

Synthesis and X-ray radiographic research of threefluorinemethylsulphonate copper(I) with alilteourea complexes

The methods of synthesis of two complexes threefluorinemethylsulphonate copper(I) with alilteourea are described. Symmetry and parameters of crystalline lattice of received crystals are determined by the X-ray radiographic research (Laue's and Weisenberg's methods).

Робота продовжує серію досліджень гетеродесмічних комплексів одновалентної міді з полідентатними лігандами, які ефективно використовуються як каталізатори та хемосорбенти з сенсорними властивостями.

Синтез комплексів. 2 мл 0.5 М спиртового розчину $\text{Cu}(\text{CF}_3\text{SO}_3)_2$ – трифторметилсульфонату міді(II) змішували з 2 мл 1 М спиртового розчину $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}_2\text{NH}(\text{NH}_2)\text{C}=\text{S}$ – алілітїосечовини. Втрата слабо голубого кольору розчину солі $\text{Cu}(\text{II})$ свідчила про відновлення $\text{Cu}(\text{II})$ до $\text{Cu}(\text{I})$ алілітїосечовиною. Повільне упарювання етанолу при $t=40-45^\circ\text{C}$ закінчилося утворенням на межі фаз безбарвних кристалів – пластинок $0.4 \times 0.5 \times 0.02$ мм (комплекс А). Для синтезу комплексу Б в 6 мл етанолу розчиняли 60 мг $\text{Cu}(\text{CF}_3\text{SO}_3)_2$ (≈ 0.04 М) та 30 мг $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}_2\text{NH}(\text{NH}_2)\text{C}=\text{S}$ (≈ 0.045 М), занурювали мідні електроди та пропускали змінний струм напругою 0.3 В протягом 48 год. Після повної зміни голубого кольору розчину на блідо-жовтий з системи повільно відганяли етанол аж до утворення на дні бюкса безбарвних та зелених кристалів у вигляді довгих призм. Досліджувалися безбарвні кристали $1.5 \times 0.3 \times 0.2$ мм (комплекс Б).

Рентгенографічне дослідження комплексів. Монокристали досліджувалися (λ_{Cu}) методом Лауе для вибору характерної орієнтації, методом обертання – для визначення періоду вздовж напрямку обертання; методом Вейсенберга були визначені інші параметри кристалічної ґратки комплексів.

Результати рентгенографічного дослідження. Комплекс А: $a = 50.2(1)$, $b = 19.91(1)$, $c = 12.90(4)$ Å, $\gamma = 104.1(1)^\circ$, $V = 12510$ Å³, просторова група $B2/b$. Комплекс Б: $a = 12.77(4)$, $b = 20.36(2)$, $c = 25.5(2)$ Å, $\gamma = 99.8(3)^\circ$, $V = 6525$ Å³, просторова група $P2_1/b$. Аналіз параметрів вказує на ймовірний поліморфізм комплексів, що реалізується шляхом подвоєння одного з параметрів з адекватним переходом від примітивної до бокоцентрованої ґратки. Остаточні висновки будуть зроблені після рентгеноструктурного дослідження сполук.

УДК 674.047

Асист. Б.П. Поберейко, канд. техн. наук;
проф. Я.І.Соколовський, д-р техн. наук – УкрДЛТУ

ВПЛИВ АНІЗОТРОПІЇ ДЕРЕВИНИ НА ЗАЛЕЖНІСТЬ ДИФЕРЕНЦІАЛЬНОЇ УСАДКИ З НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМІВНИМ СТАНОМ У ВИСУШУВАНИХ ПИЛОМАТЕРІАЛАХ

Кількісно описано вплив анізотропії фізико-механічних властивостей деревини на залежність диференціальної усадки з напружено-деформівним станом у висушуваних пиломатеріалах на етапі регулярного режиму зміни вологості.

Influence of an anisotropy of wood to dependence differential shrinkage from an intense-deformation state of saw-timbers during drying

The influence of an anisotropy of physical and mechanical properties of wood on dependence of differential shrinkage from an intense-deformation state of sawtimbers is quantitatively described during a stationary value of velocity of change of moisture.

Актуальність та постановка задачі

Визначальними для вдосконалення існуючих та розробки нових методів вимірювання і контролю поточного напружено-деформівного стану у висушуваних пиломатеріалах є встановлення залежності розподілу компонентів напружень в їх об'ємі від інших інформативних характеристик матеріалу. Для методу диференціальної усадки [1] такою залежністю є зв'язок напружень з величиною диференціальної усадки. На сьогодні він розроблений та апробований в основному для пружних ізотропних капілярно-пористих тіл. Деревина ж належить до анізотропних матеріалів, тому дослідження впливу анізотропії її пружних властивостей на зв'язок диференціальної усадки висушувального пиломатеріалу з його напружено-деформівним станом у пружній постановці є важливими та актуальними.

