

DƏYİŞƏN PARAMETRLİ AMORF POLİMER
SİSTEMDƏ RELAKSASIYAN.F.ƏHMƏDOV, N.Ə.HƏNİFƏYEVƏ, F.A.ƏHMƏDOV
Bakı Dövlət Universiteti

Xassələri zamandan asılı olan polimer sistemin relaksasiya xüsusiyyətlərini öyrənmək üçün dəyişən parametrlı model əsasında reoloji tənlik qurulmuş və həll edilmişdir. Qəbul olunmuşdur ki, polimer sistem bir-birindən fərqli iki qrup kinetik vahidlərdən ibarətdir; zaman keçdikcə ikinci qrup kinetik vahidlərin xassələri birincilərə eksponensial olaraq yaxınlaşır. Bu xassəyə malik amorf xətti polimer sistemin relaksasiya sürəti reoloji tənliyin həllindən tapılmış və relaksasiya müddətləri müəyyənləşdirilmişdir. Göstərilmişdir ki, parametrlər bir-birindən kəskin fərqləndikdə xarakteristik relaksasiya müddətlərinin cəmindən böyük və fərqiindən kiçik relaksasiya müddətləri meydana çıxır. Bu hal kinetik vahidlər arasındakı qarşılıqlı təsirin xarakteri ilə izah edilmişdir.

Polimerlərin xassələrinin zamandan asılılığını müəyyən etmək üçün deformasiya zamanı onların quruluşunun dəyişməsinə nəzərə almaq lazımdır. Quruluşun dəyişməsi sistemin parametrlərinin elastiklik modulunun, özlülük əmsalının, relaksasiya müddətlərinin dəyişməsinə gətirir. Bu dəyişmələrin xarakterini müəyyən etmək üçün iki qrup kinetik vahidlərdən ibarət polimer sistemi tədqiq edilmişdir. I qrup kinetik vahidlər yumaq formalı quruluş elementləridir. Bu elementlərə müxtəlif makromolekulların hissələri və ya makromolekul tam şəklində girə bilər. II qrup kinetik elementlər I qrup elementləri bir-biri ilə birləşdirən makromolekul hissələrindən ibarətdir.

Birinci qrup quruluş elementlərinin elastiklik modulunun E_1 , özlülük əmsalını η_1 , ikinci qrup quruluş elementlərinin uyğun parametrlərini E_2 , η_2 ilə işarə etsək, belə model polimerin deformasiya-gərginlik asılılığını aşağıdakı diferensial tənliklə ifadə etmək olar:

$$\frac{\eta_1 + \eta_2}{\eta_1 \eta_2} \cdot \frac{d\tau}{dt} + \frac{E_1 + E_2}{\eta_1 \eta_2} \tau = \frac{d^2 \varepsilon}{dt^2} + \left(\frac{E_1}{\eta_1} + \frac{E_2}{\eta_2} \right) \cdot \frac{d\varepsilon}{dt} + \frac{E_1 E_2}{\eta_1 \eta_2} \varepsilon \quad (1)$$

Tutaq ki, baxılan model stasionar sahədədir ($\tau = \tau_0 = const$) və zaman keçdikcə I kinetik vahidin parametri aşağıdakı qanunla II kinetik vahidin parametrinə yaxınlaşır:

$$E_1 = E_2 - (E_2 - E_1) e^{-\frac{t}{\tau}} = E_2 - (E_2 - E_1) e^{-\alpha t}$$

Deyilənləri nəzərə alsaq, reoloji tənlik

$$\frac{d^2 \varepsilon}{dt^2} + \left(\frac{E_2 - (E_2 - E_1)e^{-\alpha t}}{\eta_1} + \frac{E_2}{\eta_2} \right) \frac{d\varepsilon}{dt} + \frac{[E_2 - (E_2 - E_1)e^{-\alpha t}]E_2}{\eta_1 \eta_2} \varepsilon = \frac{E_2 - (E_2 - E_1)e^{-\alpha t} + E_2}{\eta_1 \eta_2} \tau_0 \quad (1)$$

şəklində olar.

