



ANISOTROPY OF THIN-LAYERED MATERIALS IN ONE-SIDED DEFORMATION ELONGATION

Mustafayev Muhammad-Ali Nurali o'g'li

Assistant at the Institute of Counter-Engineering Economics

<https://doi.org/10.5281/zenodo.13927879>

ARTICLE INFO

Received: 08th October 2024

Accepted: 13th October 2024

Online: 14th October 2024

KEYWORDS

Polymer, crystallized, lamellar, fibrillar, polarizing optical microscope, fibroin fiber

ABSTRACT

Reversible and irreversible deformation changes, destructive breakdowns are observed at various levels in the practical use of polymer materials. These processes largely depend on the presence of polymers in isotropic (disordered, amorphous) and anisotropic (ordered, crystalline, lamellar, fibrillar) states in materials, the shape, thinness and thickness of materials, and methods of their research and targeted control creation is of great practical importance.

YUPQA QATLAMLI MATERIALLARNING BIR TOMONLAMA DEFORMATSION CHO'ZISHDAGI ANIZOTROPIYASI

Mustafayev Muhammad-Ali Nurali o'g'li

Qarshi muhandislik iqtisodiyot instituti asistenti

<https://doi.org/10.5281/zenodo.13927879>

ARTICLE INFO

Received: 08th October 2024

Accepted: 13th October 2024

Online: 14th October 2024

KEYWORDS

Polimer, kristallangan, lamellar, fibrillar, polarizatsion optik mikroskop, fibroin tolali.

ABSTRACT

Polimer materiallarni amaliy qo'llanishida turli darajalarda qaytar va qaytmas deformatsion o'zgarishlar, destruksion parchalanishlar kuzatiladi. Bu jarayonlar ko'p jihatdan polimerlarning materiallarda izotrop (tartibsiz, amorf) va anizotrop (tartibli, kristallangan, lamellar, fibrillar) holatlarda bo'lishiga, materiallarning shakli, yupqa va qalinligiga bog'liq bo'lib, ularni tadqiqot qilish va maqsadli boshqarish usullarini yaratish muhim amaliy ahamiyat kasb etadi.

Tadqiqotlar o'tkazish uchun yassi qalinliklari ~50 mkm bo'lgan bir qatlamli polietilen plenksi va noto'qima ipak pillasi tanlandi. Ushbu yupqa pilla namunasi qalanligi 1 mm bo'lgan ko'p qatlamli ipak pillasidan ajratib olindi. Uning tarkibini 70 % fibroin tolalari (tolani qalinligi 7 - 10 mkm) va 30 % seritsin oqsili bioyelim sifatida tashkil etadi. Namunalarning uzunligi 5 sm va eni 1 sm hamda qalinligi 50 mkm bo'lib, ularni dastlab **poliarizatsion optik mikroskop (PMK)** yordamida strukturaviy tashqillanishi tadqiqot qilindi. Polietilen plenka shaffof bo'lib, o'lchashlar uning qalinligini 50 mkm (o'lchash xatoligi ± 2 mkm) va undan o'tgan poyarizatsion-

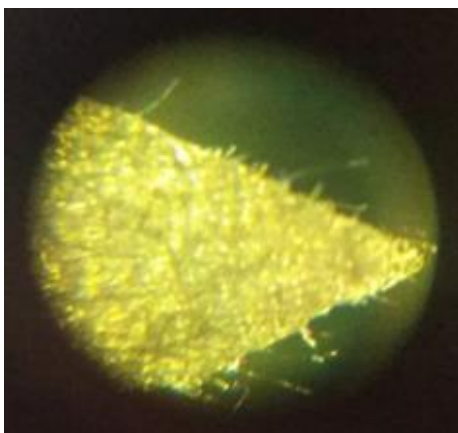
optik nurlar, ya'ni oddiy (φ_0) va g'ayri oddiy (φ_1) farqi $\Delta\varphi = \varphi_0 - \varphi_1 = 2^\circ$ (o'lchash xatoligi $\pm 0,01^\circ$) ni tashkil etishini ko'rsatdi.

