(дискретне чи неперервне), підгрупу його продуктивності. При цьому, якщо для визначеної групи якості крайовими умовами та обмеженнями (оператор 2) не рекомендується передбачений технічним завданням тип технологічного процесу перемішування, проводиться його корекція.

За допомогою блока оператора 5 для дискретних процесів перемішування визначають умовне позначення тривалості перемішування одної порції завантаження на підставі числових даних технічного завдання. Для неперервних процесів перемішування сумішей цей крок упускають, оскільки його здійснено у попередній підпрограмі (оператор 4).

Оператор 6 – "Підпрограма вибору типу (типів) змішувача" для встановлених в операторі 3 групи якості суміші з врахуванням обмежень і рекомендацій (оператор 2) та визначених характеристик технологічного процесу перемішування (оператори 4 і 5) забезпечує вибір для заданої суміші одного чи декількох найбільш придатних рівнозначних типів змішувачів. У випадку рекомендації декількох типів змішувачів, вибір конкретного з них здійснюють на підставі аналізу наявного на підприємстві обладнання, його вартості і затрат на експлуатацію тощо (рис.2).

Оператор 7 забезпечує вивід на дисплей, а в разі потреби роздрук результатів (рис.1).

Приклад вибору проілюстрованого потовщеними лініями на блок-схемах для суміші вольфрамо-кобальтових твердих сплавів порошкової металургії, склад якої наведено вище. Додатковим стовпцем із потовщеними лініями для цієї суміші подано у вхідних даних інформацію про технологічний процес перемішування, а у вихідних 0150 результати вибору. Пунктиром у підпрограмах виділено їх кінцеву інформацію на екрані дисплея за даним прикладом.

Можливість застосування обчислювальної техніки значною мірою спрощує вибір оптимальних технологій і обладнання для перемішування сумішей, прискорює його, зводить до мінімуму небезпеку невдалого вибору.

УДК 539.3

МОДИФІКАЦІЯ РІВНЯНЬ ПЕРЕМІЩЕНЬ ДЛЯ ПРОСТОРОВИХ КОНТАКТНИХ ЗАДАЧ

© Римар О.М., 1999

ДУ «Львівська політехніка», кафедра «Нарисна геометрія та графіка»

Досліджена можливість модифікації систем переміщень для просторових контактних задач заміною коефіцієнтів, що враховують фізико-механічні властивості тіл, перед членами функцій для переміщень. В основу досліджень покладено принцип Лагранжа та теорему Клайперона.

У багатьох випадках [1] для одержання розв'язку тривимірних контактних задач використовуються відомі системи переміщень [2,3,4]

$$\left.\begin{aligned} u &= (1-2\nu)\int_z^\infty \frac{\partial \varphi_1}{\partial x}dz - z\frac{\partial \varphi_1}{\partial x}, \\ v &= (1-2\nu)\int_z^\infty \frac{\partial \varphi_1}{\partial \varphi}dz - z\frac{\partial \varphi_1}{\partial \varphi} \\ \omega &= 2(1-\nu)\varphi_1 - z\frac{\partial \varphi_1}{\partial z}, \end{aligned}\right\} \qquad (1)$$

де ν – коефіцієнт Пуассона; φ_1 – функція потенціалу.

Якщо ввести нову функцію

$$\varphi = -2(1-\nu)\,\varphi_1 \qquad (2)$$

то значення цієї функції φ для $z = 0$ збігається із значенням переміщень ω (x,y,o) вздовж осі z. Дана властивість функції φ застосовується для визначення наближення δ деяких задач, наприклад, задачі Герца [5, 6], для якої переміщення

$$\left.\begin{aligned} u &= \frac{n_1}{4\pi}\int_z^\infty \frac{\partial V}{\partial x}dz - \frac{n_3 z}{4\pi}\frac{\partial V}{\partial x}, \\ v &= \frac{n_1}{4\pi}\int_z^\infty \frac{\partial V}{\partial y}dz - \frac{n_3 z}{4\pi}\frac{\partial V}{\partial y}, \\ \omega &= \frac{n_2}{4\pi}V - \frac{n_3 z}{4\pi}\frac{\partial V}{\partial z}, \end{aligned}\right\} \qquad (3)$$