Tənliyi sadələşdirmək üçün başqa dəyişənə keçək:

$$e^{-\alpha t} = x; \quad -\alpha t = \ln x; \quad t = -\frac{1}{\alpha} \ln x; \quad dt = -\frac{1}{\alpha} \cdot \frac{dx}{x}$$

Onda tənlik aşağıdakı kimi yazılar:

$$x^2 \frac{d^2 \varepsilon}{dx^2} + \left[\frac{E_2 - E_1}{\alpha \eta_1} x - \left(\frac{E_2}{\eta_1} + \frac{E_2}{\eta_2} \right) \frac{1}{\alpha} \right] x \frac{d\varepsilon}{dx} + \left[-\frac{E_2(E_2 - E_1)}{\alpha^2 \eta_1 \eta_2} x + x \right] \varepsilon = 0 \quad (2)$$

Deformasiya zamanı müxtəlif hissələr bu və ya digər dərəcədə nizamlı quruluş yaradırlar. Bu nizamlı quruluşda makromolekul hissələri və ya makromolekul bütövlükdə iştirak edə bilər.

Alınmış tənliyə uyğun bircins tənliyi aşağıdakı kimi yazaq:

$$x^2 \varepsilon'' + (ax + b)x \varepsilon' + [A(a - A)x^2 + (aB + bA - 2AB)x + B(b - BD)] \varepsilon = 0$$

Burada aşağıdakı əvəzləmələr edilmişdir:

$$A = a = \frac{E_2 - E_1}{\alpha \eta_1}$$

$$aB + Ab - 2AB = -\frac{E_2(E_2 - E_1)}{\alpha^2 \eta_1 \eta_2} = a(b - B)$$

$$b = -\frac{E_2(\eta_1 + \eta_2)}{\alpha \eta_1 \eta_2} \quad a(b - B) = -\frac{E_2(E_2 - E_1)}{\alpha^2 \eta_1 \eta_2}$$

$$b - B = -\frac{E_2}{\alpha \eta_2} \quad B(b - B - D) = \frac{E_2^2}{\alpha^2 \eta_1 \eta_2} \quad D = -\frac{2E_2}{\alpha \eta_2}$$

$$B = b + \frac{E_2}{\alpha \eta_2} = -\frac{E_2}{\alpha \eta_2} - \frac{E_2}{\alpha \eta_1} + \frac{E_2}{\alpha \eta_2} = -\frac{E_2}{\alpha \eta_1}$$

Bircins tənliyin ümumi həlli

$$\varepsilon = x^{-B} e^{-Ax} (c_1 + c_2 \int x^{2B-b} e^{(2A-a)x} dx) = x^{-B} e^{-ax} (c_1 + c_2 \int x^{-B} e^{ax} dx)$$

şəklində alınır. $B = -1$ halında həll

$$\varepsilon_{(B=-1)} = x e^{-ax} (c_1 + c_2 \left\{ -\frac{ax+1}{a^2} e^{ax} \right\}) = c_1 x e^{-ax} + c_2 \frac{(ax-1)x}{a^2} \quad (3)$$

olar. Burada c_1 və c_2 sabitlərini başlanğıc şərtlərdən tapaq. Fərz edək ki, $t=0$ ($x=1$) anında polimer $\varepsilon(0) = \varepsilon_0$ qədər deformasiyaya uğramışdır. Zaman keçdikcə deformasiya relaksasiya edir və zaman sonsuzluğa yaxınlaşdıqda deformasiyanın azalma sürəti sıfıra yaxınlaşır, yəni $t \rightarrow \infty$

($x \rightarrow 0$) olduqda $\varepsilon' = 0$ olur. Bu şərtlərdən $c' = \frac{\varepsilon_0}{e^{-a} + a - 1}$ və

$c_2 = \frac{\varepsilon_0 a^2}{e^{-a} + a - 1}$ alınır və deformasiyanın zamandan asılılığı

$$\varepsilon = \frac{\varepsilon_0 e^{-\alpha t}}{e^{-a} + a - 1} (e^{-ae^{-\alpha t}} + ae^{-\alpha t} - 1) \quad (4)$$

şəklində olur. Bu ifadə deformasiyanın relaksasiyasının həm zamandan və həm də parametrin dəyişməsindən asılılığını göstərir. Bu düsturdan görünür ki, deformasiyanın azalması $e^{-\alpha t}$ həddi ilə yanaşı $e^{-ae^{-\alpha t}}$ həddi ilə də baş verir. Bu hədd baxılan modelin parametrinin dəyişməsi ilə əlaqədardır: parametrin dəyişməsi $e^{-\alpha t}$ vuruğu ilə baş verdiyi halda deformasiyanın dəyişməsi $e^{-ae^{-\alpha t}}$ vuruğu ilə yaranır. Burada nəzərə almaq lazımdır ki, a kəmiyyəti zaman keçdikcə azalır və asimptotik olaraq sıfıra yaxınlaşır. Bu isə öz növbəsində relaksasiya prosesinin sürətini azaldır.

