

鋁合金加溫深壓延

江西省重工業廳編
洪都機械廠



江西人民出版社

內 容 介 紹

在这本书里，作者先概述了鋁合金加溫深压延的原理，然后結合实地試驗研討了实验裝置的設計与制造問題，詳細介紹了試驗过程，并作出了結論，指出了在操作中需要注意的問題。

为了使讀者更便于理解书的内容，书中并附有插图多幅。

鋁 合 金 加 溫 深 压 延

江西省重工业厅
洪都机械厂 編

*

江西人民出版社出版
(南昌市三緯路11号)

江西省书刊出版業營業許可証出字第一号)
江西新华印刷厂印刷 新华书店江西分店发行

*

书号: 01136

开本: 787×1092 1/32·印张: 11/16·字數:

1958年7月第一版

1958年7月第一版第一次印刷

印数: 1—580

統一书号: T 15110·20

定价:(10)一角二分

鋁合金加溫深壓延

江西省重工業廳 編
洪都機械廠

江西人民出版社

前 言

本室研究了为数不多的有关加溫压延的資料后，进行了加溫压延試驗，作为掌握这种技术的初步嘗試。試驗的目的在于：掌握模具設計的技术要求，便于在生產中应用的加溫及控制溫度的方法，以及加溫压延的适用条件，为我厂將來制造新產品作好技术准备。

加溫压延通常可用三种方法：在加溫模具上压延，在加热爐里預热而在冷模上压延，在加热爐里預热并在加热模具（保温作用）上压延。鑑于目前飛機結構中深压延的另件多属薄片材料制成的，因此本試驗采用在加溫的模具上进行压延的方法。

因限于条件和时间，实验工作尚未全部完成，这里只就Д16АМ一种材料的实验結果，提出初步报告。

目 录

前 言

- 一、原理概述..... (4)
- 二、实验装置的设计与制造..... (6)
- 三、试验工作及结论..... (12)
- 四、需要研究的几个问题..... (14)

一、原理概述

加溫壓延是在壓延過程中，對毛料凸緣部分加溫使之獲得較高的塑性，降低其變形抗力；同時對壁部進行冷卻，以保持其相當的強度（圖1）。即使毛料產生小變形區（圖1B底部a）傳力區（圖1B·壁部B）與變形區（圖1B·凸緣B）之間的強度差，使壁部之拉應力小於凸緣部分材料之屈服點（ $\sigma_{\angle Bm}$ ），如圖1A所示，毛料在模具上預熱時，與凸模接觸處是冷卻的，因而在壓延開始時，筒件壁部與底部相接處的無應變剛區——危險斷面的強度，由於毛料凸緣部分 σ_m 的降低而相對的增加了。圖1B表明，在整個壓延過程中，加熱的模具使毛料凸緣保持不變的有利溫度，而整個壁部由於和凸模的接觸獲得迅速冷卻，致使壁部強度遠大於凸緣之變形抗力。結過延後了危險斷面的變薄，增大了材料的變形程度，即降低了材料的壓延係數 m （ a 試件外徑 B 毛料直徑）的值。

所以加溫壓延的效果，根本取決於材料的热塑性、毛料凸緣部分徑向溫度的分配及壁部的冷卻情況。如果凸緣部分的溫度能使材料到達最高的塑性，材料從凹模圓角處起至整個壁部能獲得迅速的冷卻，便可獲得真正的加熱壓延的極限壓延比。

根據實驗工作所提供的資料，毛料的溫度利用加熱模具

的接觸導熱作用可以獲得（圖1）。

二、實驗裝置的設計與製造

模 具

試件為筒形件，外徑 $d = 50$ 公厘，材料為厚 1 公厘之 Л16AH 鋁料。

加溫壓延的應力狀態和變形情況和冷壓延基本上是相同的，因而模具的構造也相同。實驗用模具（圖2）的各部分的設計及製造說明如下：

（1）陰模（圖3）。陰模由陰模板1及座子2組成。陰模板材料為X12，厚10MM，孔徑尺寸為 $d_M = 50\text{MM}$ ，工作表面鍍鉻0.03MM。座子為炭鋼y8A，座子內安裝加溫器3。