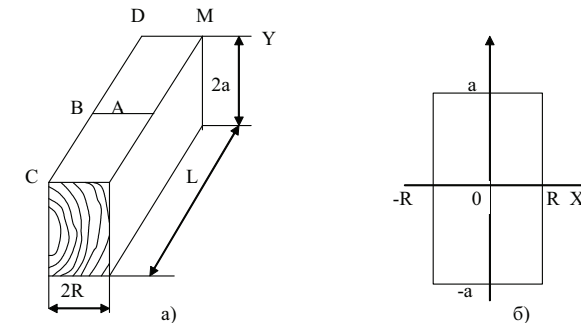


Рис. 1. Форма (а) та поперечний переріз дошки (б) на початку сушіння

Для вирішення цієї задачі припустимо, що на початку сушіння пиломатеріал має форму прямокутного паралелепіпеда (рис. 1,а) шириною – $2a$, товщиною – $2R$ і довжиною – L . Тоді у точці А, віддаленій від пруга CD на відстань R , диференціальна усадка ΔU визначається співвідношенням

$$\Delta U = S_A - S_B, \quad (1)$$

де S_A і S_B – лінійні переміщення точок А і В вздовж осі ОУ.

Значення величин S_A і S_B описується сумою двох складових переміщень – силової та вологісної [1, 2]

$$S_A = \int_0^a [\varepsilon_y(0, y) + \beta_y W(0, y)] dy; \quad (2)$$

$$S_B = \int_0^a [\varepsilon_y(R, y) + \beta_y W(R, y)] dy; \quad (3)$$

де: $\beta_y(x, y)$ – коефіцієнт лінійного всихання пиломатеріалу у відповідному напрямі анізотропії; $W(x, y)$ – функція розподілу вологості.

Відносні силові деформації $\varepsilon_y(x, y)$ у поперечному перерізі дошки, достатньо віддаленому від її торців, визначаються співвідношенням:

$$\varepsilon_y = -\frac{\nu_{21}}{E_1} \sigma_x + \frac{1}{E_1} \sigma_y, \quad (4)$$

де: E_1, E_2, ν_{21} – відповідно модулі пружності та коефіцієнт Пуассона для деревини як ортотропного тіла; σ_x, σ_y – компоненти нормальних напружень.

Підставивши (4) у (2) і (3), а отриманий результат у (1), отримаємо рівняння зв'язку диференціальної усадки з компонентами напружень висушуваного пиломатеріалу:

$$\Delta U = \int_0^a \left[\frac{\nu_{21}}{E_1} [\sigma_x(R, y) - \sigma_x(0, y)] + \frac{1}{E_2} [\sigma_y(0, y) - \sigma_y(R, y)] + \beta_y [W(0, y) - W(R, y)] \right] dy. \quad (5)$$

Якщо його доповнити рівняннями визначення напружено-деформовного та вологісного станів деревини, то отримаємо фізико-математичну модель для дослідження диференціальної усадки анізотропного матеріалу залежно від вологісних полів та полів напружень в його об'ємі.

Напружено-деформівний стан пиломатеріалів на етапі регулярного режиму зміни вологості

У поперечних перерізах пиломатеріалів, достатньо віддалених від їх торців, спостерігається плоский напружено-деформівний стан. У випадку сталих пружних характеристик деревини його визначення зводиться до рішення рівняння [3, 4]:

$$\frac{1}{E_2} \frac{\partial^4 F}{\partial x^4} + \left(\frac{1}{G_{12}} - 2 \frac{\nu_{21}}{E_2} \right) \frac{\partial^4 F}{\partial x^2 \partial y^2} + \frac{1}{E_1} \frac{\partial^4 F}{\partial x^4} = - \frac{\partial^2}{\partial x^2} \beta_y W(x, y) - \frac{\partial^2}{\partial y^2} \beta_y W(x, y), \quad (6)$$

де $F(x, y)$ – функція напружень (функція Ері), зв'язана з компонентами напружень формулами:

$$\sigma_x = \frac{\partial^2 F}{\partial y^2}; \quad \sigma_y = \frac{\partial^2 F}{\partial x^2}; \quad \tau_{xy} = - \frac{\partial^2 F}{\partial x \partial y}, \quad (7)$$

де G_{12} – модуль зсуву деревини.

