

Розкрій листового прокату на однакові заготовки складної форми (вирізаються за допомогою штампів).

Розкрій листового прокату на однакові заготовки складної форми – найбільш поширений розкрій, застосовуваний в холодноштамповочного виробництві в усіх галузях промисловості [17,25]. В автомобілебудуванні методом холодного штампування виготовляється 60-75% деталей незалежно від їх складності, в тракторобудуванні 30-40%, у виробництві товарів широкого споживання до 98%, в приладобудуванні 70-75%, в галузі важкого, енергетичного і транспортного машинобудування 20-30 %. Завдання розкрою листового прокату на заготовки деталей складної конфігурації ставиться таким чином.

Необхідно з прямокутних аркушів стандартної ширини $H_1, H_2, \dots, H_i, \dots, H_m$ і певної довжини $L_1, L_2, \dots, L_i, \dots, L_m$ викроїти однакові заготовки заданої конфігурації. Потрібно знайти таке заповнення прямокутного листа однаковими заготовками, при якому в листі містилося б максимальне число заготовок. Заготовки необхідно розташовувати по рядах відповідно нагоди однорядної і дворядної штампування. Найкращий варіант розкрою визначає і саму раціональну ширину смуги, на якому потрібно розрізати даний лист для штампування даної заготовки, тобто лист ріжеться на однакові смуги паралельно будь-якої його стороні [25,60]. При розкрої листа на смуги слід керуватися наступними правилами.

При рівних коефіцієнтах розкрою різання листа слід проводити у напрямку розташування волокон в прокаті; при розкрої листа на смуги, з яких штамнуються заготівлі, котрі піддаються надалі згинанні, також необхідно враховувати напрямок волокон прокату. У тих випадках, коли результати одного варіанту розкрою аналогічні результатам іншого, перевагу треба віддавати варіанту з більш широкою смугою, так як при цьому виходить менший крок штампування і економиться час, що витрачається на різання.

При різанні заготовок великих розмірів необхідно застосовувати комбінований розкрій, дотримуючись комплектність заготовок, що дозволяє найкращим чином використовувати метало-прокат; при цьому після отримання карти розкрою за допомогою ЕОМ рекомендується вільне місці між деталями заповнювати інший помещающейся деталлю.

Питання про вибір найбільш раціонального варіанту розкрою можна вирішити шляхом розрахунку коефіцієнта розкрою листа при поперечному і поздовжньому розкрою (рис. 51, а, б).

Оскільки і обох варіантах є певний втрати матеріалу рекомендується застосування комбінованого методу розкрою. При цьому викроювати смуги слід розділити на дві групи, одну з яких треба розкроювати по довжині, а іншу - по ширині листа (рис. 51, в). Якщо при паралельному розташуванні заготовок на смузі відходи будуть більше мінімально допустимих, то необхідно розглядати варіант косоного розкрою заготовок (рис. 51, г).

Необхідно передбачити перемички між заготовками і між заготівлею та краєм смуги Δ (рис.52). Останнє враховується при визначенні ширини смуги. При обліку перемичок між заготовками і в смузі укладати не вихідна фігура, а еквідистантним їй, тобто розширена на величину, рівну половині перемички $\frac{\Delta}{2}$ (див. рис. 52). Фігури, еквідистантно даними, укладаються в смузі так, щоб вони взаємно стикалися, а відстань між заготовками зберігалось згідно з технологією штампування.

Практика роботи технолога по складанню карт розкрою показала, що найбільш поширеною для розміщення заготовок є система паралелограма, розкладка по якій проводиться паралельними рядами так, щоб разом сусідні заготовки стикалися між собою в найбільшій кількості точок і щоб при поступальному переміщенні будь заготовки стикалися між собою в найбільшому кількості точок і щоб при поступальному переміщенні будь заготовки її можна було поєднати з сусідньої (рис. 53, а і б). Розміщення заготовок по системі паралелограма легко відтворено і знижує до мінімуму междетальние відходи.