陰模圓角半徑 r_M 按下式決定：

$$r_M = \Pi \sqrt{(D - d_M) S (5.8)}$$

S ——材料厚度；

d_M ——陽模直徑；

Π ——根據材料厚度決定；

$S = 0.8 \text{——} 1.0$ $\Pi = 0.6 \text{——} 0.8$

$S = 1.0 \text{——} 1.5$ $\Pi = 0.8 \text{——} 1.0$

$S = 1.5 \text{——} 2.0$ $\Pi = 1.0 \text{——} 1.2$

$S = 2.0 \text{——} 3.0$ $\Pi = 1.2 \text{——} 1.4$

本設計採用 $r_M = 6\text{MM}$ 。

2.陽模。陽模材料為y8A，根據間隙及試件材料的負公差

确定外徑为 $d_{II}=57.8\text{MM}$ 。陽模內部挖空，引入流动的冷水，以資冷却。为使尽量减小壁厚以提高冷却效果，同时又保証陽模有足够的縱向穩定性起見，陽模壁部的厚度可不相等，上面工作部分壁厚 5MM ，下部为 8MM （圖 2）。

陽模圓角半徑 $r_n = (0.6—1.0) r_m (5)$ 。本設計取 $r_n = r_m = 6\text{MM}$ 。

模具單边間隙按下式确定：

$$x = s + x (5)$$

s ——材料厚度；

x ——根据材料厚度按表 1 选择：

表 I

模具加热溫度	α	模具加热溫度	α
100	1.00104	300	1.00319
150	1.00164	350	1.00383
200	1.00215	400	1.00439
250	1.00349		

本設計采用 $x = 0.15$

設計模具間隙时，必須考慮模具与另件的不同热膨脹，热膨脹的值按下式計算：

$$L = \alpha I (5)$$

α ——对于模具及鋁合金不同的膨脹程度的修正系数。

对于鋼和生鉄 α 值可按表 2 决定：

表 II

压延次序	材 料 厚 度 MM					
	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0
第一次压延	0.1—	0.15—	0.25—	0.30—	0.35—	0.40—
	0.15	0.25	0.30	0.35	0.40	0.45
第二次及以后各次压延	0.10—	0.12—	0.20—	0.25—	0.30—	0.35—
	0.12	0.20	0.25	0.30	0.35	0.40

計算結果，所設計的模具在最高工作溫度時的單邊間隙為 $x = s + \delta = 1.2\text{MM}$ 。

3. 压边圈 (圖 5)。压边圈由加溫板 1 及座子 2 組成。加溫板材料為 X12，工作表面鍍鉻 0.03MM。座子為炭鋼 y8A，座子內孔安裝加溫器 3。加溫板內孔直徑為 $\Phi 50$ ——0.2，以便與凸模配合作為整個模具裝置的下面部分的導向機構。本附件除作為壓緊毛料凸緣及對凸緣導熱而外，尚作為脫件裝置，因而 $\Phi 50$ ——0.2 孔洞在工作面應保留稜角。