де

$$n_1 = \frac{1}{\lambda + G},\, n_2 = \frac{\lambda + 2G}{G(\lambda + G)},\, n_3 = \frac{1}{G}, \qquad (4)$$

$$\lambda = \frac{E\nu}{(1+\nu)(1-2\nu)}, \quad \mu = G = \frac{E}{2(1+\nu)}, \qquad (5)$$

E – модуль пружності, V – ньютонів потенціал простого шару; λ,G – постійні Ламе.

Системи переміщень (3) одержані на основі аналогічної системи задачі Буссінеска про дію зосередженої сили на пружний півпростір. Системи (1), (2) і (3), (4) є ідентичними, тобто в основу розв'язання багатьох просторових контактних задач покладено систему переміщень задачі Буссінеска. Разом з тим застосування таких систем є сумнівним для випадків, коли не витримуються граничні умови на безмежності $z \to \infty$

$$\left.\begin{aligned} \omega &= 0, \\ u &= 0, \\ v &= 0. \end{aligned}\right\} \qquad (6)$$

Метою даної роботи є дослідження можливості зміни (модифікації) систем переміщень для просторових контактних задач в рамках оптимізації розв'язку.

В основу наших досліджень покладемо теорему Клайперона та принципи Лагранжа і Кастільяно з відповідно необхідними умовами про збереження закону Гука і незмінність температури. Обмежимося розглядом осесиметричних контактних задач, для яких нормальний тиск p(x,y) розподілений по області Ω на границі тіл, рівнодіюча P тиску p (x,y) спрямована вздовж осі симетрії z і прикладена в точці O початку координат, тангенціальне навантаження відсутнє, на краю тіл дійсна задача Неймана

$$\left(\frac{\partial \varphi_1}{\partial z}\right)_{z\to 0} = \begin{cases} -p(x,y)/2G & \text{всередині } \Omega, \\ 0 & \text{ззовні } \Omega, \end{cases} \qquad (7)$$

а функція φ_1 визначена. Якщо об'ємні сили відсутні , функції переміщень задовольняють граничні умови на безмежності (6) і на контурі (7), при цьому задовольняються рівняння рівноваги Нав'є і рівняння Коші, то робота зовнішніх сил визначається формулою ([7, с.163]) .

$$A = \iiint(\sigma_x \varepsilon_x + \sigma_y \varepsilon_y + \sigma_z \varepsilon_z + \tau_{xy}\gamma_{xy} + \tau_{yz}\gamma_{yz} + \tau_{xz}\gamma_{xz})dxdydz, \qquad (8)$$

де σ,τ – відповідно, нормальні та дотичні напруження; ε,γ – складові тензора деформацій.

Питома потенціальна енергія визначається формулою

$$W = \frac{1}{2}\left(\sigma_x \varepsilon_x + \sigma_y \varepsilon_y + \sigma_z \varepsilon_z + \tau_{xy}\gamma_{xy} + \tau_{yz}\gamma_{yz} + \tau_{xz}\gamma_{xz}\right). \qquad (9)$$

Формула (9) має інший вигляд [7]

$$W = \frac{1}{2E}\left[\sigma_x^2 + \sigma_y^2 + \sigma_z^2 - 2\nu\left(\sigma_x\sigma_y + \sigma_y\sigma_z + \sigma_z\sigma_x\right)\right] + \frac{1}{2G}\left(\tau_{xy}^2 + \tau_{xz}^2 + \tau_{yz}^2\right), \qquad (10)$$

який чітко ілюструє суть наших досліджень. Загалом формулу (10), а, очевидно, і формулу (8), можна подати у вигляді добутку функцій

$$W = p_0^2 \sum_1^c k_i(E,\nu) F_i(x,y,z), \qquad (11)$$

$$A = p_0^2 \sum_1^c k_i(E,\nu) \iiint F_i(x,y,z)dxdydz, \qquad (12)$$

де k_i – функції, що залежать від модуля пружності і коефіцієнта Пуассона, p_0 – тиск у точці 0 початку координат, $F_i(x,y,z)$ – функції, що враховують особливості контактної задачі, c – кількість функцій F_i.

