

Характеристика витяжних операцій

Порожні деталі виходячи з форми і технологічних особливостей листового штампування можна розділити на кілька основних груп:

- 1) деталі, що мають форму тіла обертання;
- 2) деталі коробчатої форми;
- 3) деталі складної форми.

До першої групи входять деталі, що мають форму циліндричну, ступінчасту, конічну, криволінійну, а також деталі з місцевим розширенням (випинання) або звуженням. Деталі цієї групи можуть бути з фланцем або без фланця, з плоским або з фасонним дном. На рис. 66, а-д наведено кілька прикладів подібних деталей.

Деталі коробчатої форми можуть мати квадратні, прямокутні, криволінійні бічні стінки з фланцем або без фланця; дно у них може бути плоске або фасонне (рис. 66, е-з).

Деталі усталеною нормою можуть бути полусімметричні, що мають тільки одну площину симетрії (корпус і дах кабіни автомобіля, рис. 66, і), і несиметричні (крило автомобіля, рис. 66, к).

Залежно від форми деталі заготовка піддається або витяжці, або витяжці в поєднанні з формуванням, гнучкою і обтиском або з відбортовкою.

За характером деформації розрізняють: 1) витяжку без стоншення стінок; 2) витяжку з утоненням (протяжка).

Стр. 159

У першому випадку витяжка відбувається без заздалегідь зумовленого зміни товщини матеріалу стінок виробів; у другому ж випадку процес витяжки здійснюється за рахунок зміни поперечного перерізу - зменшення діаметру і товщини стінок виробів.

Витяжка без стоншення стінок є найбільш поширеним способом виготовлення різних деталей; витяжка ж з утоненням застосовується головним чином при штампуванні радіаторних трубок, сильфонів, гільз, кришок до авторучок і автокарандаш.

Витяжку виробляють на кривошипних пресах подвійного і потрійного дії, кулісних пресах подвійної дії з рухомим нижнім столом, кривошипних пресах простого дії (одноходових) з пневматичним або гідропневматичним пристроєм (подушкою), а також на гідравлічних пресах простого і подвійного дії.

Особливу групу складають операції обтягування - отримання порожнистих деталей криволінійної форми шляхом розтягування матеріалу і обтягування його навколо спеціального обтяжних шаблону (бовдура). Процес обтягування застосовується при штампуванні деталей великих розмірів, що мають невелику глибину і плавну кривизну в двох взаємно перпендикулярних перетинах (рис. 66, л). Обтягування проводиться на спеціальних обтяжних гідравлічних пресах.

Основним робочим інструментом для витяжки (рис. 67, а) є матриця або витяжний кільце 1 із закругленою верхньою кромкою а й циліндричний пуансон 2 із закругленою нижньою кромкою б. При опусканні пуансона 2 плоский кружок - заготовки 3 витягується, проштовхується пуансоном через матрицю і перетворюється в порожній циліндр 4 (рис. 67, а і в).

При витягуванні **гуртка** 3 діаметром D з листового матеріалу товщиною s в матрицю 1, що має менший діаметр d , по краю витягається ковпака можливе утворення складок (рис. 67, а). Це явище має місце внаслідок наявності в заготівлі - плоскому гуртку надлишкового матеріалу або так званих характеристичних (надлишкових) трикутників b, b_1, b_2, \dots, b_n (рис. 67, б), так як для освіти положо ковпака діаметром d і висотою h досить було б мати заготовку діаметром D , без заштрихованих ділянок. Наявність надлишкових трикутників призводить до необхідності витіснення і переміщення металу при витяжці.

Освіта складок викликається напружено-деформованим стан металу, що призводить при певних геометричних співвідношеннях до втрати стійкості заготовки (рис. 67, а).

СТР.161

Розрізняють два способи витяжки.

Перший спосіб-витяжка без притиску матеріалу з застосуванням простого витяжного штампа, що складається з матриці і пуансона (рис. 67, а і в). Цей спосіб застосовується для отримання неглибоких судин або виробів з товстою стінкою, коли складки майже не утворюються. На рис. 67, в показана схема другої операції витяжки без притиску.

Другий спосіб - витяжка з притиском матеріалу. У цьому випадку (рис. 68) крім пуансона 2 і матриці 1 застосовують ще притиск 3 або складкодержатель, який притискає фланець заготовки до матриці таким чином, що матеріал не має можливості утворити складки, а змушений переміщатися під тиском пуансона в радіальному напрямку.

