

УДК 539.3

Я. І. ДУБ, І. В. ОГІРКО, М. Ф. ЯСІНСЬКИЙ

ДЕФОРМАЦІЇ ДРУКАРСЬКОГО ЕЛЕМЕНТА ФОТОПОЛІМЕРНОЇ ФОРМИ

На поліграфічних підприємствах країни широко застосовують фотополімерні друкарські форми (ФДФ). У процесі друкування ФДФ перебувають у складному напруженому стані [4]. Розподіл сил у зоні друкарського контакту описано в праці [1].

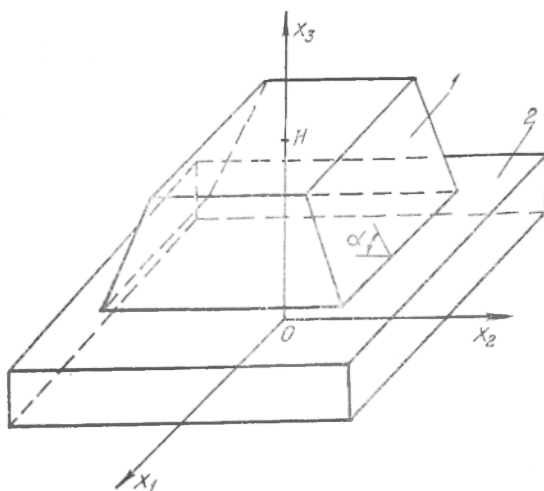


Рис. 1. Розрахункова конструкція друкарського елемента:

1 — друкарський елемент; 2 — основа.

Ми чисельно досліджуємо деформації у друкарськiм елементi залежно вiд тиску друку та геометричних розмiрiв елемента (рис. 1). Розрахунок здiйснюємо на основi просторових рiвнянь пружностi [3, 4].

Система вiдповiдних трьох диференцiальних рiвнянь у перемiщеннях u, v, w має вигляд [3].

$$\begin{aligned}\mu \Delta u + (\lambda + \mu) \frac{\partial l}{\partial x_1} &= 0, \\ \mu \Delta v + (\lambda + \mu) \frac{\partial l}{\partial x_2} &= 0, \\ \mu \Delta w + (\lambda + \mu) \frac{\partial l}{\partial x_3} &= 0,\end{aligned}\quad (1)$$

де Δ — оператор Лапласа; λ, μ — коефiцiєнти пружностi Ляме;

$$l = \frac{\partial u}{\partial x_1} + \frac{\partial v}{\partial x_2} + \frac{\partial w}{\partial x_3}. \quad (2)$$

Конструкцiя друкарського елемента перебуває пiд дiєю згну нижньої основи $x_3=0$ на формний цилiндр радiуса R i сили друку P на поверхню $x_3=H$.

Граничнi умови на iншiй поверхнi конструкцiї формуються в напруженнях

$$\begin{aligned}2\mu \left[\frac{\partial u}{\partial x_1} \cos(\bar{n}, x) + \frac{1}{2} \left(\frac{\partial u}{\partial x_2} + \frac{\partial v}{\partial x_1} \right) \cos(\bar{n}, Y) + \right. \\ \left. + \frac{1}{2} \left(\frac{\partial u}{\partial x_3} + \frac{\partial w}{\partial x_1} \right) \cos(\bar{n}, z) + \lambda e \cos(\bar{n}, x) \right] = f_{x_1},\end{aligned}\quad (3)$$

де f_{x_1} — компоненти поверхневих сил; \bar{n} — напрямок зовнiшньої нормалi до поверхнi тiла. Ще двi граничнi умови одержуємо з (3) шляхом циклiчної перестановки x_1, x_2, x_3 i u, v, w .

Деформацiї ϵ_{ij} i напруження σ_{ij} визначаємо шляхом перемiщення u, v, w за вiдомими формулами [3, 4].

Розв'язок сформульованої крайової задачi будуємо на основi методу сiток пiдвищеної точностi i методу релаксацiї [2, 5]. Сiткову розбивку конструкцiї по координатах x_1, x_2, x_3 здiйснювали на ЕОМ. Дискретнi вузли позначаємо iндексами i, j, k .

Всi функцiї напружено-деформованого стану $\sigma_{ij}, \epsilon_{ij}, u, v, w$ у вузлах дискретизацiї переходять у табличнi. Похiднi, якi входять у систему диференцiальних рiвнянь (1), замiнюємо симетричними скiнченно-рiзницевиими спiввiдношеннями вигляду

$$\frac{\partial u_{ijk}}{\partial x_1} = \frac{1}{12h_1} (u_{i-2,j,k} - 8u_{i-1,j,k} + 8u_{i+1,j,k} - u_{i+2,j,k}), \quad (4)$$

$$\begin{aligned}\frac{\partial^2 u_{ijk}}{\partial x_1^2} = \frac{1}{12h_1^2} (-u_{i-2,j,k} + 16u_{i-1,j,k} - 30u_{i,j,k} + \\ + 16u_{i+1,j,k} - u_{i+2,j,k}),\end{aligned}\quad (5)$$

де h_1 — крок розбиття по координатi x_1 .