4. 支座。支座用生鐵鑄造，作固定陰模之用，旁邊開窗口，以取出從陽模上脫出的試件。

5. 滾動座與托盤。滾動座作固定压边圈之用，放在裝有彈子的托盤上，托盤支持於冷氣作動筒之活塞桿上。當作動筒氣壓不均時，托盤可以自動調節，使压边圈與陰模保持平衡。

6. 墊板。支承並固定陽模於壓床台面上。

由於陰模板、加溫板厚度小，與座子連接不便打銷子，因此必須採用與座子松壓配合的定位連接螺釘，並且這些螺釘的位置要規定嚴格的公差。所有陰模及压边圈上使用的螺釘

都用高速鋼p18制成，因為普通銅螺釘在加熱時都會有明顯的伸長並且使用後不易松脫

陰模洞口的下部要有圓角，實驗證明，壓延中不可能利用這裡的稜邊從陽模上脫出試件，並且它會把試件壁上部邊緣刮破，留下明顯印痕。

加 溫 器

試用過矽炭棒和鎳鉻絲兩種電阻材料的加熱器。

在設計模具總圖時，根據陰模板及加熱板加熱到400°C的要求，按陰模和壓邊圈本身重量、散熱條件，近似的計算加熱器的功率為4瓩。計算方法如下：

模具需用功率（瓦） $N = N_I + Q_c + Q_r$

模具本身吸受功率（瓦） $N_I = \frac{W}{t}$

$$W = Cm \Delta t$$

對流損失之功率（瓦） Q_c 按Langmuir公式計算：

$$Q_c = S \frac{f}{d} (\Phi_2 - \Phi_1)$$

輻射損失之功率 Q_r （瓦）按S Stefan-BoLtzmann公式計算：

$$Q_r = 5.76ES \left[\left(\frac{T_2}{1,000} \right)^4 - \left(\frac{T_1}{1,000} \right)^4 \right]$$

f —表面形狀因子；

d —與表面接觸之氣體薄膜之厚度（公分）；

Φ_2 —與表面接觸之氣體在表面溫度下的熱傳導因子

(瓦/公分²);

Φ_1 —与表面接触之气体在本身具有的温度下的热传导因子 (瓦/公分²);

E —辐射率, 因辐射表面性质之不同而异;

S —辐射面积 (公分²);

T_2 —辐射体之表面温度K;

T_1 —辐射体周围环境温度OK。

根据功率确定加温的方式, 进行加温器的尺寸计算, 确定加温器需要的容积, 然后校核所定阴模及压边圈之尺寸。如果阴模及压边圈尺寸小了, 座子槽腔容纳不了加温器。根据机床条件可将阴模及压边圈之径向及高度的尺寸适当放大。

现将两种加温器分别说明于下:

1. 矽炭棒加温器 (图 5)

矽炭棒直径为 $\Phi 7\text{MM}$ 。阴模及压边圈各 6 根, 共 12 根。

并联连接计算方法如下:

选定使用电压 25 伏, 以保证安全工作。

$$V = 25 \text{ 伏}$$

$$\text{每根矽炭棒的功率 } NCm = \frac{u^2}{R}$$

$$\text{每根矽炭棒的电阻 } RCm = \frac{\rho t LCm}{S}$$

$$\text{电阻棒的直径 (公厘) } dCm = \sqrt{\frac{4 \cdot 10^5 \cdot N^2 C_m \cdot t}{\pi^2 V \rho^2}}$$

$$\text{矽炭棒的长度 } cm = \frac{NCm \cdot 10^2}{V \rho d}$$

$$\text{总电阻 } R = \frac{r}{n} \quad r = \frac{n u^2}{N \cdot 10^3}$$

ρt — $t^\circ\text{C}$ 时的比电阻 (欧姆·公厘 2/公尺);

V—單位表面負荷（瓦/公分²）；

n—碲碳棒數目；

N—模具需用功率。

如（圖3）將碲碳棒3兩端用鎳鉻片夾子6及鎳鉻螺釘7固定于紫銅箍4及座子2上，擰緊螺釘使之接觸良好。紫銅箍、碲碳棒座子到耳片5構成電路，通電后碲碳阻發生高熱，利用熱的輻射使加溫板1溫度升高。為避免紫銅箍松脫，用四只螺釘12將紫銅箍固定于座子上，并用云母墊圈使螺釘與紫銅箍絕緣。

曾用過這種方法：在座子及紫銅箍上鑽 $\Phi 7\text{mm}$ 孔，將碲碳棒插入孔中，（圖4）并用紫銅箍上的調節螺釘壓緊。這種做法結果失敗，因為這樣不但接觸不良，溫度達不到要求，且碲碳棒易于折斷。也曾用过銅皮、不銹鋼皮（R1T）做夾子，用銅螺釘擰緊，結果夾子螺釘都燒壞了。