На рис. 68, а показана схема першої операції витяжки з притиском з плоскою заготовки - гуртка; на рис. 68, б - другий операції витяжки з попередньо витягнутого ковпака.

СТР. 195

Глава 10

Визначення розмірів і форми заготовки при витяжці

Для визначення розмірів заготовки при витяжці виходять з основного закону обробки тиском: вага () і обсяг () матеріалу після витяжки - готового виробу. Правильний вибір форми і розмірів заготовки при витяжці дає можливість максимально підвищити коефіцієнт використання матеріалу і раціонально побудувати технологічний процес штампування.

§ 36. Методи визначення розмірів заготовки при витяжці порожнистих тіл обертання

Для визначення розмірів плоскої заготовки при витяжці порожнистих тіл існує п'ять методів.

Аналітичні методи: метод рівності поверхонь; метод рівності обсягів; метод рівності ваг.

Графічні методи: графо-аналітичний метод; графічний метод.

Розглянемо коротко кожен з цих методів.

Аналітичні методи

Метод рівності поверхонь. Цим методом можна користуватися лише при нормальному процесі витяжки без стоншення матеріалу, тобто при $s' = s$ (вважаючи, що середня товщина стінки s' дорівнює товщині заготовки s) і $F' = F$. Площа заготовки F уявляє собою площу заготовочного гуртка.

Стр. 196

Площа виробу F' в разі тонкого листового матеріалу (s до 1.5 мм) являє собою поверхню циліндра, нараховану по внутрішньому діаметру і зовнішньої висоті, або по назовні діаметру і по внутрішній висоті (включаючи площу дна). При порівняно товстому матеріалі поверхню циліндра повинна обчислюватися не по зовнішньому, а по середньому діаметру.

Розрахунок заготовки за методом рівності поверхонь найбільш поширений в листовому штампуванні.

Визначення діаметра заготовки при витяжці порожнистих тіл обертання простої форми. Розглянемо спосіб визначення розмірів заготовки при витяжці полого циліндра, у якого дно і стінки мають однакову товщину і умовно пов'язані під прямим кутом. Розглядається виріб можна уявити що складається з двох простих елементів: циліндра без дна і дна (рис. 88).

Як видно з рис. 88,

$$F' = F_d + F_{cp} = \frac{\pi d_{cp}^2}{4} + \pi d_{cp}(h + h') = F = \frac{\pi D^2}{4}, \quad (239)$$

Звідки

$$D = \sqrt{d_{cp}^2 + 4d_{cp}(h + h')} = \sqrt{d_{cp}^2 + 4d_{cp}H'}, \quad (230)$$

де h - внутрішня висота циліндра;

h' - припуск на підрізування краю стінки циліндра.

Якщо тіло складається з n простих поверхонь (F_1, F_2, \dots, F_n), то, користуючись цим методом, можна визначити діаметр заготовки із залежності

$$F = \frac{\pi D^2}{4} = F' = F_1 + F_2 + \dots + F_n = \sum_{i=1}^n F_i, \quad (231)$$

Стр.197

звідки

$$D^2 = \frac{4}{\pi} \sum_{i=1}^n F_i \text{ або } D = \sqrt{\frac{4}{\pi} \sum_{i=1}^n F_i} \quad (232)$$

Величина припуску на підрізування краю циліндра h' при витяжці без утонення може бути різною в залежності від роду товщини матеріалу, форми і висоти виробу, а також істотно змінюється в залежності від відносної висоти $R_{ц} = h / d$.

Для відносини h / d , що змінюються від 0,5 до 4,0, припуск h' визначають з наступних залежностей:

h в мм	h' в мм
10-50.....	1-4
50-100.....	2-6
100-200.....	3-10
200-300.....	5-12

При витяжці порожнистих циліндрів з фланцем, а також при багатоопераційної витяжці в стрічці, коли деталі також мають фланець, припуск на підрізування фланця а встановлюють залежно від товщини матеріалу s і від діаметра фланця d_{ϕ} або від відносної його величини ($R_{\phi} = \frac{d_{\phi}}{d}$) із залежності

$$a = a' a'' s. \quad (233)$$

Тут a' - коефіцієнт, який визначається з табл. 17;

a'' - коефіцієнт, що враховує припуск в залежності від діаметра фланця, що дорівнює:

d_{ϕ} в мм	a''
До 30.....	1,0
От 30 до 50.....	1,3
>>50>>100.....	1,8
>>100>>250.....	2,5

Стр. 198

Визначення діаметра заготовки при витяжці порожнистих тіл обертання довільної складної форми.