Для знаходження $F(x)$ реалізуємо метод Рітца у вигляді [1]:

$$F(x) = d_1 \varphi_1 + d_2 \varphi_2 + \dots + d_n \varphi_n, \quad (8)$$

де $\varphi_1, \varphi_2, \dots, \varphi_n$ – координатні функції; $d_1, d_2, \dots, d_n$ – сталі коефіцієнти. Для цього за $\varphi_1, \varphi_2, \dots, \varphi_n$ виберемо функції:

$$\varphi_1 = (x^2 - R^2)^2 (y^2 - a^2); \quad \varphi_2 = \varphi_1 x^2, \quad \varphi_3 = \varphi_1 y^2, \quad \varphi_4 = \varphi_5 = \dots = \varphi_n = 0. \quad (9)$$

Такий вибір обґрунтовується граничними умовами задачі

$$\sigma_x = 0 \text{ для } x = \pm R; \quad \sigma_y = 0 \text{ для } y = \pm a; \quad \tau_{xy} = 0 \text{ для } x = \pm R \text{ і } y = \pm a, \quad (10)$$

а також симетричності функції $W(x, y)$ відносно початку координат (рис.1,б).

Невідомі коефіцієнти d_1, d_2, d_3 визначимо із системи рівнянь

$$\sum_{k=1}^3 (\bar{\Delta} \varphi_k, \varphi_n) = \left[\left[-\frac{\partial^2}{\partial x^2} - \frac{\partial^2}{\partial y^2} \right] \beta_y W(x, y), \varphi_n \right], \quad (11)$$

$$\bar{\Delta} = \frac{1}{E_2} \frac{\partial^4}{\partial x^4} + \left(\frac{1}{G_{12}} - 2 \frac{\nu_{21}}{E_2} \right) \frac{\partial^4}{\partial x^2 \partial y^2} + \frac{1}{E_1} \frac{\partial^4}{\partial x^4};$$

$$(\bar{\Delta} \varphi_k, \varphi_n), \quad \left[\left[-\frac{\partial^2}{\partial x^2} - \frac{\partial^2}{\partial y^2} \right] \beta_y W(x, y), \varphi_n \right] - \text{відповідні скалярні добутки:}$$

$$(\bar{\Delta} \varphi_k, \varphi_n) = \int_{-a}^a \int_{-R}^R \bar{\Delta} \varphi_k \varphi_n dx dy, \quad k = 1, 2, 3.$$

Для періоду регулярного режиму зміна вологості у деревині характеризується залежністю [5, 6]

$$W(x, y) = W_p + A_1 \left[(W_{\Pi} - W_p) - 2 \Delta W \left(\frac{1}{Bi} - \frac{1}{\mu_1^2} \right) \right] \cos(\mu_1 x / R) \exp(-\mu_1^2 Fo), \quad (12)$$

де: W_p – рівноважна вологість; $\Delta W, W_{\Pi}$ – перепад вологості та вологість поверхні матеріалу на початку регулярного режиму; $Fo = a_m \tau / R^2$ – критерій Фур'є; $Bi = \alpha R / a_m$ – критерій Біо; α і a_m – коефіцієнти вологообміну і вологонепровідності; μ_1 – коефіцієнт, який визначається із характеристичного рівняння $\text{ctg} \mu_1 = \mu_1 / Bi$;

$$A_1 = \frac{2 Bi \sqrt{Bi^2 + \mu_1^2}}{\mu_1 (Bi^2 + Bi + \mu_1^2)}.$$

Звідси, підставивши (12) у (11), отримаємо:

$$d_1 = \frac{\Delta_1}{\Delta} \exp(-\mu_1^2 Fo); \quad d_2 = \frac{\Delta_2}{\Delta} \exp(-\mu_1^2 Fo); \quad d_3 = \frac{\Delta_3}{\Delta} \exp(-\mu_1^2 Fo); \quad (13)$$

$$\text{де } \Delta = \begin{vmatrix} A_{11} & A_{21} & A_{31} \\ A_{21} & A_{22} & A_{32} \\ A_{31} & A_{23} & A_{33} \end{vmatrix}; \Delta_1 = \begin{vmatrix} B_1 & A_{21} & A_{31} \\ B_2 & A_{22} & A_{32} \\ B_3 & A_{23} & A_{33} \end{vmatrix}; \Delta_2 = \begin{vmatrix} A_{11} & B_1 & A_{31} \\ A_{21} & B_2 & A_{32} \\ A_{31} & B_3 & A_{33} \end{vmatrix}; \Delta_3 = \begin{vmatrix} A_{11} & A_{21} & B_1 \\ A_{21} & A_{22} & B_2 \\ A_{31} & A_{23} & B_3 \end{vmatrix}; \quad (14)$$

