

У підсумку зауважимо, що та ж сама схема може бути застосована й до інших типів багатошарових основ складної структури, таких як багатошарові основи з отвором в одному із шарів, або багатошарові основи з криволінійними тріщинами в одному з шарів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Приварников А.К. Граничные задачи теории упругости для многослойных оснований простой и сложной структуры: Дис. ... д-ра физ.-мат. наук. - М., 1982. - 350 с.
2. Приварников А.К., Ламзюк В.Д. Упругие многослойные основания. - Ч.1. - Днепропетровск, 1985.- 162с. Деп. в ВИНТИ 23.12.85г., № 8789-В.
3. Приварников А.К., Годес Ю.Я. О решении первой граничной задачи для упругого многослойного основания// Устойчивость и прочность элементов конструкций.- Днепропетровск, 1986. - С.6-28.
4. Величко І.Г. Матричний формалізм методу функцій податливості // Вісник Запорізького державного університету. Фізико-математичні науки. Біологічні науки. - Запоріжжя. - 2000. – С.50-59.
5. Зиновеев И.В. Напряженно-деформированное состояние многослойного основания под действием поверхностных и объемных нагрузок // Вопросы механики деформирования и разрушения твердых тел. -Днепропетровск:ДДУ, 1999. – С.66-73.

УДК 519.852.6:004.421.2:514.747

АЛГОРИТМ ЗУСТРІЧНОГО ОДНОРЯДНОГО ШТАМПУВАННЯ ФІГУРНИХ ДЕТАЛЕЙ У ПРЯМОКУТНОМУ ЛИСТІ

Зінченко А. І., аспірант, Приварников А. К., д. ф.-м. н., професор

Запорізький національний університет

У роботі запропоновано спосіб оптимального укладання фігурних деталей у прямокутному листі для випадку зустрічного однорядного штампування цих деталей. Описано спосіб визначення кроку штампування й ефективний спосіб відшукування оптимального варіанта укладання

Ключові слова: розкрій прямокутного листа, фігурні деталі, крок штампування, оптимальний варіант штампування

Zinchenko A. I., Privarnikov A. K. СПОСОБ ОПТИМАЛЬНОЙ УКЛАДКИ ФИГУРНЫХ ДЕТАЛЕЙ В ПРЯМОУГОЛЬНОМ ЛИСТЕ / Запорожский национальный университет, Украина

В работе предложен способ оптимальной укладки фигурных деталей в прямоугольном листе для случая встречной однорядной штамповки этих деталей. Описан способ определения шага штамповки и эффективный способ отыскания оптимального варианта укладки

Ключевые слова: раскрой прямоугольного листа, фигурные детали, шаг штамповки, оптимальный вариант штамповки.

Zinchenko A.I., Privarnikov A.K. METHOD OF OPTIMUM PLACEMENT OF FIGURED DETAILS IN RIGHT-ANGLED SHEET / Zaporozhia national university, Ukraine

The paper offers the method of optimum placement of figured details in right-angled sheet for the case of counter uniserial punching of these details. The method of determination of the pitch of punching and an effective method of finding optimum variant of placement are described in the given work.

Key words: right-angled sheet cutting; figured details; the pitch of punching; optimum variant of punching.

Постановка проблеми. Заданий прямокутний лист повинен бути розрізаний на смуги, паралельні однієї з його сторін. У кожній смузі розміщується один ряд однакових фігур. Будь-яка фігура в смузі, крім першої, зсунута відносно попередньої фігури (у напрямку смуги) на фіксовану відстань та повернута відносно неї на 180^0 проти ходу годинникової стрілки. Кількість фігур у смузі, ширина смуги, кількість однакових смуг в листі й кількість фігур, що заповнюють лист зазначеним способом, залежить від орієнтації першої фігури відносно сторін прямокутного листа, що визначається кутом повороту φ (проти ходу годинникової стрілки) фігури від заданого вихідного положення. Потрібно знайти таке значення кута φ , якому відповідає максимальна кількість фігур у листі.

Сформульована проблема має практичне значення для багатьох заводів: автомобільних, тракторних, комбайнових, а також для взуттєвих фабрик, на яких масово виготовляють однотипні деталі методом штампування.

