

метр $\alpha = 0,65$ с достаточной степенью точности описывает сопротивление плоско напряженного состояния.

Таким образом, для теоретического обоснования значений параметров огибающей в виде гиперболы [1] целесообразно привлечь третью характеристику материала, а именно значение коэффициента внутреннего трения f , который обуславливает угол критической поверхности при разрушении срезом в железобетонных конструкциях, армированных сетками, при центральном сжатии. Полученные теоретические зависимости могут быть описаны достаточно точно кривыми второго порядка.

1.Гринева Н.В., Мандриченко Е.Е. Значение альтернативных кривых при формировании теории прочности Мора применительно к хрупким материалам // Коммунальное хозяйство городов: Науч.-техн. сб. Вып.84. – К.: Техніка, 2008. – С.53-59.

2.Берг О.Я. Физические основы теории прочности бетона и железобетона. – М.: Гостройиздат, 1962. – 95 с.

3.Веригин К.П. Сопротивление бетона разрушению при одноосном и двухосном напряженном состоянии // Структура, прочность и деформации бетонов. – М.: Стройиздат, 1986. – С.95-108.

4.Давыдов Н.Ф., Донченко О.М. Экспериментально-теоретическое исследование сопротивления бетона при внецентренном и местном сжатии // Железобетонные конструкции. – Харьков, 1974. – №1 (30). – С.59-79.

5.Залигер Р. Железобетон, его расчет и проектирование. – М.: Гостехиздат, 1927. – 291 с.

6.Столяров Я.В. Введение в теорию железобетона. – М.: Стройиздат, 1941. – 447 с.

7.Durand Claye. E'tude experimentable du ciment arme. 1949. – 249 s.

Получено 15.09.2009

УДК 621.983

М.М.МОРОЗ, канд. техн. наук

Кременчуцкий державний університет ім. Михайла Остроградського

ЗАГАЛЬНИЙ ПІДХІД ДО ОПТИМІЗАЦІЇ ТЕХНОЛОГІЇ ФОРМУВАННЯ МЕТАЛІЧНИХ ЛИСТОВИХ БУДІВЕЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ

Розглянуто технологічний процес розрізання листового металу як множини технологічних процесів, розподілену на підмножини. Запропоновано класифікацію технологічних процесів заготовчого виробництва та критерій оптимальності з метою пошуку оптимального технологічного процесу виробництва листових заготовок.

Рассмотрен технологический процесс разрезания листового металла как множества технологических процессов, разбитых на подмножества. Предложена классификация технологических процессов заготовочного производства и критерий оптимальности с целью поиска оптимального технологического процесса производства листовых заготовок.

The technological process of sheet metal cuttings as set of technological processes broken on a subset is considered. It is offered classification of technological processes manufacture preparation and criterion of an optimality with the search purpose of optimum technological process of sheet preparations manufacture.

Ключові слова: листовий будівельний матеріал, технологія формоутворення матеріалу, класифікація технологічних процесів заготівельного виробництва.

На будівельних підприємствах відсоток використання листового матеріалу, що використовується в сучасних технологіях виготовлення підвісних стель, облицювання, огорожі будівництва та ін., досить високий. Одна з основних операцій виготовлення листових заготовок – це вирізування. Тому розкрій металу на заготовки важливий з точки зору економії матеріальних і трудових ресурсів.

У промисловості використовуються методи термічного та механічного розрізання. Різноманітність цих методів при подібних технологічних можливостях значно ускладнює вибір найбільш раціонального й оптимального технологічного процесу. Для вибору оптимальної технології розрізання та оптимальних меж її використання спочатку необхідно розробити класифікатор розкрою листових матеріалів. Використовуємо підхід до класифікації, наведений у примірнику [1]. Нехай технологічний процес зображується функцією Y . Розіб'ємо множину технологічних процесів Y на три підмножини: заготівельно-обробляючі – Y_1 , монтажно-складальні – Y_2 , випробувально-регулюючі – Y_3 .

Кожна з цих множин складається з дрібніших. Наприклад, заготівельно-обробляючі – це формоутворення – Y_{11} , додання фізико-механічних властивостей Y_{12} , різання – Y_{13} . Технологічні процеси різання можна відобразити як: електрофізичні Y_{131} , електрохімічні Y_{132} , механічні Y_{133} , комбіновані Y_{134} .

У свою чергу електрофізичні (ЕФ): електроерозійний Y_{1311} , плазмовий Y_{1312} , електронно-променевиий Y_{1313} , лазерний Y_{1314} , ультразвуковий Y_{1315} . Ці методи використовують енергію електромагнітного поля, яка перетворюється у зоні обробки у теплову, плавлення і випаровування.

Комбіновані методи з'єднують електрофізикохімічні: абразивно-електрохімічні Y_{1341} , ультразвуковий-електрохімічний Y_{1342} , плазмово-механічний Y_{1343} , алмазно-ерозійний Y_{1344} .

Механічні методи: чистове вирізування Y_{1331} , відрізування гумою та поліуретаном Y_{1332} , поелементне штампування Y_{1333} , комплексне штампування Y_{1334} та ін.