Bundan qo'sh nurni sindirish ko'rsatgichi miqdori

$$\Delta n = \lambda \Delta\varphi / 180^\circ d = 0,56 \cdot 10^{-4} \cdot 2^\circ / 180^\circ \cdot 50 \cdot 10^{-4} = 1,25 \cdot 10^{-4} \text{ ekanligini ko'rsatdi.}$$

Ushbu plenkani kristallanish darajasi $S_{kr} = 40 - 50 \%$ ekanligi rentgenostrukturaviy tahlillar usulida qayd etilgan. Kristallanish shakli laminar tipida (qalinligi 20 - 25 nm) va polietilen optik anizotropiyasi kichik bo'lganligi tufayli $\Delta\varphi$ farq ham kichik bo'ldi.

Yupqa ipak pillasi qalinligi ham 50 mkm (± 3 mkm) bo'lib, undan o'tayotgan polarizatsion-optik nur fibroin tolasida makromolekulalarning yuqori darajada oriyentatsion tartibli kristallangan bo'lganligi tufayli yupqa qatlamli material yorqin optik anizotropiya namoyon qiladi (1-rasm).



1-rasm. Fibroin tolali yupqa qatlamli materialning PMK surati

Bunday ipak materialda ikki xil, ya'ni fibroin mikrotolalarining xususiy optik anizotropiyasi tufayli vujudga kelgan qo'sh nur sinishi effekti (Δn_{FB}) va yupqa ipak noto'qima materialda anizotrop fibroin mikrotolalarning tartibsiz izotrop holatda joylashganligi tufayli namoyon qiladigan qo'sh nurni sinish effekti (Δn_m) kuzatiladi.

Alohida olingan fibroin tolasida uchun

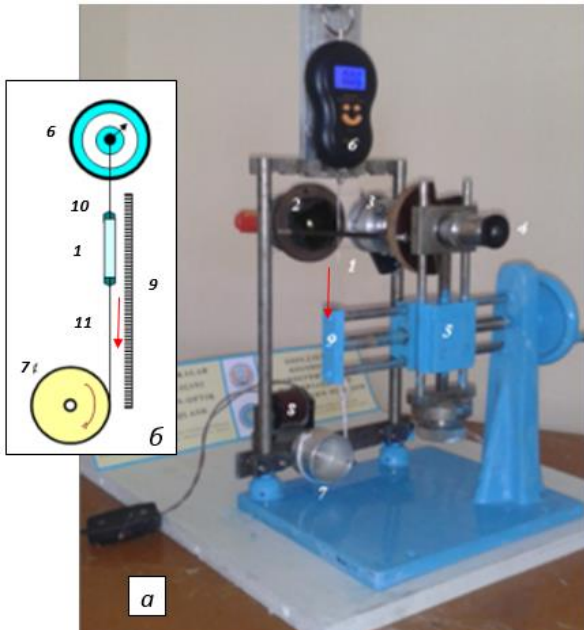
$$\Delta n_{FB} = \lambda \Delta\varphi / 180^\circ d = 0,56 \cdot 10^{-4} \cdot 65^\circ / 180^\circ \cdot 50 \cdot 10^{-4} = 40,11 \cdot 10^{-4}$$

ga teng hamda yupqa ipak material uchun

$$\Delta n_m = \lambda \Delta\varphi / 180^\circ d = 0,56 \cdot 10^{-4} \cdot 10^\circ / 180^\circ \cdot 50 \cdot 10^{-4} = 3,6 \cdot 10^{-4}$$

ga teng ekanligi aniqlandi. Bunda $\Delta\varphi$ ning o'lchash xatoligi $\pm 0,01^\circ$.

Demak, ushbu yupqa qatlamli materiallarning anizotropiyasi, ularning tarkibidagi molekular va mikrotolalarning fizik holatiga bog'liq bo'lib, strukturaviy o'zgarishlarini, ularning optik anizotropiyasiga bog'liq tarzda tadqiqot qilish imkoniyati mavjud. Bu imkoniyatni amalda qo'llash maqsadida yupqa materiallarning tasmasimon namunalarini bir uchidan tortib, ya'ni bir tomonlama deformatsion cho'zib, "izotrop-anizotrop" o'zgarishlarni amalga oshirish hamda jarayonni bevosita optik anizotropiyasi bo'yicha nazorat qilish uchun maxsus "mexanooptik" qurilma yig'ildi (2-rasm).