這種加溫的優點是：溫度高，可以用增減碲碳棒數量的辦法調節模具溫度。但這種加溫器存在着嚴重的缺點：由於碲碳棒兩端接觸處不可能沒有小間隙，因而不可避免的發生火花放電，結果使夾子與碳棒之間電阻加大，夾子與座子之間也有相同的情況發生，因而這種加溫器用不多久便有部分碳棒溫度劇烈下降。同時，電路兩級工作時不小心容易造成短路，產生爆烈火花，生產時不適用。

2. 電阻絲加溫器（圖3）

將總功率4瓦，分配到陰模及壓邊圈各2瓦，採用2路串聯，選用直徑 $d=1.626$ 公厘之鎳鉻絲X20H80，規定電壓60伏，鎳鉻絲總長6.1公尺。計算方法如下：

$$\text{电阻絲直徑 (公厘)} d = 3\sqrt{\frac{4 \times 10^8 \text{ ptN}^2}{\pi^2 r d^2}}$$

$$\text{电阻絲的長度 (公尺)} L = \frac{10^2 N}{\pi d r}$$

pt— $t^\circ\text{C}$ 时的比电阻 (欧姆公厘²/公尺)；

V—單位表面功率 (瓦/公分²)；

N—模具功率 (瓩)

將电阻絲按規範繞成外徑為 13公厘之螺旋，安置于火泥盤中，凹模板与火泥盤之間填以氧化鎂。氧化鎂在溫度 1000 $^\circ\text{C}$ 以下具有良好絕緣和導熱性能。

这种加溫器可以克服砂鐵棒加溫器的缺点，但所設計之火泥盤自制未成，因而采用了圖 6 所示的方法固定电阻。这种方法只能限于試驗，生產時是不能用的。

溫度測量与控制

模具要进行多种材料的压延試驗，因而模具必須能加热到各种材料的有利溫度；并且对每一种材料又必須在各种溫度下进行試驗，因而模具的溫度必須獲得較為准确的反映，并且必須有改变模具溫度的裝置。

在生產中虽然对于某一确定產品，模具要求的溫度是不变的，但由于模具的散热情况相当複雜，很难依靠計算使模具的平衡溫度等于所要求的有利溫度，而模具溫度偏高偏低，都会降低材料的变形程度。同时在設計中，功率計算常要求偏高，以保証在各种工作条件下有足够的溫度并增加电阻絲的使用寿命。因而溫度的自动控制便為設計和使用帶來

極大的方便。

實驗採用的溫度測量并自動控制的方法如圖 7 所示。

將鎳鉻——鉛熱電偶插入模具加熱板的特制孔內，通過控制儀表控制加熱板的溫度。假定毛料加熱到一定時間以後，便和加熱板的溫度一致，當毛料到達控制儀表上控制的溫度時，電源便自動斷開，反之，自動接上。

壓 邊 機 構

為便于調節壓邊力，使之適用於常數壓邊力和變數壓邊力，壓邊卷由四個冷氣作動筒控制。在冷氣道中安裝兩個調節器（圖 8）。普通調節開關（單向活門）用於調節常數壓邊力；變數壓邊力調節器，系利用彈簧控制針狀活門，裝于壓床台面上，由壓床上拖板隨行程調節彈簧壓力，藉以獲得隨行程改變的變數壓邊力。

冷 却 裝 置

為保證陽模溫度不超過 50——70°C，實驗時直接接上自來水管，使水循環流動注入陽模。為了保證冷卻水充滿模內，入水管內徑為 8 公厘，出水洞口徑為 7 公厘。

三、試驗工作及結論

實驗工作在蘇式 П——452 型 50 噸液壓床上進行，速度凭操作經驗控制在 15——20 公分/分內。

將控制儀表調節實驗用溫度後，將圖 8 所示開關 K 接通，

控制溫度到达后，將毛料放在陽模上，开通压床，將陰模压于毛料上，同时將压边圈上升，使与陽模齐平，加溫20——30秒鐘后即开始压延行程。压床反行程时，压力圈随压床上升，压边圈洞口稜边將試件从凸模上脫出，然后用手鉗从支座中取出試件。