Огляд досліджень. Теоретичні дослідження в області регулярного розміщення однакових простих геометричних об'єктів на площині присвячені роботи Тота [1], Хеша [2], В.А. Залгаллера [3], виконані в 50-і роки минулого сторіччя. Широке поширення ЕОМ у наступні роки дозволило створювати алгоритми розв'язання важливих для практики задач розкрою на ЕОМ. Огляд досліджень у цій області до 1970 р. можна знайти у відомій монографії Канторовича Л.В. В.А. Залгаллера [4]. Розробці ефективних алгоритмів розв'язання за допомогою ЕОМ важливих для практики задач про щільне регулярне укладання однотипних фігур у прямокутних листах, рулонах і площинах присвячені роботи Л.Б. Белякової [5,6], Ю.Г. Стояна [7,8], О.В. Зенкина й А.К. Приварникова [9,10]. З останніх робіт, присвячених проблемі оптимального розкрою матеріалів на фігурні деталі варто згадати статті [11,12,13,14].

Найбільш складними етапами алгоритмів оптимального регулярного укладання фігур в листах, рулонах, площинах або областях заданої форми є визначення кроку штампування й визначення параметрів оптимального укладання. У цій статті пропонується досить простий спосіб визначення кроку однорядного зустрічного штампування й ефективний спосіб пошуку оптимального варіанта розкрою прямокутних листів.

Постановка задачі. Задано прямокутний лист зі сторонами a й b . Лист розрізається на смуги, у яких розміщуються фігурні деталі так, як зазначено на рис. 1.

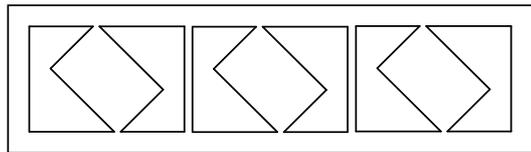


Рис.1 Однорядна зустрічна штамповка

Деталі повинні бути розташовані від країв смуги на відстані, не меншій довжини бічної перемички e_1 .

Відстань між двома сусідніми деталями не повинна бути менше міждетальної перемички e_2 . Потрібно вказати таке положення штампа (відносно сторін листа), щоб кількість відштампованих деталей, зазначеним на рис.1 способом, була максимальною. Крім того, для оптимального варіанта розміщення фігур у листі необхідно вказати крок штампування пари фігур (основної та повернутої), число однакових смуг, на які потрібно розрізати лист перед штампуванням, ширину смуг, число фігур в одній смузі, коефіцієнт використання матеріалу листа, тобто відношення площі всіх фігур в листі до площі листа.

Замінімо вихідну фігуру «розширеною», контур якої є еквідистантним контуру вихідної фігури й відстоїть від нього на половину міждетальної перемички. Якщо дві сусідні розширені фігури стикаються, то, очевидно, відстань між відповідними вихідними фігурами буде не менше міждетальної перемички e_2 . Контур розширеної фігури наблизимо замкнутою ламаною. Надалі розглядаємо тільки розширені фігури, контур яких є замкнута ламана.

Введемо на площині листа декартову систему координат xOy з початком у лівому нижньому куті листа. Вісь x спрямуємо вздовж сторони листа, довжиною a . Вважаємо, що вісь x вказує напрямком штампування деталей. Нехай $M(x, y)$ – довільна точка контуру розширеної фігури. Різницю $\max(x) - \min(x) = G_x$ назвемо габаритом фігури в напрямку осі Ox , а різницю $\max(y) - \min(y) = G_y$ – габаритом фігури в напрямку осі Oy . Вважаємо, що розширена фігура розміщена у першому квадранті і торкається координатних осей. Вихідне положення повернутої фігури встановлюється після таких дій: повороту вихідної фігури на 180° , розміщення одержаної фігури у першому квадранті так, щоб вона торкалась осей Ox і Oy , та зсувом її вздовж осі Ox на величину $2G_x$.