Матеріал, що оброблюється, характеризуємо дискретною функцією M_i ($i=1,2,3...$): M_1 – достатньо-пластичні матеріали ($\delta \geq 2,0 \div 3\%$, HRC

35-38, $\sigma_b \leq 1000 \text{ Н/мм}^2$); M_2 – малопластичні матеріали ($\delta \leq 1 \pm 2\%$), а також волокнисті (шкіра, фетр тощо), M_3 – матеріали особливо високої твердості ($\text{HRC} > 40$); M_4 – матеріали, для обробки яких потрібні спеціальні термічні режими.

Конструктивні параметри деталі класифікуємо відповідно до класифікатора ЄСКД, який включає повний перелік деталей не тіла обертавання; площинні; зігнутих з листа; штаби та стрічки тощо.

Форми та розміри лімітуючих елементів плоских листових деталей характеризуємо функціями з метою: кутовий виступ або западина без закруглення – α ; кутовий виступ або западина з закругленням – R ; виступ або западини з паралельними сторонами; перемичка – a , в отворі; для круглих отворів – d , для некруглих отворів e , d , c (d – діаметр отвору; розмір контуру L , B (де L – розмір, що оформлюється, B – довжина, якою формується цей розмір). Взаєморозташування отворів та контуру Δl – відстань між центрами отворів або від краю деталі до центру отвору Δl); допуски на розмір контуру – Δ , погрішності форми профілів після роздільних операцій β ; ширини різу – γ ; чистоти поверхні; t – товщина заготовки.

Технологічний процес отримання конкретної листової деталі записується наступним чином: $Y_{131-4,1-5}$, M_i , 74XXXX, α , R , a , b , l , d , c , L , B , Δl , Δ , β , γ , t , R_z .

Використання цієї методики будівництва класифікатора дає можливість також відшукати оптимальний технологічний процес при наданих початкових та крайових умовах. Перш за все, для кожного конкретного підприємства треба виявити типи деталей та орієнтовані методи їх виготовлення. Після цього переходимо до аналізу конструктивних характеристик деталей, що відносяться до даного способу обробки. Необхідно виявити конструктивні елементи деталей утруднені або зовсім не здійснювані вибраними способами та засобами розрізання. Це в значній мірі звужить пошук оптимальних меж використання різноманітних способів розрізання.

Математизуємо процес пошуку оптимальних меж використання устаткування для термічного або механічного розрізання.

Припустимо, що кожній ознаці класифікатора ми записуємо безперервну функцію, яка відображає особливості технологічного процесу. Зробивши вибір такої функції, створюємо функціонал

$$T(Y, M, \alpha, R, \dots) \quad (1)$$

Вважаємо, що ознак класифікації – n . Якщо неможливо задати якусь функцію у вигляді неперервної, можна розглядати не n -мірну

множину технологічних процесів, а $(n-1)$ -мірну множину для кожного дискретного значення даної функції:

$$\begin{aligned} T(M, \alpha, K, \dots) & \text{ при } X=X_1; \\ T(Y, \alpha, K, \dots) & \text{ при } X=X_2 \text{ і т.д.} \end{aligned}$$

При більш простому варіанті відшукування функціональне значення кожної функції задається на дискретній множині. Причому чисельні значення задаються таким чином, щоб урахувати ступінь оптимальності за даним значенням функції. Дискретна множина значень параметрів процесу поділяється на групи, кожна з яких характеризується сукупністю числових коефіцієнтів p_i^j , які враховують параметри процесу. Параметрами можуть бути: оброблюваність матеріалів, шорсткість, точність, середня питома продуктивність, середня питома витрата енергії тощо. При цьому виконується умова

$$\sum_{i=1}^n p_i^j = 1.$$

Можна стверджувати, що процес T_i буде оптимальним за n -параметрами, якщо множення усіх коефіцієнтів для нього буде мінімальним. Попередній пошук оптимального технологічного процесу включає наступні етапи:

1. Вибір на множині технологічних процесів конкретно заданого.
2. Виявлення основних параметрів деталей, що впливають на технологічний процес.
3. Вибір критеріїв оптимальності технологічного процесу.
4. Встановлення взаємного зв'язку між критеріями оптимальності та основними параметрами деталі.
5. Пошук екстремуму за сутністю критеріїв.
6. Виявлення оптимального технологічного процесу конкретної деталі.

На першому етапі для заданої деталі або класу деталей проводимо вибір зіставлених варіантів технологічного процесу розрізання. Основними характеристиками технологічного процесу будуть такі:

1. *Товщина деталі.* Цей параметр у великій мірі характеризує прийнятний спосіб вирізування, Наприклад, газолазерне вирізування припустимо використовувати для тонколистових металевих і немателевих матеріалів товщиною до 4 мм.
2. *Максимально припустима ширина різь.* Від неї залежить якість різь, економічність використання матеріалів, продуктивність процесу, припустимість використання вирізаних заготовок для виготовлення зварних конструкцій.