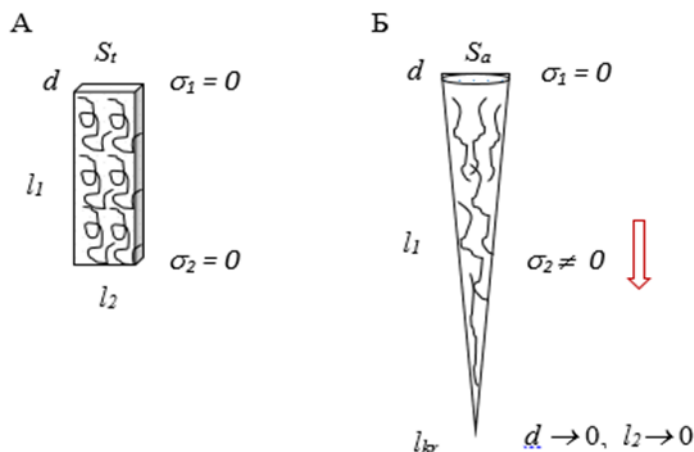
- 1 – namuna-yupqa material;
- 2 – polyarizator;
- 3 – analizator;
- 4 – okulyar;
- 5 – rostlash regulyatori;
- 6 – dinamometr (elektron torozi);
- 7 – baraban motovilo;
- 8 – elektromotor;
- 9 – shkala (mikro-millimetrlil);
- 10,11 – tross (qisqichli).

2-rasm. Maxsus yig'ilgan "mexanooptik" qurilma (a) va unda deformatsion 043E'zgarishlarni amalga oshirishning prinsiplial chizmasi (b):

Qurilma mexanik va optik qismlardan iborat bo'lib, mexanik qismda namuna tasma

uchidan pastga vertikal yo'nalishda bir tekisda tortiladi va uzilgunga qadar deformatsion cho'ziladi. Optik qismda polyarizatsion qutblangan nur namuna tasmani perpendikulyar, ya'ni gorizontaal yo'nalishda kesib o'tadi va polyarizatsion mikroskop vositasida tasmada bo'layotgan optik anizotropik effektlar vizual kuzatiladi va qo'sh nurni sinishi ko'rsatgichi o'lchanadi.

Mexanik qismda dinamometr sifatida qo'llangan elektron tarozi (6) trossiga (10) namuna yupqa tasma materialning (1) bir uchi qistiriladi va ikkinchi uchiga baraban-motoviloning (7) aylanishi tufayli tortiladigan ingichka tross (11) qistiriladi. Amalga oshiriladigan jarayon 3 – rasmdagi chizma orqali tushuntiriladi.

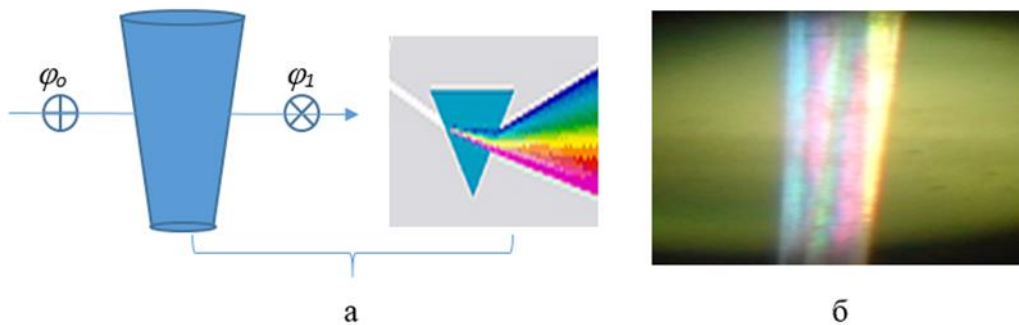


3-rasm. Parallelopepidsimon tasmani (A) deformatsion cho'zish orqali konussimon (B) shaklga o'tishi va uzilishini prinsiplial chizmasi