Prosesin fiziki mahiyyətindən aydındır ki, ilk anda relaksasiya sürəti sıfırdan fərqli olmalıdır, yəni deformasiyanın dəyişmə funksiyasının birinci tərtib törəməsi $t = 0$ anında $\frac{e^{-a} - ae^{-a} - 1}{e^{-a} + a - 1} \neq 0$ olmalıdır.

Bu şərtədən istifadə edərək dəyişən parametrlər arasındakı münasibətdən relaksasiya müddətlərinin $\tau_1 = \frac{\eta_1}{E_1}$, $\tau_2 = \frac{\eta_2}{E_2}$ və $\tau_3 = \frac{2E_1\tau_1}{E_2 - E_1}$ olduğunu tapırıq.

Yuxarıdakı əvəzləmələrdən və inteqrallama şərtindən elastiklik modulunun dəyişmə qanununda eksponensial funksiyanın α vuruğunun mənası aydınlaşır. Belə ki, $\alpha = \frac{E_2}{\eta_1}$ alınır. Bu ifadəni $\alpha = \frac{E_1}{\eta_1} \cdot \frac{E_2}{E_1} = \frac{1}{\tau_1} \cdot \frac{E_2}{E_1}$ şəklində yazmaq.

Burada $\frac{E_1}{E_2}$ nisbəti birinci qrup kinetik vahidlərin ikinci qrupdan fərqlənmə dərəcəsini göstərir. Onda söyləmək olar ki, $\tau^0 = \frac{1}{\alpha} = \tau_1 \frac{E_1}{E_2}$ olmalıdır, yəni parametrin relaksasiya müddəti xarakteristik müddətin fərqlənmə dərəcəsinə hasili ilə təyin olunur. $c_1'\varphi_1'(x) + c_2'\varphi_2'(x) = 0$ şərtindən istifadə edərək tapmaq olar. Burada

$$\begin{aligned} \varphi'(x) &= xe^{-ax} & \varphi_2'(x) &= \frac{1}{a^2} [ax + ax - 1] = \frac{2ax - 1}{a^2} \\ \varphi_2(x) &= \frac{(ax - 1)}{a^2} & c_1'(1 - ax)e^{-ax} + c_2' \frac{2ax - 1}{a^2} &= 0 \quad c_1' = c_2' \frac{2ax - 1}{a^2(1 - ax)} e^{ax} \end{aligned}$$

İndi isə sabiti variasiya üsulu ilə qeyri-bircins tənliyin xüsusi həllini tapmaq.

$$c_1'e^{-ax} - c_1axe^{-ax} + c_2' \frac{2ax - 1}{a^2} = \frac{2E_2\tau_0}{\alpha^2\eta_1\eta_2} - \frac{(E_2 - E_1)}{\alpha^2\eta_1\eta_2} \tau_0 x$$

İndi isə (2) düsturu ilə göstərilmiş qeyri-bircins tənliyi həll etməklə xarici statik sahənin relaksasiya prosesinə təsirini müəyyənləşdirək. Bunun üçün (3) həllini (2)-də nəzərə alıb c_1 və c_2 -ni tapmaq. Tənliyin eyniliyə çevrilməsi şərtindən

$$c_1 = \frac{(2a-1)(E_1 + E_2)\tau_0}{a\eta_2^2 \left\{ (2a+1)^2 \left[\frac{E_2}{\eta_2} (\alpha a^2 + \frac{E_2}{\eta_2}) + \frac{E_1}{\eta_2} \alpha \right] + (a+1)^2 \left[\frac{E_1}{\eta_1} (\alpha a - \frac{E_1}{\eta_2}) - 2 \frac{E_1^2}{\eta_2^2} \right] \right\}}$$

$$c_2 = c_1 \frac{\alpha a(a-1) + \frac{E_2}{\eta_2} (3a-1)}{\frac{E_2}{a^2 \eta_2} (2a-1)}$$