Високий коефіцієнт розкрою листового матеріалу при вирубці круглих заготовок зі смуги виходить за схемою (рис.53, в), відповідно до якої центри заготовок розташовуються в кутах рівностороннього трикутника АБВ. Коефіцієнт розкрою збільшується при збільшенні числа поздовжніх рядів в смуговий заготівлі. При розташуванні круглих заготовок так, що центри чотирьох заготовок розташовуються в кутах квадрата АБВГ, відхід матеріалу при вирубці за схемою (рис. 53, г) на 5-8% більше, ніж при вирубці за схемою (див. рис. 53, в) .

Оброблювана смуга на ріжучому верстаті може подаватися на різку в чотирьох різних положеннях (1-4), що видно з рис. 54, на якому для наочності обидві сторони смуги позначені цифрами 1 і 2 і відрізаний куточок смуги.

Коефіцієнт, що характеризує економічність розкрою металу при штампуванні з стрічки, для однакових заготовок

$$K_p = \frac{ns}{HL} 100$$

Загальний коефіцієнт розкрою для однакових заготовок, віднесений до листа (при штампуванні з листа або при різанні смуг з листа):

Для підрахунку крокової коефіцієнта розкрою для однакових заготовок при штампуванні з стрічки використовується формула

де H ширина смуги або стрічки, мм; L - довжина смуги або стрічки, мм; S - площа поверхні заготовок деталей (включаючи дрібні невикористовувані отвори), мм²; t - крок вирубки, мм; n - число заготовок деталей, одержуваних з смуги або стрічки; $H_{\text{л}}$ і $L_{\text{л}}$ - ширина і довжина листа відповідно, мм; $n_{\text{л}}$ - число заготовок деталей з листа.

Алгоритм передбачає визначення найкращого розташування заготовок в листі для випадку однорядної штампування, однорядної штампування через заготовку з подальшим пропуском смуги, поверненої на 180, і дворядної штампування. Питання, що стосуються кодування деталей і координатного розрахунку, необхідні для даного алгоритму, розглянуті вище.

Основна ідея алгоритму полягає в розгляді всіляких варіантів укладання заготовок на аркуші і виборі найкращих. Кожен варіант характеризується параметром $n_{\text{л}}$ - числом заготовок, що укладаються на аркуші. Варіанти укладок знаходяться за допомогою поворотів і зрушень заготовок на площині.

При однорядною штампуванні розміщення заготовок в смузі залежить від кута φ , під яким розташовується заготівля по відношенню до якого-небудь заданому напрямку, а для дворядної штампування ще і від величини ω зміщення одного ряду заготовки щодо іншого (випадок штампування з подвійною прогоном смуги) . Таким чином число заготовок $n_{\text{л}}$, що укладаються в лист, є функцією двох параметрів:

$$n_n = f(\varphi, \omega).$$

Кут повороту заготовок φ з вихідного положення в аналізованих лежить в межах $0 \leq \varphi \leq 180^\circ$. Заданому вихідного положення заготовки (див. Форму 1) відповідає $\varphi = 0$ (кут повороту заготовки щодо системи координат). Параметр ω - крок зсуву одного ряду заготовок щодо іншого лежить в межах

$$\Omega(\varphi) \leq \omega \leq +\Omega(\varphi)$$

де $\Omega(\varphi)$ - габарит заготовки при кожному розглянутому значенні величини φ .

Величини φ і ω змінюються дискретно з постійним кроком $\Delta\varphi$ і $\Delta\omega$ (рис. 55), тому найбільше значення n знаходиться приблизно. Точність максимуму n залежить від величини $\Delta\varphi$ і $\Delta\omega$.

Таким чином, в алгоритмі істотне значення мають пошук раціонального взаімоположення заготовок шляхом поворотом і зрушень на площині з наперед заданим кроком і рі великого числа геометричних задач різної складності; вибір і побудова раціональної ширини смуг, на які потрібно різати даний лист.

Пошук раціонального типу суміщення перших трьох заготовок полягає в наступному: знаходиться вихідне положення першої заготовки, її контур від самої верхньої правої точки до самої нижньої правої точки розбивають на деяке число точок ділення з кроком $\Delta\omega$ (див.рис. 55, а, в).

Для розташування другої заготовки по відношенню до першої виробляється зрушення її до положення, при якому контури заготовок не перетинаються. При цьому заготовку зрушують так, щоб верхня ліва точка її контуру збігалася з однією з точок на контурі першої заготовки. Потім зрушують другу заготовку по осі Ox вправо до положення, при якому контури заготовок не перетинаються.