Dastlab A holatda tasmaning uchlarida mexanik kuchlanish ($\sigma_1 = \sigma_2 = 0$) bo'lmaydi hamda uning uzunligi (l_1), eni (l_2) va qalinligi (d), umuman tavsifli $S_t = l_2 \cdot d$ yuzasi, hajmi V_t va massasi m_t o'zgarmaydi. So'ng B holatda, baraban-motovilo bir xil chastotada (V_{ayl}) aylantiriladi va $\sigma_1 < \sigma_2 \neq 0$ shart bajariladi, tasma uzunligi bo'ylab

dinamometrda baraban-motovilo tomon cho'zila boshlaydi va parallelopid-simon (A) shakli konusimon (B) shaklga aylanib uzluksiz uzayib, ingichkalashib boradi.

Konusimon tasmaning uzunligi (l_1) kritik miqdorga $l_1 = l_{kr}$ yetganda $l_2 \rightarrow 0$ va $d \rightarrow 0$ shart bajariladi va tasma uziladi. Tavsifli S_t to'rtburchak yuza deformatsion o'zgarish tufayli $S_a = \pi \left(\frac{d}{2}\right)^2$ dumaloq yuzaga aylanadi. Deformatsion cho'zishda tasmaning massasi m_t o'zgarmaydi, ammo tarkibiy elementlar deformatsion-orientatsion tartiblanib, zichlashishi hisobiga namunaning hajmi (V_t) kichrayishi kuzatiladi.



4-rasm. Plenka tasmaning deformatsion cho'zishda optik anizotropiyasini namoyon bo'lishining prinsiplial chizmasi (a) va mikrofotografiyasi (b)

Optik qismda namuna tasma (1) polarizator (2) va analizator (3) oraliqida polarizatsion (qutblangan) monoxromatik nurga perpendikulyar o'rnatiladi (3.1.2-rasm). Nurning to'lqin uzunligi $\lambda = 560 \text{ nm}$ bo'lib, u JZ-6 filtr vositasida ajratib olinadi va linzalar yordamida parallel nur dastasiga aylantirilgan tarzda bir chiziqda polyaroid, namuna, obyektiv, analizator va okulyar (4) orqali o'tadi. Nur polyariodda qutblanadi, ya'ni oddiy va g'ayri oddiy nurlarga ajraladi. Oddiy nur namunaning deformatsion cho'zilishi, ya'ni shakli va tarkibiy elementlarini joylashish tartibini o'zgartirishi tufayli ma'lum φ_1 burchakka buriladi va bu optik anizotropik effekt sifatida okulyar orqali vizual kuzatiladi (4-rasm).

Analizator o'rnatilgan maxsus nanonusli limb vositasida oddiy va g'ayri oddiy nurlar o'rtasidagi farqlar, ya'ni optik "qora" fon (φ_0) va optik anizotropiyaning markazidagi "yorqin" soha (φ_1) o'rtasidagi farqlar ($\Delta\varphi$) hamda okulyardagi mikroshkala yordamida tasmaning qalinligi (d) o'lchandi.

Mexanik va optik anizotropiyalar uzviyligi. Yuqorida qo'llanilgan

$\Delta n_m = \lambda \Delta\varphi / 180^\circ d$ qo'sh nurni sinish ko'rsatigini aniqlash formulasidan foydalanib, namuna tasmaning dastlabki holatdagi qo'sh nurni sinish ko'rsatgichini $\Delta n_0 = \lambda \Delta\varphi_0 / 180^\circ d_0$ va deformatsion o'zgarishlar paytidagi miqdorini $\Delta n_i = \lambda \Delta\varphi_i / 180^\circ d_i$ deb olib hisoblab, ularning nisbati bo'yicha orientatsiya faktori (β), ya'ni anizotropik tavsiflari aniqlandi

$$\beta = \left[\frac{\Delta n_i - \Delta n_0}{\Delta n_i} \right]^{0,5} \quad (1.)$$