olur. Aydınadır ki, xarici sahənin təsiri ilə baxılan modelin deformasiyası zaman keçdikcə artmalıdır. Bu isə o vaxt olar ki, a) $c_1 > 0$, $c_2 > 0$ və $ae^{-2\alpha t} > e^{-\alpha t}$; b) $c_1 > 0$, $c_2 < 0$ və $ae^{-2\alpha t} < e^{-\alpha t}$; c) $c_1 > 0$ və həllin birinci həddi t -nin ixtiyarı qiymətində ikinci həddən böyük olsun a) halının axırını şərti ödəmə bilməz, çünki $\alpha > 0$, $t > 0$ və $1 > a > 0$ olduğundan $ae^{-\alpha t} > 1$ ola bilməz. Buradan görünür ki, b) şərtləri deformasiyanın zamandan asılı olaraq artmasını təmin edir. Bu şərtin birinci hissəsində $c_1 > 0$ olması üçün $2a > 1$ və c_1 -in məxrəci sıfırdan böyük olmalıdır, yəni

$$1) \frac{E_1}{\eta_1} (\alpha a - \frac{E_1}{\eta_2}) - 2 \frac{E_1^2}{\eta_2^2} > 0$$

və ya

$$2) (2a+1)^2 \left[\frac{E_2}{\eta_2} (\alpha a^2 + \frac{E_2}{\eta_2}) + \frac{E_1}{\eta_2} \alpha \right] > (a+1)^2 \left[\frac{E_1}{\eta_1} (\alpha a - \frac{E_1}{\eta_2}) - 2 \frac{E_1^2}{\eta_2^2} \right]$$

bərabərsizlikləri ödənməlidir. 1)-dən $\alpha > \frac{E_1}{\eta_2} (2 \frac{\eta_1}{\eta_2} + 1) + \frac{E_1}{\eta_1}$ və ya

$$\alpha > \frac{1}{\tau_2} \frac{E_1}{E_2} (2 \frac{\tau_1}{\tau_2} \frac{E_1}{E_2} + 1) + \frac{1}{\tau_2}$$
 alınır. Yuxarıda göstərilmişdir ki, $\alpha = \frac{1}{\tau_1} \frac{E_2}{E_1}$

dir. Axırını iki ifadənin müqayisəsindən $\frac{E_2}{E_1} > 1 + \frac{\tau_1}{\tau_2} (2 \frac{\tau_1}{\tau_2} \frac{E_1}{E_2} + 1)$ alınır.

Məsələnin şərtinə görə, $E_2 > E_1$, $\eta_2 > \eta_1$, yəni $\tau_2 > \tau_1$ olduğundan bu ifadə ödənilir. Hətta $E_2 = 2E_1$ və $\tau_2 = 2\tau_1$ olarsa, $2 > 1,75$ alınır. Məxrəcin müsbət olmasının 2)-ci şərti mütləq ödənilir, çünki $\alpha = \frac{E_2}{\eta_1} > 0$ və

$$(2a+1)^2 > (a+1)^2 \text{ - dir.}$$

Nəhayət, c) şərtini araşdıraq. b) şərtindən alındı ki: $E_2 \geq 2E_1$ və $\alpha > 0$ olması c_1 -in müsbət olmasını təmin edir. Ona görə də $e^{-ax} > (x - \frac{1}{a})\gamma$ olmalıdır. x vahidlə sıfır arasında qiymət aldığından $e^{-ax} > 0$ -dir. a isə

vahiddən kiçik, sıfırdan böyükdür. Deməli,

$$\gamma = \frac{\alpha a(a-1) + \frac{E_2}{\eta_2}(3a-1)}{\frac{E_2}{a^2\eta_2}(2a-1)} < 0$$

olmalıdır. Əvəzləmələrdən $\alpha a = \frac{E_2}{\eta_1} - \frac{E_1}{\eta_1} = n \frac{E_2}{\eta_2}$ yazaraq (ifadədən görünür ki, $n \geq 1$ -dir). Onda

$$\gamma = \frac{[n(a-1) + (3a-1)]a^2}{2a-1} < 0$$

olar. $n=1$ olarsa $\gamma = 2a^2$ olur və a -nin bütün qiymətlərində $\gamma > 0$ olur. Buradan alınır ki, $n > 1$ və $0,5 < a < 1$ olmalıdır. Hesablama göstərir ki, a -nın qiymətindən asılı olaraq n -in qiyməti müxtəlif ola bilər. Axırncı ifadədən

$$n > \frac{3a-1}{1-a}$$

a -nın 0,5-dən vahidə qədər qiymət olması zamanı n -in minimum qiymətlərini tapmaq olar. Buradan alınır ki, a -nın böyük qiymətlərinə n -in böyük qiymətləri uyğun gəlir.

