соотношения (1) получаем

$$T_c = \frac{\beta_1 \left(\sum_i \Delta V_i \right)_1 + \beta_2 \left(\sum_i \Delta V_i \right)_2 + \dots + \beta_n \left(\sum_i \Delta V_i \right)_n +}{\beta_1 \left(\sum_i K_i^r \Delta V_i \right)_1 + \beta_2 \left(\sum_i K_i^r \Delta V_i \right)_2 + \dots + \beta_n \left[\left(\sum_i K_i^r \Delta V_i \right)_3 + \right.} \\ \left. + \left(\sum_i \Delta V_i \right)_n \sum_{i=2}^{i=n} (i-1)\beta_i \right] + \left(\sum_i a_i \Delta V_i + \sum_i b_i \right) \sum_{i=2}^{i=n} (i-1)\beta_i \quad (4)$$

При этом учитывается, что

$$\sum_{i=2}^{i=n} (i-1)\beta_i = 1 - \beta_1 - \beta_2 - \dots - \beta_n = 1 - \sum_{i=1}^{i=n} \beta_i$$

Рассмотрим ряд частных случаев. Допустим, что сетка образована только моно- и дисульфидными связями. Тогда

$$T_c = \frac{\beta_1 \left(\sum_i \Delta V_i \right)_1 + \beta_2 \left(\sum_i \Delta V_i \right)_2 +}{\beta_1 \left(\sum_i K_i^r \Delta V_i \right)_1 + \beta_2 \left(\sum_i K_i^r \Delta V_i \right)_2 +} + \\ + (1 - \beta_1 - \beta_2) \left(\sum_i \Delta V_i \right)_H \\ + (1 - \beta_1 - \beta_2) \left(\sum_i a_i \Delta V_i + \sum_i b_i \right)_H \quad (5)$$

Учитывая, что $\beta_2 = 1 - \beta_1 - \beta_2$, окончательно имеем

$$T_c = \frac{(1 - 2\beta_2) \left(\sum_i \Delta V_i \right)_1 + \beta_2 \left(\sum_i \Delta V_i \right)_2 +}{(1 - 2\beta_2) \left(\sum_i K_i^r \Delta V_i \right)_1 + \beta_2 \left(\sum_i K_i^r \Delta V_i \right)_2 +} + \\ + \beta_2 \left(\sum_i \Delta V_i \right)_H \\ + \beta_2 \left(\sum_i a_i \Delta V_i + \sum_i b_i \right)_H \quad (6)$$

Соотношение (6) связывает T_c сетки эбонита с мольной долей β_2 дисульфидных связей в узле. Подставляя в него численные значения всех инкрементов, получаем

$$T_c = \frac{92,2 + 8,2\beta_2}{136,9 + 312,25\beta_2} \cdot 10^3 \quad (7)$$

Зависимость T_c от β_2 показана на рис. 1. С увеличением доли дисульфидных связей T_c плавно снижается и при $\beta_2 = 0,5$ (имеются только дисульфидные мостики) становится равной 56° .

Учитывая, что в литературе имеются данные об образовании мостиков лишь с ограниченным числом атомов серы (среднюю величину принимают равной 2,6 [4]), желательно рассмотреть вопрос о влиянии доли мостиков разной длины (вплоть до трех атомов серы) на T_c .

Обозначим число связанных звеньев $m_{cb} = m_1 + m_2 + m_3$, где m_1 , m_2 и m_3 — числа звеньев, связанных моно-, ди- и трисульфидными мостиками соответственно. Общее число звеньев, как связанных, так и свободных, равно $m_{cb} + m_2 + 2m_3 = m_1 + m_2 + m_3 + m_2 + 2m_3 = m_1 + 2m_2 + 3m_3$. Тогда

$$\beta_1 = \frac{m_1}{m_1 + 2m_2 + 3m_3}, \quad \beta_2 = \frac{m_2}{m_1 + 2m_2 + 3m_3} \\ \beta_3 = \frac{m_3}{m_1 + 2m_2 + 3m_3}, \quad \beta_H = \frac{m_2 + 2m_3}{m_1 + 2m_2 + 3m_3}$$

Разделим числитель и знаменатель этих выражений на m_3

$$\begin{aligned}\beta_1 &= \frac{m_1/m_3}{m_1/m_3 + 2m_2/m_3 + 3}, & \beta_2 &= \frac{m_2/m_3}{m_1/m_3 + 2m_2/m_3 + 3} \\ \beta_3 &= \frac{1}{m_1/m_3 + 2m_2/m_3 + 3}, & \beta_{ii} &= \frac{m_2/m_3 + 2}{m_1/m_3 + 2m_2/m_3 + 3}\end{aligned}\quad (8)$$