Maxsus yig'ilgan "mexanooptik" qurilmadan va uning o'lchash metodikasidan foydalanilgan holda Shurtan gaz kimyo majmuasi zavod laboratoriyasi termoplast avtomat qurilmada turli rejimda shakllantirilgan polietilen plenklar anizotropik xossalari tadqiqot qilindi. Yupqa plenka namunalar olishda termoplast avtomatning eni 20 sm va balandligi 1 mm bo'lgan yassi tirqichli filyerasi orqali 200 °S haroratda suyultirilgan polietilenni siqib chiqarish

asosida shakllantirilayotgan plenkani turli tezlikda (v_{bm}) baraban-motoviloga o'rab olish prinsipidan foydalanilgan. Tajriba sinovlar o'tkazish uchun olingan plenkaning "eni" va "bo'yi" yo'nalishida kengligi $l_2 = 1$ sm va uzunligi 7 sm etib tasma namunalari qirqib olindi. Ushbu namunalarning uchlarining 1 sm joyidan "mexanooptik" qurilma tutqichlariga qistirildi va namuna tasmaning deformatsion cho'ziladigan ishchi qismi $l_1 = 5$ sm ni tashkil ta'minlandi.

Bir jihatdan ushbu "mexanooptik" qurilma standart "uzish mashina" lari va ularning umumiy ishlash prinsipi asosida yig'ilgan. Shu bois "mexanooptik" qurilma o'lchash ko'rsatgichlari standart uzish mashinasi bilan olingan natijalar bilan kalibrovka qilindi.

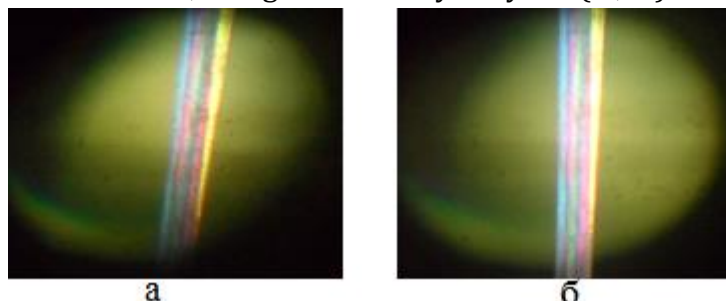
Namunalarni "bo'yi" va "eni" bo'yicha deformatsion cho'zishda "uzilish mustahkamligi" miqdorlari (σ_b , MPa va σ_k , MPa) va nisbiy uzayish ko'rsatgichlari (ε_b , % va ε_k , %) va aniqlandi. Buning uchun GOST 14236-81 asosida quyidagi formulalardan foydalanildi:

$$\sigma_r = F_r / A_0 \quad (1)$$

$$\varepsilon_r = \frac{\Delta l_{or}}{l_0} \cdot 100\% \quad (1)$$

bu yerda F_r - uzilish paytida cho'zish kuchlanishi, N; A_0 - namunaning boshlang'ich ko'ndalang kesimi, mm²; Δl_{or} - namunaning uzilish paytidagi uzunligini o'zgarishi, mm; l_0 - namunaning boshlang'ich uzunligi, mm. Mustahkamlik birligi N/mm² bo'lib, SI tizimi uchun MPa deb olindi.

Tajribalar SHO'rtan gaz-kimyoy majmuasida uch xil (ω_{bm}) rejimda olingan va turli qalinlikga (d) ega bo'lgan yupqa plenka tasmlarda, ularni bo'ylama va ko'ndalang yo'nalishlarda "mexanooptik" qurilmaning baraban-motovilosini aylanish chastotasi $\omega = 1$ sm/s deformatsion cho'zish prinsipida o'tkazildi. Dastlab, $\omega_{bm} = 2$ ayl/min rejimda shakllantirilgan va qalinligi $d = 50$ mkm bo'lgan plenka rulonning bo'yi (a) va eni (b) yo'nalishida qirqib tayyorlangan namunalari bilan tadqiqotlar o'tkazilganda, optik anizotropik effektlarni har ikkala yo'nalishda deyarli bir xil namoyon bo'lishi kuzatildi (1-rasm). Baraban-motovilo (7) aylanishi tufayli tasma cho'zilganda dinamometr (6) massani (m , kg) ko'rsatadi va uni Nyuton qonuniga binoan ($g = 9,81$ m/s²) ko'paytirib, tasmaga berilayotgan kuch (F) aniqlandi. Ushbu kuchni tasma kesimi yuzasiga (S) bo'lib, tasmani bo'ylama va ko'ndalang yo'nalishlariga berilayotgan kuchlanishlar (σ_b , σ_k) topildi. Shu kabi tasmani bo'ylama va ko'ndalang deformatsion cho'zib, uzulguncha nisbiy uzayishi (ε_b , ε_k) aniqlandi.