Для визначення кроку штампування H потрібно з'ясувати, на яку відстань вздовж осі Ox треба зсунути пару фігур (основну та повернуту), щоб отримана після зсуву нова пара фігур торкалась вихідних. Цю задачу різні автори вирішували по-різному, наприклад, автори статей [9,10] пропонували (для однієї фігури) зсунути вихідну фігуру вздовж осі Ox на відстань G_x , і потім наблизити нову фігуру до старої з малим кроком, щораз перевіряючи за допомогою ЕОМ, чи не перетинаються контури вихідної й зсунутої фігур. Такий же спосіб визначення кроку штампування пропонують і автори статті [6]

У програмі однорядного зустрічного розкрою листа, створеної авторами цієї статті, використовується менш трудомісткий спосіб, заснований на наступній теоремі.

Теорема. Крок однорядного зустрічного штампування фігури H в напрямку осі Ox дорівнює різниці довжин найбільшого H_{\max} та найменшого H_{\min} відрізків паралельних Ox , що проходять через вершини однієї з фігур та перетинають контур іншої. (рис. 2)

$$H = H_{\max} - H_{\min}$$

Дійсно, якщо зсунути вихідну фігуру в смугу на відстань більшу H , то зсунута і сусідня повернута фігура не будуть перетинатися. Якщо ж зсунути фігуру на відстань H , то фігури торкнуться одна одну (рис. 2).

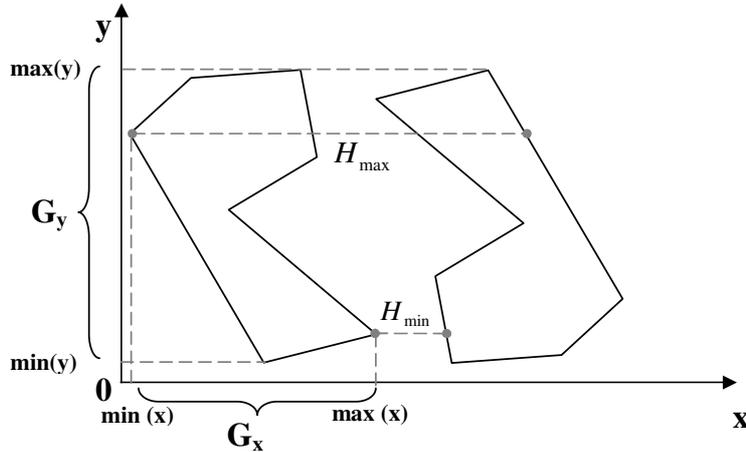


Рис.2. Визначення габаритів фігури та кроку штампування

Для реалізації на ЕОМ такого способу визначення кроку штампування досить розглянути скінчене число відрізків, паралельних осі x , що проходять через усі вершини обох багатокутників та перетинають сторони сусідньої фігури. Потім вибрати з них відрізок найбільшої та найменшої довжини. Різниця цих двох величин і буде шуканим кроком штампування (рис.2).

Після того, як знайдено крок штампування H , можна визначити число n фігур у смугі довжиною a за такою формулою:

$$n = \max(2n_1, 2n_2 + 1), \quad n_1 = \left[\frac{a - 2e_1 + e_2 - 2G_x + H_{\min}}{H} \right] + 1, \quad n_2 = \left[\frac{a - 2e_1 + e_2 - G_x}{H} \right].$$

де $[P]$ – ціла частина числа P . Ширину смуги, у якій будуть розміщатися деталі, що штампуються, можна обчислити за формулою:

$$H = G_y - e_2 + 2e_1.$$

Виведення цих двох формул нескладне, тому ми його не наводимо. Число смуг в листі, очевидно, дорівнює цілому числу $m = \left[\frac{b}{H} \right]$. Число фігур в листі N й коефіцієнт використання листа

K визначимо за очевидними формулами:

$$N = m \cdot n, \quad K = \frac{N \cdot S}{a \cdot b},$$

де S – площа однієї заданої фігури

Коефіцієнт використання листа K – цілочислова функція кута повороту ϕ першої фігури в смугі від її вихідного положення. На практиці пошук значення кута ϕ , якому відповідає найкращий варіант укладання фігур в листі, тобто $\max(K)$, здійснюється шляхом перебору варіантів укладання для