У давні випадку розмір заготовки найлегше визначити, користуючись відомим правилом, згідно з яким поверхня тіла обертання F' , утвореного кривою довільної форми $AB = L$ (рис. 89) при обертанні її навколо осі uu , визначається твором довжини окружності, описаної центром ваги s утворює кривої $2\pi x$, на довжину останньої L , тобто

$$F' = 2\pi xL. \quad (234)$$

Розглянемо випадок визначення розміру заготовки для циліндра, у якого дно і стінки бічної поверхні пов'язані з сферичної поверх (рис. 90). Це тіло можна розглядати як що складається з трьох елементів: циліндра (без дна), поверхні, утвореної обертанням закругленого ділянки навколо осі виробу, і дна.

Виходячи з умови рівності поверхонь і використовуючи позначення і геометричні співвідношення, приведенні на рис. 90, можна написати

$$F' = F_D + F_6 + F_{сф} = \frac{\pi d_0^2}{4} + d_{ср}(h_0 + h') + \frac{2\pi r_{ср} d_{ср} + d_0}{4} \pi = F = \frac{\pi D^2}{4} \quad (235)$$

СТР.199

Звідки

$$D = \sqrt{d_0^2 + 4d_{ср}(h_0 + h') + \pi r_{ср}(d_{ср} + d_0)}. \quad (236)$$

Вираз для сферичної поверхні F наближене, але для практичних цілей цілком прийнятно.

Якщо при підрахунку F центр ваги дуги сферичної частини тіла визначити більш точно, то діаметр заготовки знайдеться з виразу

$$D = \sqrt{d_0^2 + 4d_{ср}(h_0 + h') + 2\pi r_{ср} d_0 + 8r_{ср}^2} \quad (237)$$

Однак це уточнення не перевищує 1-2%.

Метод рівності обсягів. Цим методом доводиться користуватися при витяжці з утоненням матеріалу, коли товщина бічних стінок відрізняється від товщини дна і вихідної заготовки, так як при $s' \neq s$ і $F' \neq F$.

При витяжці полого циліндра, у якого дно і бічні стінки мають різну товщину і умовно пов'язані під прямим кутом (рис. 88, при $s' < s$), виходячи з умови рівності обсягів $V' = V$, маємо

$$V' = V_D + V_6 = \frac{\pi d_{ср}^2}{4} s + \pi d_{ср}(h + h')s' = V = \frac{\pi D^2}{4} s \quad (238)$$

звідки

$$D = \sqrt{d_{cp}^2 + 4d_{cp}(h + h') \frac{s}{s'}} \quad (239)$$

Аналогічним чином проводиться визначення розміру заготовки, коли дно і бічні стінки циліндра мають різну товщину і пов'язані з сферичної поверхні.

Величина відходів при обрізку витягнутих порожнистих циліндрів з утоненням стінок залежить від роду і товщини матеріалу, числа операцій і відносної висоти h / d . Орієнтовно можна вважати, що при ставленні h / d , що змінюється від 2 до 10, відходів становить від 8 до 12% обсягу деталі, при великих відносинах - від 12 до 15%.

Розміри заготовки для витяжки полого тіла обертання, утвореного із довільного числа простих обсягів (V_1, V_2, \dots, V_n), визначається з рівнянь

$$V = \frac{\pi D^2}{4} s = V' = V_1 + V_2 + V_3 + \dots + V_n = \sum_{i=1}^n V_i \quad (240)$$

СТР. 200

звідки

$$D^2 = \frac{4}{\pi s} \sum_{i=1}^n V_i \quad \text{або} \quad D = \sqrt{\frac{4}{\pi s} \sum_{i=1}^n V_i} \quad (241)$$

Метод рівності ваг.

При наявності готового зразка виробу простіше визначити діаметр заготовки з умови рівності ваг, а саме:

$$G' = G = V \gamma = \frac{\pi D^2}{4} s \gamma \quad (242)$$

звідки

$$D = \sqrt{\frac{4G'}{\pi s \gamma}} = \sqrt{\frac{1.28G'}{s \gamma}} = 1.1284 \sqrt{\frac{G' s}{s \gamma}} \quad (243)$$

де D - діаметр заготовки в см;

s - товщина матеріалу в см;

G' - вага виробу в г;

γ - питома вага в $\text{г} / \text{см}^3$.