У граничних умовах (3) похідні замінюємо несиметричними скінченними різницями [2].

Таким чином, одержуємо систему лінійних алгебраїчних рівнянь. Невідомим є значення функцій u , v , w у дискретних вузлах $\{i, j, k\}$. Для розв'язку системи застосовують ітераційний метод релаксації [2].

З метою апробації методики чисельного розв'язку та визначення точності розрахунків розглядали тестову задачу з відомим розв'язком.

При дослідженні деформацій у друкарському елементі розбиття по координатах $x_i \geq 0$ приймали $25 \times 25 \times 25$. Розрахунки проводили залежно від геометрії друкарського елемента, характеристик матеріалу та значення сили друку P . Сила P прикладена при $x_3 = H$, а на іншій поверхні, крім $x_3 = 0$, значення $f x_i = 0$ у граничних умовах (3).

Як приклад, проводили дослідження для друкарського елемента з характеристиками матеріалу $E = 67,0 \cdot 10^2$ МПа і $\nu = 0,33$. Верхній профіль друкарського елемента розглядали у вигляді квадрата зі стороною 0,037 мм. Загальна висота конструкції $H = 0,44$ мм. Висота друкарського елемента $h = 0,12$ мм. Радіус формного циліндра друкарської машини $R = 175$ м.

На рис. 2 показані результати розрахунку максимальної деформації ϵ_{\max} залежно від тиску P і кута α нахилу бокової поверхні. Виявлено, що максимальні дотичні напруження при кутах 60, 65, 70 і 75° відповідно становлять 1,73; 1,70; 1,61 і 1,42 МПа. Кут нахилу бокової поверхні 75° найбільш раціональний, що необхідно враховувати при виготовленні ФДПФ.

На рис. 3 зображена залежність максимальних деформацій від тиску для деяких значень модуля пружності матеріалу ФДФ. При цьому $\nu = 0,33$;

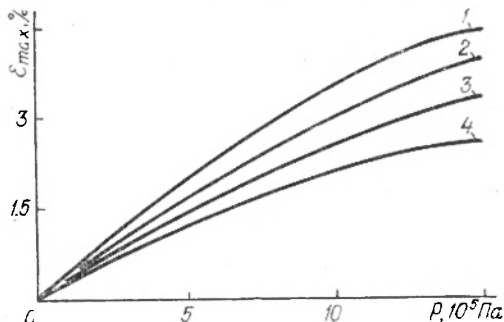


Рис. 2. Деформації в конструкції при різних кутах α нахилу бокової поверхні до основи:

1 — $\alpha = 60^\circ$; 2 — $\alpha = 65^\circ$; 3 — $\alpha = 70^\circ$; 4 — $\alpha = 75^\circ$.

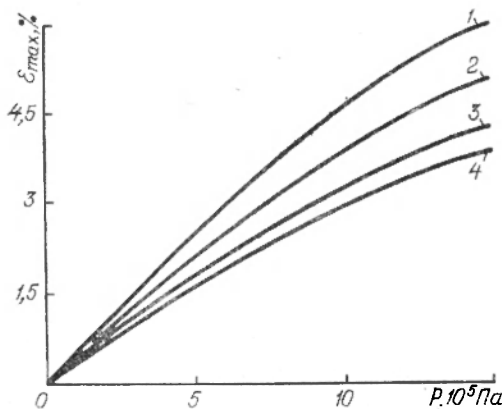


Рис. 3. Деформації в конструкції залежно від значення модуля пружності:

1 — $E = 67,8 \cdot 10^2$ МПа; 2 — $E = 68,6 \cdot 10^2$ МПа;
3 — $E = 69,7 \cdot 10^2$ МПа; 4 — $E = 71,0 \cdot 10^2$ МПа.

$\alpha=75^\circ$. Інші геометричні параметри конструкції залишаються ті ж, а $R=175$ мм.

Отже, розроблено методику обчислювального експерименту розрахунку деформацій у друкарському елементі ФДФ. Одержані результати можна використовувати на підприємствах, які виготовляють ФДФ для випуску різних видів друкарської продукції.

1. Бушунов В. Т. Печатные машины. Расчет и проектирование. М.; Л. 1963. 2. Коллатц Л. Численные методы решения дифференциальных уравнений. М., 1953. 3. Новожилов В. В. Теория упругости. Л., 1958. 4. Писаренко Г. С., Лебедев А. А. Деформирование и прочность материалов при сложном напряженном состоянии. К., 1976. 5. Самарский А. А. Теория разностных схем. М., 1977.

Стаття надійшла до редколегії 05.04.86