5-rasm. Plenka tasmaning bo'yi (a) va eni (b) bo'yicha deformatsion cho'zishda kuzatiladigan optik anizotropiyaning mikrofotografiyasi

Shuningdek, namunalarning mexanik anizotropiyasi $A_m = \sigma_b / \sigma_k$ va optik anizotropiyasi $A_o = \beta_b / \beta_k$ aniqlandi. Natijalar 3.1.1-jadvalda keltirilgan.

1-jadval. Yupqa tasmlarning deformatsion cho'zishdagi ko'rsatgichlari



ω_{bm} , ayl/m in	d , mkm	Tasmaning uzilishidagi ko'rsatgichlari						$A_m =$ σ_b/σ_k	$A_o =$ β_b/β_k
		Bo'ylama cho'zishda			Ko'ndalang cho'zishda				
		σ_b , MPa	ε_b , %	β_b	σ_k , MPa	ε_k , %	β_k		
2,0	50	68	539	0,91	64	530	0,82	1,10	1,12
3,5	41	76	390	0,94	42	294	0,55	1,81	1,72
4,5	36	81	335	0,96	35	214	0,43	2,31	2,24

Natijalarni qiyosiy tahlil qilish, $\omega_{bm} = 2$ ayl/min tezligida shakllantirilgan plenka namunalari "bo'yi" va "eni" bo'yicha cho'zilganda "uzilish mustahkamligi" miqdorlari va nisbiy uzayish ko'rsatgichlari bir biriga yaqin mexanik va optik anizotroplari 1,10 - 1,12 atrofidadir. Bu hol $\omega_{bm} = 2$ ayl/min rejimda olingan plenkada makromolekularni tartibsiz izotrop holatda shakllanganligini ko'rsatadi. Namunalar deformatsion cho'zilganda, ularning parallelopepid shaklidan konussimon (prizmasimon) shaklga o'tishi, unda makromolekulalarning deformatsion-orientatsion tartiblanishi tufayli anizotrop effektlar namoyon qilishi ko'zlatildi. Bu anizotropik effektlar ko'rsatgichlarning namunani "bo'yi" va "eni" bo'yicha cho'zilganda deyarli bir xilligi ushbu plenkaning izotrop ekanligini ko'rsatdi. Keyingi $\omega_{bm} = 3,5$ ayl/min va $\omega_{bm} = 4,5$ ayl/min rejimlarda olingan plenka namunalari "bo'yi" va "eni" bo'yicha cho'zilganda, "eni" bo'yicha ko'rsatgichlarni "bo'yi" bo'yicha ko'rsatgichlarga nisbatan ancha kichik bo'lishi aniqlandi. Bu hol ushbu plenkalarni anizotrop, ya'ni ular shakllanayotganda makromolekulalar deformatsion-orientatsion tartiblangan holatga ustmolekulyar struktura hosil qilganligini ko'rsatadi. Demak, plenkaning anizotrop holatda bo'lishi, uni olinish paytida ham, shuningdek, uni deformatsion cho'zishda ham namoyon bo'lishi aniqlandi.

References:

1. Козлов Н.А., Митрофанов А.Д. Физика полимеров: учебное пособие/ Владимир: ВГУ, 2001. 345 с.
2. Е.В. Тудрий . Физико-химия полимеров: учебно-методическое пособие/ Е.В. Тудрий, И.В. Галкина, А.А. Собанов, В.И. Галкин. – Казань: Казан. ун-т, 2015. – 45с.
3. Агапов О.И., Агапов И.И. Биодegradуемые изделия на основе фиброина шелка для тканевой инженерии и регенеративной медицины. Москва: Техносфера, 2018.- 2018. – 162 с.
4. Геллер Б.Э., Геллер А.А., Чиртулов В.Г. Практическое руководство по физикохимии волокнообразующих полимеров. Учебное пособие для вузов: 2-е изд., исправл. и доп. – М.: Химия, 1996, – 432 с.