Yuxarıda göstərildi ki, $\alpha = \frac{E_2}{\eta_1}$ -dir və $\alpha = \frac{n E_2}{a \eta_2}$ şərti ödənməlidir.

Bu iki ifadənin bərabərliyindən

$$\alpha = \frac{\tau_1 \eta_2}{\eta_2 - n \eta_1} \quad \text{və ya} \quad \alpha = \frac{\tau_1 \tau_2 E_2}{\tau_2 E_2 - n \tau_1 E_1}$$

alınır.

Bu düsturlar birinci və ikinci qrup elementləri arasındakı zaman əlaqəsini göstərən α kəmiyyətini sistemin parametrləri ilə ifadə etməyə imkan verir. α kəmiyyəti öz mahiyyətinə görə I qrup elementlərin II qrup elementlərinə yaxınlaşma sürətini xarakterizə edir. Axırncı düsturlardan görünür ki, bu qrupların parametrləri bir-birinə nə qədər yaxın olarsa, I qrup elementlərinin II qrup elementlərinə çevrilməsi o qədər qısa müddətdə baş verir. Alınan nəticə göstərir ki, bu sürət xarici sahənin parametrindən asılı deyildir. Xarici sahə yalnız deformasiyanın qiymətinə təsir edir.

Xarici sahə polimer blokun bütün elementlərinə təsir edir. Qəbul etmək olar ki, elementlərin blokun həcmində paylanması hansı funksiya tabedirsə, mexaniki gərginliyin paylanması da həmin qanunla olacaqdır. Eyni kinetik vahidlərin ala biləcəyi bütün hallar eyni dərəcədə həyəcanlaşır: bir haldan digər hala keçid ehtimalını təyin edən enerji fərqi dəyişmir. Bu isə o deməkdir ki, bir kinetik vahidin digər kinetik vahidin halını alması xarici sahədən asılı olmur. Xarici sahədən asılılıq deformasiyanın qiymətində özünü göstərir. Yuxarıda deyilənlər o vaxt doğrudur ki, kinetik vahidlər sərbəst olsunlar. Yüksəkelastiklik halında

bu şərt birinci yaxınlaşmada ödənilir və kinetik vahidlərin bir konformasiyadan digərinə keçidi entropik xarakter daşıyır. Lakin quruluş elementləri arasında korelyasiya nəzərə alınarsa, hallar arasındakı enerji ilə mütənasib olan α kəmiyyəti xarici sahənin intensivliyindən asılı olur. Bu halda deformasiya həm qruplar arasındakı keçid və həm də oriyentasiya hesabına yaranır. Bu iki effekti bir-birindən ayırmaq üçün prosesə elə temperaturda baxmaq lazımdır ki, orada konformasiya keçidlərini nəzərə almamaq mümkün olsun. Belə temperaturlarda elastiklik modulunun temperaturdan asılılığını nəzərə almamaq olar. Bu halda yalnız «məcburi elastiklik» yaranacaq, yəni hər iki qrupdan olan kinetik vahidlərin sahə istiqamətində qismən oriyentasiyası yaranacaqdır. Baxılan müddətdə yaranan deformasiya yalnız «məcburi elastiklik» hesabına olacaqdır.

Reoloji tənliyin ümumi halda həlli aşağıdakı kimi alınır:

$$\varepsilon = x^{d-c} \left[\sum_{v=0}^{\beta-2} \frac{(-1)^v x^{\beta-v-2d}}{(-c)^{v+1}} \left\{ A' \frac{\beta-v}{\beta-v-1} \left(\frac{\beta-v+1}{\beta-v} + \frac{(-1)^{\beta-1}}{(-c)^\beta} \right) \left[\frac{ax}{(\beta-v-2d+1)(2-2d)} - \frac{1}{(\beta-v-2d)(1-2d)} \right] x + \frac{B'}{2-2d} \left(\frac{ax}{\beta-v-2d} + \frac{1}{\beta-v-2d-1} \right) \right\} + c_1^0 \right] + \left\{ \sum \frac{(-1)^v x^{\beta-v-1}}{(\beta-v-1)(-c)^{v+1}} \cdot \left[\left(\frac{\beta-v-1}{\beta-v} + \frac{(-1)^{\beta-1}}{(-c)^\beta} \right) Ax - B \right] + c_2^0 \right\} \left(\frac{x^{-2d+1}}{1-2d} - \frac{ax^{2-2d}}{2-2d} \right)$$