скінченного числа значень кута $\phi \in [0^{\circ}, 180^{\circ}]$. Якщо ці значення брати з постійним малим кроком, більшим за похибку $\Delta\phi$ установки кута повороту штампа на верстаті, то можна, витративши велику кількість машинного часу, «не помітити» оптимальний варіант укладання. Для підвищення ефективності визначення оптимального варіанта розкрою прямокутного листа в створеній авторами програмі для ЕОМ використалося очевидне міркування. Якщо подовжити лист на величину, що не перевищує деякої частини кроку штампування, то ЕОМ значно простіше знайти ті значення кута ϕ , при яких число розміщених в листі фігур стрибкоподібно змінюється. Залишається досліджувати околиці знайдених кутів ϕ із кроком $\Delta\phi$, щоб виявити найкращий варіант із всіх припустимих варіантів укладання фігур в листі.

Для реалізації цього алгоритму створена програма для ЕОМ. Для перевірки ефективності роботи програми були розв'язано декілька задач оптимальної штамповки для одного з заводів України. За результатами роботи встановлено, що коефіцієнт використання матеріалу для розглянутих деталей можна підвищити на 10–15 відсотків, що свідчить про ефективність запропонованого способу відшукування оптимального укладання фігур у прямокутному листі.

На закінчення наведемо основні етапи алгоритму пошуку оптимального однорядного зустрічного штампування прямокутного листа

1. Визначаємо площу заданої фігурної деталі.
2. Будуємо розширену фігуру, враховуючи задану міждетальну перемичку.
3. Обчислюємо габарити розширеної фігури уздовж осей x і y
4. Визначаємо крок штампування пари розширених фігур.
5. Обчислюємо ширину смуги, у якій потрібно розмістити деталі, що штампуються, число смуг в листі, число фігур n у смугі, число фігур в листі, коефіцієнт використання матеріалу листа.
6. Обчислюємо число фігур n_1 у злегка подовженій смугі.
7. Якщо числа n й n_1 збігаються, то збільшуємо кут повороту пари фігур від вихідного положення на заданий крок зміни кута повороту й переходимо до виконання п.3. Якщо ж числа n й n_1 різні, то зменшуємо останнє значення кута повороту із кроком, рівним похибці установки штампа на верстаті, і фіксуємо параметри варіанта укладання деталей в листі, кращого, ніж варіант, що відповідає вихідному значенню кута повороту. Після цього збільшуємо кут повороту пари фігур на заданий крок й переходимо до виконання п.3 алгоритму.

Зрозуміло, що при виконанні алгоритму запам'ятовуються параметри варіанта, у якому коефіцієнт використання матеріалу вищий ніж у раніше знайденому варіанті укладання деталей в листі. В остаточному підсумку в пам'яті ЕОМ фіксується найкращий варіант укладання.

У виробничій практиці, крім однорядного зустрічного розкрою листа, широко використовуються

інші види розкрою: дворядний прямий, дворядний зустрічний, багаторядний та ін. Для пошуку оптимальних варіантів цих видів розкрою у прямокутних листах необхідно створити відповідні програми для ЕОМ, подібні до створеної програми однорядного зустрічного розкрою листа.

ЛІТЕРАТУРА

1. Тот Л.Ф. Расположения на плоскости, на сфере и в пространстве. – М.: Физматгиз, 1958. 363 с.
2. Heesch H., Kienzle O. Flachenschluss. Berlin (Göttingen) Heidelberg: Springer-Verlag, 1963. 141 p.
3. Залгаллер В.А. Об одном необходимом признаке плотнейшего расположения фигур // Успехи математических наук, 1953. т. 8, №4
4. Канторович Л.В., Залгаллер В.А. Рациональный раскрой промышленных материалов. – Новосибирск: Наука, 1971.
5. Белякова Л.Б. Об оптимальном раскросе листового проката // В кн. Автоматизация технологического проектирования при помощи ЭЦВМ. – М.: Машиностроение, 1968.
6. Белякова Л.Б., Галактионова Н.Р. Построение простейших решетчатых упаковок дисков на плоскости// Комбинаторно-алгебраические и вероятностные методы дискретного анализа. – Горький: Изд-во Горьк. гос. ун-та., 1989. 156 с.
7. Стоян Ю.Г. Размещение геометрических объектов. – Киев: Наукова думка, 1975.