1. 各种条件下的極限压延系数

在室溫下进行冷压延，極限压延系数为 $m=0.54$ ，修边后之高度为37公厘（圖9a）；

在有利溫度 325°C 下，用常数压边力，極限压延系数为 $m=0.37$ ，截去凸耳后之高度为81公厘（圖9b）；

在有利溫度 325°C 下，用变数压边力，極限压延系数为0.345，截去凸耳后之高度为94公厘（圖9b）。

圖9 各种極限压延系的試件 圖10修边前的試件

上述三种压延系数的試件，在修边以前的情形見圖10

2. 压 延 力

冷压延及热压延的常数压边力按下式計算。

$$Q = qF$$

冷压 $q = 18$ 公斤/公分² (5)

热压 $q = 4$ 公斤/公分²

各种压延系数相应的常数压边力的計算結果見圖11所示曲綫。

在加热状态下，变数压边力按 q 、 H 、 $1 - AHK$ H 所提供之曲綫（4）（圖12）

3. 材料变薄

試件測量結果：最大的变薄量为12%，变薄情况和冷压延一样，詳見圖13。

圖13試件变薄

4. 潤滑問題

潤滑对于試件表面質量有着重大影响，但在上述溫度下进行潤滑是有困难的。試用机油（80%）+石墨（20%）和肥皂水（80%）+石墨（20%）作潤滑剂，前者在压延中着火燃燒，留下積穢，嚴重的损坏了模具表面；后者石墨粉不能达到陰模圓角部分，加热了的毛料和陰模圓角干摩擦的結果，使陰模圓角部分留下很多毛料的結渣（註：从毛料上拉下來的金屬屑成条狀的粘在陰模圓角上），結果使試件表面產生嚴重的划痕。用純高溫汽缸油作潤滑剂，表面質量虽有改善，但亦易着火燃燒。有关資料介紹的其他潤滑剂限于条件，未能試用，潤滑問題的解决，尙待进一步試驗研究。

四、需要研究的几个問題

实验工作中的缺点

由于存在以下缺点，致使实验工作未臻完善：

1. 所用砷碲棒加溫器使用不变；
2. 所用压床，行程位置不能随意的准确控制，使操作复雜化；

3. 沒有專用儀器測量壓延力特別是壓邊力，因而不能提供這方面的可靠實驗數據；

4. 壓床速度。沒有機械控制，影響實驗條件的準確性；

5. 試驗表面光潔度不高，只有前幾個試件表面質量與冷壓延的相近，所有後面的試件，都有較嚴重的劃痕。

加溫壓延在生產中的應用問題

實驗證明：加溫壓延能夠極為有效的利用材料在加熱狀態下的塑性，增大材料的變形程度。如16AM在 325°C 的溫度下，用一道熱壓工序代替三道冷壓工序是完全可以的，特別是對低塑性的金屬及合金，這種壓制更有廣泛的前途。但應用這種工藝方法是要具備一定的條件的。

低塑性金屬及其合金的壓延件大批生產時，應採用專用壓床或雙動的低速沖床，在這種機床上應備有調節壓邊力，控制溫度和進行冷卻的裝置和儀表，這樣便可使一切複雜的裝置及設備在操作上獲得簡化，並使之具有通用性。在目前工廠生產的條件下，對於個別深度較大、平面形狀複雜的另件應用這種方法壓延也可獲得顯著效果的。但在使用中必須克服下列困難：

1. 配備有頂件裝置的液壓床，設計操作方便的壓邊機構，或改裝普通沖床使之降低速度，因速度高於10公分/分，另件壁部冷卻效果不高，致使加溫壓延的極限壓延系數大大提高。

2. 所用加溫器，通過模具的實際加溫試驗進行修改，使模具的平衡溫度在產品材料的有利溫度範圍內（如16AM有利溫度為 $320—340^{\circ}\text{C}$ ），不需用自動控制的儀表設備，這