$$\text{Burada } \beta = \frac{E_2}{\alpha \eta_1}, \quad d = \frac{E_2}{\alpha \eta_2} \frac{\eta_1 - \eta_2}{2\eta_1}; \quad c = -\frac{E_2}{\alpha \eta_2} \frac{\eta_1 + \eta_2}{2\eta_1} \quad x = e^{-\alpha t}, \quad c_1^0 \text{ və}$$

c_2^0 isə sərhəd şərtlərindən tapılan sabitlərdir. Sərhəd şərtləri olaraq başlanğıcda $x=1$ yəni $t=0$ olduqda $\varepsilon=0$ şərtindən $c_1^0=0$, c_2^0 isə

$$c_2^0 = \frac{2(2d-1)(d-1)}{a(2d-1)-2(d-1)} \left[\frac{1}{c} \left\{ \frac{A'}{2} \frac{3-4c^3}{c^3} \left[\frac{a}{4(2-d)(1-d)} - \frac{1}{(3-2d)(1-2d)} \right] + \frac{B'}{2(1-d)} \left(\frac{a}{3-2d} + \frac{1}{2(1-d)} \right) \right\} - 1 \right] - \frac{(2A'-3B')(d-1)}{6c}$$

alınır. Parametrlərin aşağıdakı

$$d-c=1, \quad \beta=2, \quad v=0, \quad d-c = \frac{E_2}{\alpha \eta_2} = 1, \quad d = -\frac{1}{2}, \quad c = -\frac{3}{2}$$

qiymətlərində

$$\varepsilon = x \left[\frac{x^3}{3} \left\{ A' 2 \left(\frac{3}{2} - \frac{4}{9} \right) \left[\frac{ax}{12} - \frac{1}{6} \right] x + \frac{B'}{3} \left(\frac{ax}{3} - \frac{1}{2} \right) \right\} + c_1^0 \right] + \left\{ \frac{x}{3} \left[\left(\frac{1}{2} - \frac{4}{9} \right) A' x - B' \right] + c_2^0 \right\} \left(\frac{x^2}{2} - \frac{ax^3}{3} \right)$$

olur. Bu düsturdan istifadə edərək yuxarıdakı konkret qiymətlər üçün c_2^0 sabitini tapaq. Yəni də qəbul edək ki, $x=1$ ($t=0$)-da $\varepsilon=0$ olsun. Zaman sonsuzluğa yaxınlaşdıqda isə, yəni $x=0$ olduqda relaksasiya prosesi başa çatır və onun sürəti $\varepsilon' = 0$ olur. Bu iki şərtəndən $c_1^0 = 0$ və

$$c_2^0 = \frac{4}{9(4a-3)} \left[\frac{A}{3}(14a-61) + 4B(2a-3) \right]$$

alınır.

$$\text{Burada } A' = \frac{2aE_2}{\alpha^2 \eta_1 \eta_2} \tau, \quad B' = \frac{A_1}{2} \left(1 - \frac{E_1}{E_2} \right) \text{-dir.}$$

Yuxarıda qəbul olundu ki, deformasiyanın zamandan asılılığını ifadə edən düsturda cəmləmə $\beta = 2$ qiymətinə qədər aparılır, yəni yalnız $v = 0$ qiymətinə baxıldı. İfadədən görünür ki, $\beta > 2$ qiymətləri $x = e^{-\alpha t}$ arqumentinin tərtibini artırır, yəni cəmin hədləri $v \geq 0$ olduqda daha böyük sürətlə dəyişir. $v = \beta - 2d$ olarsa, ε -nin ifadəsindəki hədlərin dəyişməsi x və x^2 -la baş verir. Deformasiya qanunundan görünür ki, arqumentin tərtibi β -nin qiymətindən asılıdır. Doğrudan da x -in üstü $\beta - d - c + 2 - v$ ifadəsinə bərabər olarsa, $(-d - c = \frac{E_2}{\alpha \eta_1}$ olduğundan) re-

laksasiya müddətləri çoxluğu

$$\frac{1}{\tau_\beta} = \alpha \left(2\beta + 2 - \sum_{v=0}^{\beta-2} v \right)$$

düsturu ilə tapılır. Burada $\beta \geq 2$ -dir. β -nin hər bir qiymətinə τ_β -nin $\beta - 1$ qiyməti uyğun gəlir. Beləliklə, diskret relaksasiya müddətləri spektri alınır.