8. Стоян Ю.Г., Гиль Н.И. Методы и алгоритмы размещения плоских геометрических объектов. – Киев: Наукова думка, 1976. 247с.
9. Зенкин О.В., Приварников А.К. Решение некоторых задач оптимального расположения фигур на плоскости // Тезисы докладов на IV Всесоюзной межвузовской конференции. – Тбилиси: ТГУ – 1969 – С. 85-86.
10. Зенкин О.В., Приварников А.К. Некоторые алгоритмы оптимального раскроя листового проката // Труды мех.-мат. факультета по заказам промышленности. – Днепропетровск: ДГУ, 1971. – № 1 – С. 226-233.
11. Бабаев Ф.В. Металлосбережение путем рационального раскроя материала раскрой листового проката на фигурные заготовки разных форм (№08 2003год)
12. Бабаев Ф.В. Металлосбережение путем рационального раскроя материала. раскрой листового проката на фигурные заготовки разных форм (№09 2003год)
13. Зінченко А.І., Приварников А.К. Алгоритм регулярного размещения однотипных фигур в прямоугольном листе // Вісник Запорізького національного університету. Серія: фізико-математичні науки. – Вип. 1, Т.1. – 2006.- С. 34-38.
14. Аввакумов В.Д. Численное решение задач оптимального размещения плоских объектов // Электронный журнал «Прикладная геометрия». - Вип. 9.- №19. – 2007.- С. 13-23.

УДК 51:612.846

МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ДІЇ ОКОРУХОВИХ М'ЯЗИВ ПРИ ОБЕРТАННЯХ ОКА

Кирилах Н. Г., к. ф.-м. н., доцент

Кременчуцький державний політехнічний університет ім. М. Остроградського

Створено математичну модель дії окорухових м'язів при обертаннях ока. Така модель дозволяє отримувати якісні та кількісні оцінки впливу різних груп окорухових м'язів і пояснювати патології окорухового апарату.

Ключові слова: математична модель, окорухові м'язи, вектори сил тяги, моменти сил, матриця перетворення координат.

Kirilakha N.G. МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ВОЗДЕЙСТВИЯ ГЛАЗОДВИГАТЕЛЬНЫХ МЫШЦ ПРИ ПОВОРОТАХ ГЛАЗА / Кременчугский государственный политехнический университет им. М. Остроградского, Украина.

Построена математическая модель действия глазодвигательных мышц при поворотах глаза. Представленная модель позволяет получать количественные и качественные оценки такого воздействия и объяснять различные патологии глазодвигательного аппарата.

Ключевые слова: математическая модель, глазодвигательные мышцы, векторы сил тяги, моменты сил, матрица преобразования координат.

Kirilakha N. MATHEMATICAL MODEL OF INFLUENCE OF EYE MOVING MUSCLES AT THE TURNS OF EYE / Kremenchuk Mykhaylo Ostrogradskiy State Polytechnical University, Ukraine.

The mathematical model of influence of eye moving muscles at the turns of eye is constructed. The presented model enables to receive the qualitative and quantitative estimations of such influence and to explain different pathologies of eye moving system.

Key words: mathematical model, eye moving muscles, vectors of tractive forces, moments of forces, matrix of transformation of coordinates.

Актуальність. Створення моделі дії окорухового апарату залишається серйозною проблемою в офтальмології. Така модель дозволила б хірургу прогнозувати результати операції і тим самим покращити ефект від операції та запобігти можливих ускладнень. Вивченню дії окорухових м'язів присвячено досить багато досліджень, проте їм притаманні певні недоліки. По-перше, основна маса досліджень не носить кількісного характеру. Далі, прикріплення окорухових м'язів до склери розглядається як точки на поверхні очного яблука, хоча насправді зони прикріплення мають досить значну протяжність [1,2]. Настільки значну, що вона суттєво впливає на особливості біомеханіки окорухового апарату. Найбільше це стосується косих м'язів. Крім того, більшість праць не розглядає детально зміну дії окорухових м'язів при виведенні очного яблука із первинної позиції погляду [1,2]. Загалом можна сказати, що роботам із цього питання бракує детальної математичної розробки і кількісних оцінок.