$$A_{11} = \frac{16 \cdot 64 \cdot 32}{15 \cdot 105} S^7 \left\{ \frac{1}{E_2} \gamma^2 + \frac{2}{7} \left[\frac{1}{G_{12}} - \frac{2\nu_{21}}{E_2} \right] + \frac{1}{E_1 \gamma^2} \right\};$$

$$A_{12} = A_{21} = \frac{16 \cdot 24 \cdot 256}{45 \cdot 105} \frac{S^8}{\gamma} \left\{ \frac{\gamma^2}{7E_2} + \frac{1}{11E_1 \gamma^2} \right\};$$

$$A_{13} = \frac{16 \cdot 24 \cdot 256}{45 \cdot 105} \frac{S^8}{\gamma} \left\{ \frac{\gamma^4}{165E_2} + \frac{1}{7E_1} \right\};$$

$$A_{22} = \frac{8 \cdot 16 \cdot 256}{5 \cdot 45} \frac{S^9}{\gamma^2} \left\{ \frac{3\gamma^2}{49E_2} + 2 \left[\frac{1}{G_{12}} - \frac{2\nu_{21}}{E_2} \right] + \frac{3}{101E_1 \gamma^2} \right\};$$

$$A_{23} = A_{32} = \frac{16 \cdot 24 \cdot 256}{105 \cdot 3465} \frac{S^9}{\gamma^2} \left\{ \frac{\gamma^4}{E_2} + \frac{1}{E_1} \right\}; \quad (15)$$

$$A_{31} = \frac{16 \cdot 24 \cdot 256}{45 \cdot 105} S^8 \gamma^3 \left\{ \frac{1}{11E_2} + \frac{\gamma^4}{7E_1} \right\};$$

$$A_{33} = \frac{8 \cdot 16 \cdot 256}{15 \cdot 105} S^9 \left\{ \frac{3\gamma^4}{143E_2} + \frac{2}{77} \left[\frac{1}{G_{12}} - \frac{2\nu_{21}}{E_2} \right] \gamma^2 + \frac{2}{7E_1} \right\};$$

$$B_1 = \frac{128}{15} \mu_1 \beta_y W^* S^4 \gamma \left\{ -3 - \frac{6}{\mu_1^2 Bi} + \frac{1}{\mu_1^2} + \frac{6}{\mu_1^4} \right\};$$

$$B_2 = 256 \beta_y W^* S^5 \frac{\sin(\mu_1)}{\mu_1} \left\{ \frac{90}{\mu_1^2 Bi} - \frac{9}{Bi} + \frac{39}{\mu_1^2} - \frac{90}{\mu_1^4} - 1 \right\};$$

$$B_3 = 256 \beta_y W^* S^5 \gamma^2 \frac{\sin(\mu_1)}{105 \mu_1} \left\{ \frac{3}{\mu_1^2} - \frac{3}{Bi} - 1 \right\};$$

$$W^* = A_1 \left([W_{II} - W_P] - 2\Delta W \left[\frac{1}{Bi} - \frac{1}{\mu_1^2} \right] \right); \quad S = aR; \quad \gamma = a/R.$$

За знайденими d_1, d_2, d_3 із (7) визначаємо залежності для інженерного розрахунку компонентів напружень у поперечному перерізі висушувачого пиломатеріалу:

$$\sigma_x(x, y) = \frac{(x^2 - S/\gamma)^2}{\Delta} \{ G_1 \Delta_1 + x^2 G_1 \Delta_2 + (30y^4 - 24S\gamma y^2 + 2S^2 \gamma^2) \Delta_3 \} \cdot \exp(-\mu_1^2 Fo);$$

$$\sigma_y(x, y) = \left\{ G_2 \Delta_1 + y^2 G_2 \Delta_3 + \left(30x^4 - 24 \frac{S y^2}{\gamma} + 2 \left(\frac{S}{\gamma} \right)^2 \right) \Delta_2 \right\} \cdot \frac{(y^2 - S/\gamma)^2}{\Delta} \exp(-\mu_1^2 Fo). \quad (16)$$

$$\tau_{xy}(x, y) = -\frac{2(x^2 - S/\gamma)(y^2 - S/\gamma)xy}{\Delta} \{ 3\Delta_1 - 4((S/\gamma)\Delta_2 + S\gamma\Delta_3) + 12\Delta_2 x^2 + 12\Delta_3 y^2 \} \exp(-\mu_1^2 Fo);$$

де: $G_1 = 12y^2 - S\gamma$; $G_2 = 12x^2 - S/\gamma$.