Yuxarıdakı araşdırmalar aşağıdakı nəticələri söyləməyə imkan verir:

– Tarazılıq halından çıxarılmış zəncirdə qədər relaksasiya prosesi onun parametrləri ilə xarakterizə olunan relaksasiya müddətləri ilə baş verir. Modelin xarakteristik relaksasiya müddətlərindən əlavə onların kombinasiyaları ilə təyin olunan relaksasiya müddətləri meydana çıxır. Relaksasiya müddətləri spektri zənciri təşkil edən kinetik vahidlərin bir-birindən fərqlənmə dərəcəsindən asılı olur. Fərqlənmə dərəcəsi relaksasiya müddətlərinin ifadəsinə vuruq kimi daxil olur.

– Xarakteristik relaksasiya müddətinin kinetik vahidlərin bir-birindən fərqlənmə dərəcəsinə hasili vahidə bərabər olduqda relaksasiya prosesi yalnız kinetik vahidlərin qarşılıqlı təsirindən asılı olur. Qarşılıqlı təsiri xarakterizə edən relaksasiya müddətləri xarakteristik relaksasiya müddətlərindən həm kiçik və həm də böyük ola bilər. Lakin parametrlərin bir-birindən kəskin fərqlənməyən halında bu relaksasiya müddətləri xarakteristik müddətlərin fərqindən böyük, cəmindən isə kiçik olur.

– Alınan həllin araşdırılması göstərir ki, relaksasiya ilə yanaşı ona əks olan proses də qədir: ilk anlarda gərginlik altında olan birinci qrup elementləri müəyyən bucaq qədər dönərək deformasiyanı artırır, ikinci qrup elementləri isə tarazlıq vəziyyətinə qayıdaraq deformasiyanı azaldır. Birinci prosesin sürəti böyük, yəni relaksasiya müddəti kiçik olduğundan bu proses daha qısa müddətlə başa çatır. Ona görə də ümumi proses daha böyük relaksasiya müddəti ilə davam edir. Zamanın böyük qiymətlərində relaksasiya prosesi xarakteristik relaksasiya müddətlərinin cəmi ilə təyin olunan relaksasiya müddəti ilə baş verir.

РЕЛАКСАЦИЯ В АМОРФНОЙ ПОЛИМЕРНОЙ СИСТЕМЕ С ПЕРЕМЕННЫМИ ПАРАМЕТРАМИ

Н.Ф.АХМЕДОВ, Н.А.ГАНИФАЕВА, Ф.А.АХМЕДОВ

РЕЗЮМЕ

Для изучения релаксационной особенности полимерной системы, свойства которой являются функцией времени, на основе модели с переменными параметрами было построено и решено реологическое уравнение. Было принято, что рассматриваемая система состоит из двух групп кинетических единиц, причем свойства второй группы кинетических единиц, со временем экспоненциально приближается к свойствам первой группы. Из решения реологического уравнения была найдена скорость релаксационного процесса и были определены времена релаксации. Было показано, что при не очень резком отличии свойств групп появляются времена релаксации большие и меньшие суммы и разности характеристических времен. Это объясняется характером взаимодействия между кинетическими единицами.

RELAXATION IN AMORF POLYMER SYSTEM WITH CHANGE PARAMETHERS

N.F.AXMEDOV, N.A.HANIFAEVA, F.A.AXMEDOV

SUMMARY

The reologic equation was been compose and deside on the base of the model with change paramethers for investigation of relaxing especiality of polymer system's properties with properties as time function. It was taken that this system consist of two group of kinetic units and properties of second group of kinetic units exponentially approaches with time to properties of first group. From decide of reologic equation was final the speed of relaxing process and determined times of relaxation. It was shown that the times of relaxation appears which are larger and smaller of sum and difference of characteristic times near no most distinction of group's properties. It is explain by character of interaction between kinetic units.