Проглядаються всі варіанти розташування трьох заготовок (двох при штампуванні без подальшого пропуску смуги, поверненої на 180°), відповідних числу точок ділення, з них вибирається оптимальний, тобто такий, при якому в листі міститься найбільша кількість заготовок. Потім вихідне положення першої заготовки зміщується на деякий кут $\Delta\varphi$, і всі процедури повторюються заново. Здійснюється за все стільки варіантів, скільки разів вбрання $\Delta\varphi$ міститься в π . (див. Рис. 55, б, г).

Побудова і вибір раціональної ширини смуг, на які потрібно розрізати даний лист, здійснюються таким чином. Для кожного аналізованого варіанта укладання різниця між максимальною і мінімальною координат заготовки визначає ширину смуги. Таким чином стає відомим число смуг, викроювати з листа при даному варіанті укладання, і число заготовок, що укладаються на аркуші. При виборі оптимального варіанту розкрою (тобто з укладанням найбільшого числа заготовок) вибирається і ширина смуги, що забезпечує оптимальність.

Приклади різних варіантів укладання заготовок на смузі з відповідним коефіцієнтом розкрою наведені на рис. 56, а укрупнена блок-схема алгоритму для складання оптимального плану розкрою на ЕОМ для листового штампування з урахуванням технологічно допустимих правил показана на рис. 57.

На рис. 58 представлений графік зміни коефіцієнтів розкрою листового прокату товщиною 1 мм при різанні в штампах круглих деталей діаметром 10 мм при різному розташуванні їх на смузі. У табл. 31 приведено рекомендований число рядів при штампуванні деталей типу коло.

Залежність коефіцієнта розкрою смуги від рядності розкрою для заготовок з діаметром 226 і 90 мм приведена на рис. 59. Проведені дослідження і досвід складання різних планів розкрою для листового штампування показали, що найбільш оптимальною слід вважати дворядну схему (особливо заготовок з діаметром понад 50 мм) штампування з шаховим розкриємо матеріалу. Подальшої збільшення рядності може виявитися неефективним у зв'язку зі зниженням відносної економічності розкрою і надійності штампів. В цьому випадку при відсутності відповідного ріжучого обладнання, що забезпечує дворядну штампування, доцільно використовувати однорядну схему штампування.

Для розкрою листового прокату при найбільш поширеною однорядної штампуванні рекомендується більш ефективно алгоритм з точки зору реалізації на ЕОМ [17, 26].

1. Шукаємо абсциси x_{\min} , x_{\max} .. - крайніх лівої і правої точок заготовки Γ_1 і координат y_{\min} , y_{\max} - найнижчої і найвищої точок цієї заготовки (рис. 60).

2. Будуємо в смузі $y_{\min} \leq y \leq y_{\max}$ заготовку Γ_2 відповідно до формул:

$$x_R^{\Gamma_2} = -x_R^{\Gamma_1} + 2x_{\max}; \quad y_R^{\Gamma_2} = -y_R^{\Gamma_1} + y_{\max} + y_{\min}$$

При такій побудові заготівля Γ_2 повернута по відношенню до заготівлі Γ_1 на 180° в площині листа і розташована в зазначеній смузі так, що . Очевидно, що при такому положенні заготовки Γ_1 і Γ_2 не перетинаються. Ця процедура звільняє від виконання кожного разу операції перевірки двох заготовок на перетин.

3. З усіх опорних точок M_R заготовок Γ_1 і Γ_2 проводимо прямі, паралельні осі Ox , визначаємо довжини найменшого d_R і найбільшого D_R відрізків цих прямих, які з'єднують точку M_R з граничними точками заготовки.

Крок штампування об'єднання заготовок Γ_1 і Γ_2 буде $t = D-d$, де $d = \min(d_R)$, $D = \max(D_R)$. Заготівля Γ_2 зсувається вліво по осі Ox до заготівлі Γ_1 на відстань d .