Запис формул (11,12) оснований на тому, що для будь-якої задачі можна одержати залежності для напружень у вигляді

$$\sigma_j = p_0 \sum_1^{i=m} k_{ji}(E,\nu) f_{ji}(x,y,z), \quad \tau_j = p_0 \sum_1^{i=n} k_{ji}(E,\nu) \psi_{ji}(x,y,z),$$

де тиск p_0 розглядується нами як const, j – індекс однієї із осей x,y,z; m,n – кількість функцій для конкретного осьового напруження σ,τ.

Дозволимо собі нагадати формулювання [7] принципу Лагранжа: із всіх можливих систем переміщень пружного тіла дійсні переміщення надають потенціальній енергії мінімального значення. Зауважимо, що відповідно до принципу найменшої роботи [7] із всіх можливих напружених станів тіла тільки такі задовольняють умови суцільності деформацій, для яких теж енергія W_{min}.

Звідси, враховуючи формули (11), (12), можна зробити висновки:

а) значення роботи A(12) і енергії W(11) залежать від функцій $k_i(E,\nu)$, тобто від коефіцієнтів n_1, n_2, n_3 перед членами функцій (1), (3);

б) зміна коефіцієнтів n_1, n_2, n_3 перед членами функцій (1), (3) приводить до зміни значень функцій (11), (12) по абсолютній величині;

в) якщо функції переміщень (1), (3) не змінювати, то зміна коефіцієнтів n_1, n_2, n_3 перед членами цих функцій може бути використана для мінімізації формул (11), (12).

На основі наведених висновків можна сформулювати наслідок із принципу Лагранжа: із всіх можливих систем переміщень дійсними будуть такі, в яких комбінація коефіцієнтів, що враховують постійні Ламе, надасть мінімального значення питомій потенціальній енергії, якщо задовольняються всі умови теорії пружності.

Якщо функції переміщень не задовольняють виконання граничних умов (6), то такий розв'язок є, очевидно, наближеним. У такому випадку модифікація систем переміщень, тобто зміна коефіцієнтів n_1, n_2, n_3 перед членами функцій, може привести до виконання умов (6).

1. Галин Л.А. Контактные задачи теории упругости и вязкоупругости. М., 1980. 2. Лурье А.И. Некоторые контактные задачи теории упругости // ПММ. 1941. Т.V. Вып.3. С.45-48. 3.Папкович П.Ф. Теория упругости. М., 1939. 4. Neuber H. Ein neuer Ansats zur Losung raumlicher Probleme der Elastizitatstheorie // ZAMM. 1934. Bd.14. № 4. P.203-306. 5. Hertz H. Gesammelte werke. 1985. Bd.1. P.179-195. 6. Беляев Н.М. Труды по теории упругости и пластичности. М., 1957. 7. Подгорный А.Н., Марченко Г.А., Пустынников В.И. Основы и методы прикладной теории упругости. К., 1981.

УДК 678.067. 5

ДОСЛІДЖЕННЯ СТРІЧКОПРОВІДНОЇ ДІЛЯНКИ ФЛЕКСОГРАФСЬКОЇ ДРУКАРСЬКОЇ МАШИНИ З ПРИВІДНИМИ ВАЛИКАМИ

© Дурняк Б.В., 1999

Українська академія друкарства, кафедра «Автоматизація поліграфічного виробництва»

Досліджується нестаціонарна модель стрічкопровідної системи із запізненням флексографської друкарської машини з врахуванням приводу обвідних валиків. Знайдено аналітичні залежності натягу та швидкості на останній ділянці системи від параметрів окремих вузлів та нестаціонарного об'єкта – рулону. Моделюванням проведено аналіз системи.