Подставляя выражения (8) в соотношение (1), получаем

$$T_c = \frac{92,2m_1/m_3 + 111,1m_2/m_3 + 130,0 + 81,5(m_2/m_3 + 2)}{136,9m_1/m_3 + 172,8m_2/m_3 + 239,5 + 413,25(m_2/m_3 + 2)} \quad (9)$$

Теперь рассмотрим треугольник, аналогичный треугольнику Гиббса, на сторонах которого отложены доли мостиков с различными связями, а изолинии представляют линии равных T_c . Для этого из вершины β_1 проведем ряд прямых (рис. 2, а), соответствующих равным отношениям m_2/m_3 (эти отношения равны отношениям β_2/β_3). Подставляя выбранные величины m_2/m_3 в формулу (9) и задаваясь разными T_c , получаем несколько рядов значений m_1/m_3 (при этом $m_1/m_3 = \beta_1/\beta_3$). Проводим на треугольнике линии из вершины β_2 , соответствующие величинам β_1/β_3 , и на пересечении их с соответствующими линиями β_2/β_3 находим интересующие нас точки, отвечающие заданным температурам стеклования T_c (рис. 2, а). Таким путем осуществляем построение всей треугольной диаграммы (рис. 2, б). Из нее видно, что T_c эbonитов может изменяться в очень широких пределах при наличии моно-, ди- и трисульфидных мостиков. Максимальная температура размягчения (присутствуют только моносульфидные связи), совпадающая в этом случае с температурой интенсивной деструкции, составляет 400° , минимальная величина $T_c = 2^\circ$ при наличии только трисульфидных связей.

Рассмотрим еще один вариант образования сетки эbonита. Предположим, что серные мостики могут иметь различную длину, причем распределение по длинам мостиков подчиняется распределению $q(X)$. Сначала решим задачу в общем виде. Учитывая, что число связанных звеньев обозначено как m_{cb} , общее число звеньев равно

$$m_{cb} + q_2 m_{cb} + 2q_3 m_{cb} + \dots + (n-1)q_n m_{cb} = m_{cb} \left[1 + \sum_{i=2}^{i=n} q_i(i-1) \right], \quad (10)$$

где q_2 , q_3 и q_n — доля мостиков с ди-, три- и n -сульфидными связями. Тогда

$$\begin{aligned}\beta_1 &= \frac{m_{cb}q_1}{m_{cb} \left[1 + \sum_{i=2}^{i=n} q_i(i-1) \right]}, & \beta_2 &= \frac{m_{cb}q_2}{m_{cb} \left[1 + \sum_{i=2}^{i=n} q_i(i-1) \right]} \\ \beta_n &= \frac{m_{cb}q_n}{m_{cb} \left[1 + \sum_{i=2}^{i=n} q_i(i-1) \right]} \\ \beta_{ii} &= \frac{m_{cb}[q_2 + 2q_3 + \dots + (n-1)q_n]}{m_{cb} \left[1 + \sum_{i=2}^{i=n} q_i(i-1) \right]}\end{aligned}\quad (11)$$

Подставляя выражения (11) в формулу (4), после некоторых преобразований получаем

$$\begin{aligned}
 T_c = & \frac{q_1 \left(\sum_i \Delta V_i \right)_1 + q_2 \left(\sum_i \Delta V_i \right)_2 + \dots}{q_1 \left(\sum_i K_i^r \Delta V_i \right)_1 + q_2 \left(\sum_i K_i^r \Delta V_i \right)_2 + \dots} \\
 & \dots + q_n \left(\sum_i \Delta V_i \right)_n + \\
 & \frac{\dots + q_n \left[\left(\sum_i K_i^r \Delta V_i \right)_n + \left(\sum_i a_i \Delta V_i \right)_n \right] +}{+ \sum_{i=2}^{i=n} q_i(i-1) \left(\sum_i \Delta V_i \right)_n} \\
 & + \sum_{i=2}^{i=n} q_i(i-1) \left(\sum_i \Delta V_i \right)_n
 \end{aligned} \tag{12}$$

Таким образом, T_c зависит от вида функции распределения $q(X)$, т. е. является функционалом функции распределения. Рассмотрим два вида функции распределения: дискретное распределение Пуассона

$$q(X) = \frac{\bar{X}_w^x}{x!} e^{-\bar{X}_w} \tag{13}$$

и непрерывное распределение Флори

$$q(X) = \gamma^2 X e^{-\gamma X}, \tag{14}$$

где $q(X)$ — доля цепей (серных мостиков) со степенью полимеризации, лежащей между X и $X+dX$, $\gamma = 1/\bar{X}_w$, \bar{X}_w — средняя степень полимеризации.

Тогда β_i в соотношениях (11) равно $A i \gamma^2 e^{-i\gamma}$ для распределения Флори и $B \frac{(1/\gamma)^i}{i} e^{-i/\gamma}$ для распределения Пуассона, где A и B — общие константы, $i=1, 2, \dots, n$.