3. *Габарити деталі* (ширина, довжина або діаметр тощо). Ці параметри визначають вибір устаткування, обладнання та оснащення, засобів автоматизації, необхідність технологічного розчленування тощо.
4. *Матеріали деталі*. Параметр суттєво впливає на вибір методу вирізування та режими технологічного процесу.
5. *Якість поверхні різь*. Цей параметр, як і попередній, впливає на вибір методу та режими технологічного процесу. Також це відноситься до точності, яку забезпечує процес вирізання. Обмежимося цими характеристиками деталі або заготовки.

Критерії оптимальності технологічного процесу можуть бути різноманітними. Загальноприйнятим є економічний критерій (якщо є вільність вибору та схеми технологічного процесу).

Приймаємо за критерій оптимальності коефіцієнт технологічності P_i , що враховує складність і собівартість виготовлення деталі.

Перш за все, здійснюється етап вибору множини технологічних процесів, гарантуючих отримання конкретної деталі. Якщо обмежитися трьохвимірним простором з координатними t , M_i , LxB , то для конкретної плоскої деталі відповідає точка A° з координатами t_A° , M_{iA}° , LxB_A° . У координатній сітці t - M_i - LxB у точці A° відповідають технологічні процеси виготовлення конкретної деталі. Фіксуємо геометрію деталі та її матеріал, визначаємо крайові точки поверхні t_{\max} , t_{\min} , M_i , $(LxB)_{\max}$, $(LxB)_{\min}$.

Якщо характеристики деталі укладаються всередині областей, обмежуючих можливість виготовлення такого класу деталей, то їх виробництво прийнятими способами можливо здійснити. Якщо характеристики деталі не укладаються всередині області, необхідно поширювати область, зсувати межі додатковими заходами. Для цього можна використовувати, наприклад, термічну обробку, застосування комбінованих методів вирізування та пробивання або нагрівання листового металу перед роздільними операціями.

Підібраний критерій технологічності P , функціонально залежний від основних параметрів, вибирають від залежності цього критерію P^I від середньої продуктивності; P^{II} – від середніх затрат енергії; P^{III} – шорсткості та точності; P^{IV} – товщини заготовки; P^V – типу устаткування, що використовується; P^{VI} коефіцієнту оброблюваності матеріалу. Такі залежності наведено у примірниках [1-4]. Таким чином, для характеристик конкретної деталі обчислюємо параметри технологічного процесу. Порівняльний аналіз отриманих величин дає можливість вибрати метод вирізування і розрахувати коефіцієнти P_i , оптимальним технологічним процесом буде такий, у якого критерій технологічності:

$$P = P_i \cdot P^I \cdot H^II \cdot P^{III} \cdot P^{IV} \cdot P^V \cdot P^{VI} .$$

Пошук екстремуму виконується послідовним наближенням, кожний наступний критерій технологічності P порівнюється зі значенням критерію на попередньому кроці наближенням, якщо $P_{i+1} < P_i$ виконуємо коректування параметрів технологічного процесу. Якщо $P_{i+1} > P_i$, то P_i відповідає шуканому технологічному процесу. Це дає змогу знайти не тільки оптимальний технологічний процес виготовлення конкретної деталі або класу деталей та скоректувати конструкцію деталі у випадку неможливості та недоцільності її виготовлення діючими методами. При цьому можна зафіксувати ряд найбільш важливих параметрів, наприклад, товщина, матеріал та габарити заготовки.

Такий підхід до класифікації технологічних процесів заготівельного виробництва дає можливість вирішити задачу вибору оптимального процесу вирізування. Для визначення оптимальних меж використання термічних методів вирізування серед порівняних оптимальних технологічних процесів можна застосовувати методи лінійного програмування.

1. Рыжов Э.В., Аверченко В.И. Оптимизация технологических процессов механической обработки / Отв. ред. А.П.Гавриш. – К.: Наук. думка, 1989. – 192 с.

2. Горбунов М.Н. Технология заготовительно-штамповочного производства. – М.: Машиностроение, 1978. – 462 с.

3. Исаченков Е.И. Штамповка резиной и жидкостью. – М.: Машиностроение, 1967. – 367 с.

4. Абибов А.Л., Бирноков Н.М., Бойцов В.В. и др. Технология самолетостроения. – М.: Машиностроение, 1970. – 499 с.

Отримано 08.09.2009

УДК 691.263.5 : 628.4.038

С.В.ШАПОВАЛ, канд. техн. наук, М.А.ДОЛГИЙ

Харьковская национальная академия городского хозяйства

ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ ГИПСА ИЗ ОТХОДОВ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Рассматривается способ утилизации промышленных отходов, проводится сравнение химического и механохимического способов переработки, приведена технологическая схема получения гипсового вяжущего из шлама химической водоподготовки ТЭЦ.

Розглядається спосіб утилізації промислових відходів, проводиться порівняння хімічного та механохімічного способів переробки, приведена технологічна схема отримання гіпсового в'язучого з шламу хімічної водопідготовки ТЕЦ.

The way of industrial wastes recycling is considered, chemical and mechanical-chemical ways of processing are compares, the technological scheme of getting plaster knitting from mixture of chemical water preparation of thermal power station is given.