На практиці для складних порожнистих тіл обертання ці методи часто не застосовуються, так як рішення складних рівнянь досить важко і вимагає витрати значного часу. У подібних випадках краще користуватися графо-аналітичним або графічним методом визначення розмірів заготовки.

§37. Визначення розмірів і форми заготовки при витяжці квадрат, прямокутних коробок і деталей складної конфігурації

При витяжці виробів прямокутного обриси заготівля також має форму прямокутника зі зрізаними по кривій кутами або в деяких випадках при витяжці високих коробок форму еліпса або овалу. Для знаходження форми і розмірів заготовки тут користуються графо-аналітичним методом, виходячи з таких основних положень.

1. Площа заготовки повинна бути дорівнює поверхні відштампованої деталі з урахуванням також припуску на підрізування крайок.

2. Отримання в результаті підрахунку і графічної побудови переривчастий контур заготовки повинен бути відкоректований таким чином, щоб заготовка мала плавний контур без різких переходів, причому прибавляемі і зменшуємо для цього площі повинні бути рівні між собою. Надмірний надлишок металу в кутах коробки призводить до утворення складок, рванин і тріщин; при нестачі металу виходить неповна висота коробки в кутах, часто з виїмками у верхнього її краю.

Слід також враховувати, що при витяжці коробок, особливо високих, деякий обсяг металу переміщається з кутового ділянки на прямі їх стінки. Тому при визначенні розмірів і форми заготовки слід розрізняти низькі або високі коробки, без фланця або з фланцем, в залежності від чого методика розрахунку буде різна.

Низькими прямокутними коробками зазвичай вважають такі, які витягають за одну операцію (приблизно при $h = 0.3B$).

Найбільша висота їх h залежить від ширини коробки B , відносного радіуса заокруглення в кутах і у дна $\frac{r}{B}$ і від відносної товщини $\frac{s}{D}100$. Для м'якої сталі найбільша висота коробок без фланця, витягаються за одну операцію, приблизно становить:

$$h = 0.30 \div 0.55B \text{ при } r = 0.05 \div 0.10B$$

$$h = 0.70 \div 1.00B \text{ при } r = 0.20 \div 0.30 B$$

Менші значення відповідають $\frac{s}{D}100 = 0,1 \div 0,3$, а великі - $\frac{s}{D}100 = 1,5 \div 2,0$.

При визначенні розмірів і форми заготовки для витяжки подібних коробок можна вважати, що витяжка відбувається лише в кутах, а прямі бічні стінки просто відгинаються. Тому прямі бічні стінки розгортають, як при згинанні, а кути визначають, як при витяжці, і потім отриману ступенчатість контуру заготовки в кутах усувають, створюючи плавний їх перехід до прямих стінок.

При цьому розрізняють два випадки витяжки.

1. Коробка має закруглені кути, а сполучення бічних стінок з дном проводиться умовно під прямим кутом (рис. 93, а).

2. Коробка має закруглені кути і заокруглене сполучення стінок з дном (рис. 93, б). Контур дна має форму прямокутника або квадрата.

Для першого випадку діаметр заготовки для витяжки кутів визначають за формулою (230), а для другого - за формулами (236) і (237).

Контур заготовки (за способом Б.І.Звороно) можна побудувати в наступному порядку.

1. Визначають довжину відгинати частини L , включаючи закруглення у дна.

2. Знаходять центр ділянки тіла обертання O і через нього проводять взаємно перпендикулярні прямі Ob і Od , потім з центру O проводять дугу радіусом r_0 , що обмежує плоску частину дна тіла обертання, і дугу радіусом R_3 .

3. Проводять лінії, що обмежують прямолінійну частину заготовки, на відстані $L + r_0$ від центру O .

4. Відрізки ab і cd ділять навпіл і проводять дотичні до кола.

5. Кути між дотичними і прямими стінками заокруглені радіусом R_3 .

Отриманий контур (показаний на рис. 93, б жирною лінією) і являє собою контур заготовки для одного кута.