Распределения Пуассона и Флори для разных значений \bar{X}_w показаны на рис. 3. При равном значении \bar{X}_w доля звеньев с малым числом n для распределения Пуассона выше, чем для распределения Флори. Рассчитав значения q_i по соотношениям (13) и (14) при заданных величинах \bar{X}_w и n , получили зависимости T_c от \bar{X}_w , причем предельная величина n принималась равной восьми (рис. 4). При использовании обоих распределений оказалось, что во всех случаях расчетные T_c сеток эбонита лежат ниже экспериментальных значений, располагающихся в пределах 60–120°. Только для распределения Пуассона при $\bar{X}_w=1$ расчетная $T_c=100^\circ$, но при этом в сетке преобладают моно- и дисульфидные мостики. Если рассмотреть другие возможные распределения длин серных мостиков, то совершенно очевидно, что более широкие распределения существенно снижают T_c . Следовательно, если T_c значительно выше комнатной, то в мостиках не может содержаться большое количество атомов серы, и утверждение в литературе о том, что мостики образованы преимущественно дисульфидными цепочками, справедливо.

Проведенный расчет показал, что даже в очень частых сетках возможно тепловое движение, приводящее к развитию значительных деформаций (~10% при растяжении), что намного превышает упругие деформации

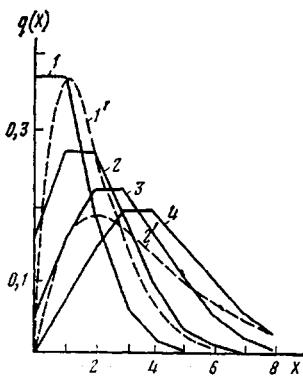


Рис. 3

Рис. 3. Распределения Пуассона (1–4) и Флори (1', 2'). Числа у кри-
ых — значения \bar{X}_w

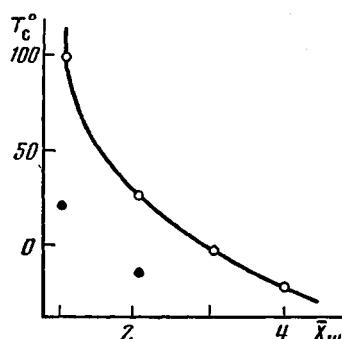


Рис. 4

Рис. 4. Зависимость T_g сеток абонита от X_w для распределения Пуассона.
Темными точками показаны те же данные для распределения Флори

обычных твердых тел. Естественно, что это настоятельно требует рассмотрения механизма деформации.

Поскольку расстояния между узлами сетки, а также размеры самих серных мостики для рассмотренных сетчатых систем безусловно малы по сравнению с сегментами полизопрена, теряет всякий смысл само представление о сегментах в таких системах. Тепловая подвижность элементов структуры в этих системах может быть обусловлена только их небольшими движениями, которыми могут быть, например, внутренние вращательные колебания той или иной амплитуды, малые поступательные движения. Заметная деформативность частосетчатого полимерного тела, очевидно, возникает в результате коллективных согласованных движений подобного рода, охватывающих значительную область объема. Таким образом, по мере повышения частоты сетки сегментальная подвижность уступает свое место согласованной подвижности большого числа взаимосвязанных в сетке элементов. Поскольку движение происходит во всем микрообъеме сетки, то целесообразно назвать такой микрообъем регионом и ввести понятие о региональной подвижности в очень частых сетках.

ЛИТЕРАТУРА

- Аскадский А. А., Матвеев Ю. И., Пастухов А. В., Розенберг Б. А., Пономарева Т. И., Щеголевская Н. А., Маршалкович А. С. Высокомолек. соед. А, 1983, т. 25, № 1, с. 56.
- Аскадский А. А., Матвеев Ю. И. Химическое строение и физические свойства полимеров. М.: Химия, 1983. 248 с.
- Энциклопедия полимеров. М.: Сов. энциклопедия, 1977, т. 3, с. 901.
- Кузьминский А. С., Боркова Л. В. Журн. физ. химии, 1958, т. 32, № 9, с. 2051.

Институт элементоорганических соединений
им. А. Н. Несмеянова АН СССР

Поступила в редакцию
25.VIII.1984

ON SOFTENING OF NARROW-MESHED NETWORK POLYMERS AND MECHANISM OF THEIR STRAIN ABILITY

Slonimskii G. L., Askadskii A. A.

Summary

The experimental T_g of ebonites on the basis of polyisoprene is shown to correspond to the structure of the network having the cross-linkages formed by mono-, di- and trisulfide groups. Dimensions of inter-crosslinks fragments are essentially lower than the segment of linear polyisoprene. The conclusion is made about the regional type of mobility in narrow-meshed networks being realized in microdomains containing rather high number of bound partially mobile elements of the network structure.