Отримані формули (16) дозволяють оцінити вплив анізотропії пружних властивостей деревини та параметрів агента сушіння на напружено-деформівний стан пиломатеріалу у період регулярного режиму зміни вологості за- лежно від його геометричних розмірів.

Визначення диференціальної усадки пиломатеріалів на етапі регулярного режиму зміни вологості

Для визначення диференціальної усадки підставимо знайдені із (16) компоненти напружень $\sigma_x(R, y)$, $\sigma_x(0, y)$ і $\sigma_y(R, y)$, $\sigma_y(0, y)$ у (5). Тоді, враховуючи, що

$$W(0, y) - W(R, y) = (1 - \cos \mu_1) W^* \exp(-\mu_1^2 Fo), \quad (17)$$

після математичних перетворень отримаємо

$$\Delta U = \left\{ \beta_y (1 - \cos \mu_1) W^* \sqrt{S\gamma} - \frac{3\nu_{12} S^3 \sqrt{S\gamma} \Delta_1}{\gamma E_1 \Delta} - \frac{2S^3 \gamma}{E_1 \Delta} \left[S\gamma \Delta_3 + \frac{8\sqrt{S\gamma}}{5} \left(2\Delta_1 + \frac{S\Delta_2}{\gamma} \right) \right] \right\} \exp(-\mu_1^2 Fo) \quad (18)$$

Встановлена залежність (18) дозволяє кількісно описати вплив анізотропії фізико-механічних властивостей деревини на залежність диференціальної усадки з напружено-деформівним станом у висушуваних пиломатеріалах.

Література

1. Уголев Б.Н., Лапшин, Ю.Г., Кротов. Контроль напряжений при сушке древесины. – М.: Лесн. пром-сть, 1971. – 174 с.
2. Лапшин Ю.Г. Напряженное состояние древесины при изменении влажности// Рефераты, доклады НТК МЛТИ. – М.: МЛТИ. 1985. – С. 8-10.
3. Соколовський Я.І. Дослідження плоского напружено-деформівного стану деревини у процесі сушіння// Науковий вісник. Львів: УкрДЛТУ, 1997, вип. 8. – С. 161-168.
4. Соколовський Я.І., Побережко Б.П. Напружено-деформівний стан торцевої зони пиломатеріалів у процесі сушіння// Науковий вісник. Львів: УкрДЛТУ, 1997, вип. 8. – С. 141-147.
5. Лыков А.В. Теория сушки. – М.: Энергия, 1968. – 470 с.
6. Билей П.В. Сушка древесины твердых лиственных пород. – М.: Экология, 1992. – 322 с.

УДК 621.825

Доц. Є.В. Харченко, канд. техн. наук;
аспир. К.К. Колесник – НУ "Львівська політехніка"

ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ ТЕОРЕТИЧНИХ І ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ПРОЦЕСІВ ПУСКУ ПРИВІДНОЇ УСТАНОВКИ З ПРУЖНОЮ ВТУЛКОВО-ПАЛЬЦЕВОЮ МУФТОЮ

Наводяться результати експериментальних досліджень пускових режимів роботи установки, яка складається з електродвигуна АО-31-4, пружної втулково-пальцевої муфти, черв'ячного редуктора і гальмівного пристрою. Проводиться експериментальна перевірка результатів математичного моделювання вказаних режимів.

Doc. E.V. Kharchenko;
Doctorate K.K. Kolesnik – NU "Lvivska politechnika"

Comparative analysis of results of theoretical and experimental researches of processes of setting in motion of power-plant with bush-finger clutch

The results of experimental researches of starting regimes of power-plant are considered. The power-plant consists from the induction motor АО-31-4, the elastic bush-finger clutch, the worm gear and the block brake. The experimental verification of results of mathematical modeling of the indicated regimes is conducted.

З метою вивчення динамічних процесів у привідній системі з пружною втулково-пальцевою муфтою в лабораторії кафедри "Деталі машин" Національного університету "Львівська політехніка" було розроблено і складено лабораторну установку. Установка складається з електродвигуна АО-31-4 1, пружної втулково-пальцевої муфти 2, черв'ячного редуктора 3 і гальмівного пристрою 4, змонтованих на спільній основі 5. Для проведення експериментальних досліджень використовували комплект тензометричної апаратури, до складу якого входили тензометричний підсилювач 8 АНЧ-7 М 6 та світло-променевий осцилограф НО41 У4.2 7 (рис. 1).