При такій побудові, як це видно з рис. 93, прибавляемая площа (+ f) дорівнює збавляти площі (-f) і, крім того, тут соблюжається умова плавності переходів в кутах заготовки.

Для квадратної коробки з закругленими кутами наближений розмір (діаметр) заготовки визначають із залежності $R_3 = \frac{B}{2} + h$, описуючи коло радіуса R з середини квадрата плоского дна виробу.

Процес витяжки високих прямокутних і квадратних коробок, одержуваних за кілька послідовних операцій, є більш складним, ніж витяжки низьких коробок, так як в ньому беруть участь не тільки кути, а й бічні стінки і тому схема перерозподілу металу буде інша.

Заготівлею при витяжці високих квадратних коробок ($h \geq 0.6 B$) буде коло (рис. 94, а), діаметр якого визначається з рівності сумарної площі елементів готового виробу і площі заготовки за формулою

$$D_3 = 2R_3 = 2R_b = 2b \sqrt{\frac{1}{\pi} + \frac{4H}{\pi B} + \frac{R^2}{b^2}} = 2bN \quad (250)$$

Стр.206

Де

$$N = h + 0.57r \text{ та } R = \sqrt{2rh}.$$

На рис. 94, а відсікати від прямих стінок площа f_1 дорівнює що додається до розгортці кута закруглення площі f_2 ($f_3 \approx f_1$).

При витяжці високих прямокутних коробок ($h \geq 0.5B$) заготівля має овальну форму, контур якої можна побудувати двома радіусами R_a і R_b (рис. 94, б). Радіус R_b визначають за формулою (250), а R_a знаходять підбором з такого розрахунку, щоб дуга окружності, описуваної їм, проходила через точку С і сполучалася з колами радіуса R_b . На рис. 94, б також відсікає площа f_1 дорівнює що додається f_2 ($f_3 = f_4 = f_1$); а й b - розміри плоскої частини дна коробки.

На практиці форму заготовки дещо спрощують: беруть прямокутник зі зрізаними кутами і плавним їх заокруглення.

Для розрахунку числа операцій коефіцієнт витяжки визначають з "умовного" радіуса $R_y = R_b - 0.7b$.

У разі витяжки високих прямокутних коробок із співвідношенням сторін $A: B = 1,00 \div 1,15$ (наближаються до квадратних) заготівля може бути круглої. Для вузьких високих коробок форма заготовки виходить у вигляді ромба із закругленими радіусом R_a кутами.

При витяжці квадратних і прямокутних коробок з фланцем методика розрахунку і побудови форми заготовки така ж, як і для коробок без фланців, але значення H і R в подкоренного вираженні формулою (250) слід визначати з наступних залежностей:

$$H = h + 0.57(r + r_\phi) + l \quad (251)$$

$$R = \sqrt{2rh + 2(r + r_\phi)(l + 0.57r_\phi) + l^2}, \quad (252)$$

де r - радіус кутового заокруглення у дна коробки;

r_ϕ - радіус заокруглення у фланця;

L - ширина плоскої частини фланця.

Величину припуску на обрізку крайок у прямокутних коробок без фланців $h_{\text{сп}}$ так само, як і у циліндричних порожнистих тіл, приймають головним чином в залежності від відносної висоти $\frac{h}{r}$ (тут h - висота виробу за кресленням): при $\frac{h}{r} = 3 \div 25$ $h_{\text{сп}} = (0.03 \div 0.06) h$; при $\frac{h}{r} = 25 \div 100$ $h_{\text{сп}} = (0.06 \div 0.10) h$.

Припуск на обрізку прямокутних коробок з фланцем беруть приблизно в межах 3-6% від поверхні витягається виробу.

Спосіб визначення розмірів і форми заготовки для деталей з будь-яким обрисом в плані полягає в розбивці його на ряд простих елементів, графічному визначенні розгортки і розмірів заготовки для цих елементів, побудові на цій підставі загальної заготівлі і плавному заокругленні її кутів з тим розрахунком, щоб площі збавляти і додаються ділянок були однаковими [55; 84]. При витяжці деталей досить складної форми розміри заготовки визначають шляхом виготовлення зліпка готової деталі з грубої марлі, просоченої воском, товщиною 2-3 мм. Поступово розправляючи воскової зліпок, можна по ньому встановити як проміжні форми матриць витяжних штампів, так і форму плоскої заготовки, по якій виготовляють вирубний штамп.