4. Визначаємо габарити Ω_x і Ω_y заготовки Γ_1 і Γ_2 :

$$\Omega_x = x_{\max} - x_{\min};$$

$$\Omega_y = y_{\max} - y_{\min}.$$

5. Визначаємо ширину смуги H_y і число смуг в листі λ :

$$H_y = \Omega_y + 2\Delta; \lambda = \left[\frac{H_{\text{л}}}{H_y} \right]$$

де $\lfloor \cdot \rfloor$ - ціла частина числа

6. Для визначення числа заготовок в смузі спочатку знаходимо допоміжне число

$$W_1 = \left\lfloor \frac{L_{\text{л}} - 2\Delta + \Delta_0}{W_1 t + \Omega} \right\rfloor$$

Величина W_1 являє собою число об'єднання заготовок Γ_1 і Γ_2 , які укладаються в одній смузі. Якщо $W_1 t + \Omega \leq L_{\text{л}} - 2\Delta + \Delta_0$, то число заготовок в смузі $W = 2W_1 + 1$; якщо $W_1 t + \Omega > L_{\text{л}} - 2\Delta + \Delta_0$, то $W = 2W_1$.

7. Визначаємо число заготовок в листі і коефіцієнт розкрою:

$$n_{\text{л}} = \lambda W, K_{\text{р}} = \frac{n_{\text{л}} n}{H_{\text{л}} L_{\text{л}}} \cdot 100$$

8. Заготівля Γ_1 обертається в площині листа на кут $\Delta\varphi$ і всі процедури повторюються заново, починаючи з першої.

Процес розрахунку триває до тих пір, поки кут повороту φ заготовки від початкового положення не перевищить заданого значення $\varphi \leq \pi$. Найкращим варіантом розташування вважається той, якому відповідає максимальне значення коефіцієнта розкрою.

Результати дослідження і досвід вирішення на ЕОМ показують, що при певних значеннях змінних φ і ω функції ціла для наведених в цьому розділі завдання розкрою мають особливості, які виділяють їх в окремий

клас, що становить функції багатоекстремального, що мають крім глибоких локальних мінімумів велике число малих екстремумів по їх схилах.

При виробництві листового штампування круглих заготовок великого діаметра, коли при паралельному розташуванні рядів виходять великі відходи, а технологічний процес дозволяє використовувати тільки однорядну штампування зі смуг, попередньо нарізаних з листа, слід застосовувати косою розкрій.

Графічне побудова косою розкрою розглянуто в літературі по технології листового штампування і широко відомо. В даному розділі книги наводиться алгоритм косою розкрою рівних круглих листових заготовок, який орієнтований на використання ЕОМ. Наведемо основні етапи алгоритму.

1. Вибираємо кут α нахилу лінії з умови, щоб в смузі містилося мінімальне число кіл. З трикутника ABC отримаємо (рис. 61)

$$\sin\alpha = \frac{AB}{BC} = \frac{H - 2R}{2R(n - 1)} \quad (13)$$

де n - ціле число кіл в смузі; H - ширина листа; R - радіус кола.

З огляду на, що $\sin\alpha \leq 1$, $1 \geq \frac{H - 2R}{2R(n - 1)}$ або $n \geq \frac{H}{2R}$. Отже, найменше цілок число кіл

$$n = \left[\frac{H}{2R} \right] + 1$$

Згідно (13) найбільший кут α для найменшого числа повністю вміщають в смугу кіл

$$\alpha = \frac{\arcsin(H - 2R)}{2R \left[\frac{H}{2R} \right]}$$

2. Розраховуємо число кіл, що містяться в листі за умови, що коло стосується лівої кромки листа на r -му рівні. Визначаємо відстань t між центрами сусідніх кіл, розташованих на одному рівні, з трикутників $E_3 C_4 E_1$ і $C_2 E_5 E_3$:

$$t = \frac{2R}{\sin\alpha}$$

Знаходимо число кіл, що вміщаються на одному рівні, за умови, якщо відомо положення центру одного з кіл цього рівня щодо осі Ox , розташованої, як показано на рис.61. Ліворуч від кола з центром в точці O вміщається n_1 кіл:

$$n_1 = \left[\frac{x_0 - R}{t} \right]$$

а вправо від кола з центром O вміщається n_2 кіл:

