

АВТОМАТИЧНЕ ПРОЕКТУВАННЯ СХЕМ РОЗКРОЮ ЛИСТОВИХ МАТЕРІАЛІВ НА ДЕТАЛІ ВЗУТТЯ

Сучасні виробництва не зможуть вижити в конкурентній боротьбі, якщо не будуть випускати нову продукцію кращої якості, більш низької вартості за менший час. А це можна досягти завдяки впровадження САПР у виробництво.

Основні вимоги до системи автоматизованого проектування раціональних схем розкрою листових матеріалів на деталі при серійному виробництві:

- урахування всіх необхідних технологічних вимог та обмежень;
- можливість швидкого реагування на зміну вихідних даних;
- надійність роботи системи.

Урахування всіх необхідних технологічних вимог та обмежень було виконано при розробці алгоритмів для автоматизованого проектування раціональних схем розкрою листових матеріалів на деталі.

Весь процес розкрою листових матеріалів на деталі при серійному виробництві включає в себе наступні етапи:

- побудова вихідних економічних варіантів схем розкрою;
- визначення кількості листів, які необхідно розкрити по тому чи іншому варіанту для забезпечення завдання на розкрій;
- розкрій листового матеріалу.

В більшості випадків перші два етапи виконуються вручну. Але розвиток обчислювальної техніки та методів обчислювальної математики дозволяють виконувати ці етапи в автоматизованому режимі.

Основні технологічні вимоги та обмеження до схем розкрою є наступні:

- кількість різних деталей в схемі розкрою для одного листа при розкрою на пресах з револьверною голівкою не повинна перевищувати шести;
- деталі у схемі розкрою повинні не перетинатись та розміщатись на відстані одна від одної не менше сталої величини Δ ;
- деталі у схемі розкрою повинні не виходити за межі матеріалу;
- вимоги до орієнтації деталей відносно матеріалу (деталі на матеріалі розміщуються в основному положенні та повернуті відносно основного положення на 180 градусів; не має обмежень на орієнтацію деталей на матеріалі.);
- кількість викросних деталей кожного виду повинна задовольняти потреби в цих деталях.

Технологічна постановка задачі. Маємо асортимент листових матеріалів із t типорозмірів відповідно з довжиною Dl_k та шириною Sh_k , $k=1,2,\dots,t$ та необмеженої кількості; комплект деталей S^j з потребою в них Q^j , $j=1,2,\dots,q$. Необхідно розмістити ці деталі на заданому асортименті листів із врахуванням технологічних вимог таким чином, щоб сумарна площа використаних листів була б мінімальною.

Математична постановка задачі. Дано t розмірів областей прямокутної форми відповідно з довжиною Dl_k та шириною Sh_k , $k=1,2,\dots,t$ необмеженої кількості. Необхідно щільно розмістити Q^j плоских геометричних об'єктів S^j , де $j=1,2,\dots,q$, таким чином, щоб сумарна площа використаних прямокутних областей була б мінімальною. При цьому задовольнялись наступні обмеження:

- кількість різних деталей в схемі розкрою для одного листа не повинна перевищувати шести;
- деталі у схемі розкрою повинні не перетинатись та розміщатись на відстані одна від одної не менше сталої величини σ ;
- деталі у схемі розкрою повинні не виходити за межі матеріалу;
- вимоги до орієнтації деталей відносно матеріалу (деталі на матеріалі розміщуються в основному положенні та повернуті відносно основного положення на 180 градусів; не має обмежень на орієнтацію деталей на матеріалі.);
- кількість викросних деталей кожного виду повинна задовольняти потреби в цих деталях.

В такій постановці задача автоматизованого проектування не має розв'язків, так як ця задача має нескінченну кількість локальних екстремумів. Тому розглянемо більш просту модель задачі, що забезпечить ефективний пошук раціональних схем розкрою із врахуванням комплектного виходу. Для цього розіб'ємо цю задачу на дві підзадачі: генерування множини допустимих схем розкрою листового матеріалу; вибір із множини допустимих схем розкрою тих, які забезпечать мінімальну сумарну площу прямокутних областей, що використані для побудови розкрийних схем.

Введемо поняття розкладки та секції. Розкладка R_{kjm} деталі S^j – це прямокутна область довжиною Dl_{kjm} ($0 < Dl_{kjm} < Dl_k$) та шириною Sh_{kjm} ($0 < Sh_{kjm} < Sh_k$), в якій системно розміщаються деталі S^j (рис.1.а). Кількість деталей в розкладці Q_{kjm} не повинна перевищувати потребу в них, тобто $Q_{kjm} \leq Q_j$, де Q_j – потреба в S^j деталі.

За систему розміщення у розкладці приймемо прямокутну подвійну решітку $W: na_1+ma_2+kg$ в якій вектори a_1 та a_2 паралельні осям координат прямокутної системи координат XOY , яка пов'язана із розкладкою та початок координат якої знаходиться у лівому нижньому куті розкладки.

Щільність P_{kjm} розкладки R_{kjm} – це відношення чистої площі деталей в розкладці до площі розкладки, тобто

$$P_{kjm} = Q_{kjm} \cdot S_j / (Dl_{kjm} \cdot Sh_{kjm}). \quad (1)$$

Секція складається із розкладок. Комбінація розкладок в секції виконується тільки по ширині матеріалу та із розкладок різних деталей. В секції може бути не більше шести розкладок. (рис.1.б). Бажано вибирати такі комбінації розкладок в секції, щоб крайові відходи в секції були мінімальними.

Тепер можна дати математичні постановки виділених підзадач.

Підзадача «Розкладка». Для деталі S^j , де $j=1,2,..q$, знайти прямокутну подвійну решітку $W^{kj}: na_1^{kj} + ma_2^{kj} + ng^j$ (рис.1.а) з найщільнішою укладкою деталей S^j . На базі цієї решітки спроектувати всю допустиму множину розкладок R_{kjm} , $m=1,2,..m_k$ із шириною $Sh_{kjm} \leq Sh_k$ та довжиною $Dl_{kjm} \leq Dl_k$, щільність яких $P_{kjm} \geq P$, де P - наперед задана щільність.

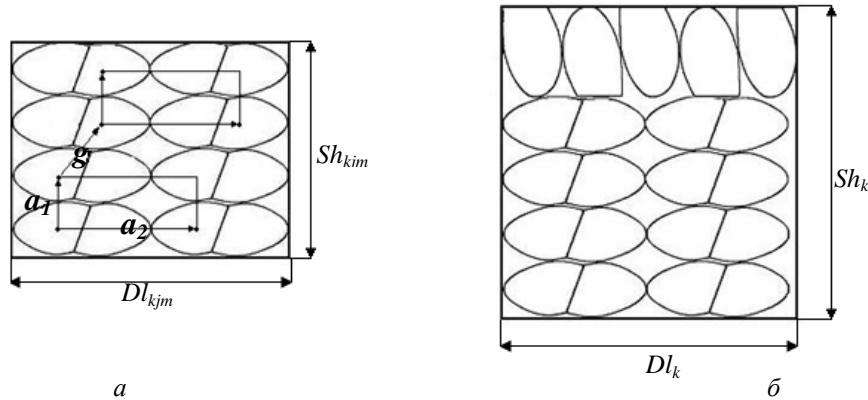


Рис. 1. Розкладка та секція

Щільність $P_{S_{kr}}$ секції \hat{S}_{kr} – це відношення чистої площі деталей в секції до площі секції, тобто

$$P_{S_{kr}} = \frac{\sum_{m=1}^{m_k} \sum_{k=1}^r \sum_{j=1}^q M_{kjm} \cdot Q_{kjm} \cdot S_j}{Sh_k \cdot Dl_k}, \quad (2)$$

де

$$M_{kjm} = \begin{cases} 1, & \text{коли розкладка } R_{kjm} \text{ є в секції } \hat{S}_{kr} \\ 0, & \text{коли розкладки } R_{kjm} \text{ немає в секції } \hat{S}_{kr} \end{cases}$$

Ширина секції $Sh_{S_{kr}}$ завжди дорівнює ширині матеріалу, тобто $Sh_{S_{kr}} = Sh_k$, довжина секції $Dl_{S_{kr}}$ завжди дорівнює довжині матеріалу, тобто $Dl_{S_{kr}} = Dl_k$.

Підзадача «Секція». Із допустимої множини розкладок \hat{R}_{kjm} згенерувати множину допустимих секцій \hat{S}_{kr} , $r=1,2,..r_k$, які можуть складатись із будь-яких деталей одного - шести видів вихідного комплекту. Щільність $P_{S_{kr}}$ секції \hat{S}_{kr} повинна бути більша за наперед задане значення P .

Функцією цілі в задачах «Розкладка» та «Секція» буде щільність, яка повинна бути більшою наперед заданої щільності P .

Підзадача «Комплект». Із множини допустимих секцій \hat{S}_{kr} вибрати таку підмножину секцій \hat{S}_{kr}^* , комбінація яких утворить розкрійну схему, в якій буде врахований комплектний вихід деталей та використання матеріалу буде максимальним.

Аналітичне представлення вимог комплектного виходу має вигляд:

$$Q^j - \lambda \leq \sum_{k=1}^m \sum_{i=1}^{r_k} A_{ijk} \cdot x_{ik} \leq Q^j, \quad j=1,2,..q, \quad (3)$$

де q – кількість видів деталей, для яких будується план розкрою, Q^j – потреба в j -х деталях, A_{ijk} – кількість j -х деталей в i -ій схемі розкрою для k -го типорозміру листового матеріалу, x_{ik} – кількість i -их схем розкрою k -го типорозміру листового матеріалу в плані розкрою, λ – допустиме відхилення від комплектного виходу, m – кількість типорозмірів листового матеріалу в асортименті, кількість згенерованих схем розкрою для k -го типорозміру матеріалу.

На основі розглянутої математичної моделі задачі було розроблено алгоритми, які реалізовані у програмному продукті в середовищі програмування Delphi для автоматичного проектування схем розкрою листових матеріалів на деталі взуття. Представлена розробка після незначних змін може з успіхом використовуватися в різних галузях промисловості при розкрое листових матеріалів.