

美国波音飞机公司设计手册

鍛件和挤压件

非破坏性檢驗

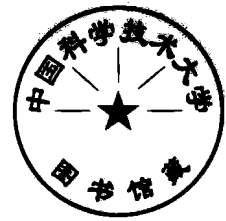


国外航空编辑部

1976.11

V.262-62
中国科学院图书馆

美国波音飞机公司设计手册
锻件和挤压件
非破坏性检验



国外航空科技专题资料
美国波音飞机公司设计手册
锻件和挤压件
非破坏性检验

*

国外航空编辑部
(北京市 1652 号信箱)

*

内部发行

1976 年 11 月 书号: (外) 072

目 录

锻 件 和 挤 压 件

10.1 锻 件	(1)
10.11 模锻件.....	(1)
10.111 模锻工艺	(1)
10.112 设计数据和定义	(3)
10.113 图纸附注	(9)
10.12 粗锻件.....	(14)
10.13 自由锻件.....	(14)
10.131 锻造毛料	(14)
10.132 圆饼形锻件	(14)
10.133 特殊形状的自由锻件	(15)
10.134 公差和加工余量	(15)
10.14 锻件的墩粗.....	(15)
10.141 墩粗材料	(16)
10.142 流动有控制的墩粗	(16)
10.143 自由流动墩粗	(16)
10.15 锻造环形件.....	(19)
10.151 材料	(19)
10.152 极限	(19)
10.153 机械性能	(21)
10.2 挤压件	(21)
10.21 挤压过程.....	(21)
10.22 特点.....	(21)
10.221 优点	(21)
10.222 局限性	(22)
10.23 可挤压的材料.....	(22)
10.231 轻合金	(22)
10.232 重合金	(22)
10.24 分类.....	(22)
10.25 设计准则.....	(23)
10.251 总则	(23)
10.252 形状的限制	(23)
10.253 尺寸的限制	(26)

10.254 公差	(29)
10.26 特殊挤压件	(31)
10.261 多阶实心型材	(31)
10.262 挤压件的结构应用	(33)
10.27 型材图纸和挤压件的要求	(33)
10.271 挤压型材图纸	(33)
10.272 挤压件图纸和标注方法	(34)
10.273 图纸检查项目	(34)
10.3 冲击挤压	(34)
10.31 应用	(35)
10.32 优点	(35)
10.33 可冲击挤压的材料	(35)
10.34 冲击挤压件设计	(35)
10.341 一般要求	(35)
10.342 公差	(37)
10.343 冲击挤压件的性能	(38)
10.344 特殊冲击挤压件	(38)
10.35 冲击挤压件的图纸标注方法	(38)

非 破 坏 性 试 验

20.1 引 言	(39)
20.2 检验参考资料	(39)
20.21 波音工艺规范	(39)
20.22 波音文件	(40)
20.23 军用规范	(40)
20.24 航空材料规范	(40)
20.3 需要根据图注要求进行检验的零件	(41)
20.31 一般零件	(41)
20.32 特殊零件	(41)
20.33 标准件(紧固件)	(43)
20.4 检验方法的特点、应用和标注方法	(43)
20.41 磁粉检验——BAC5424	(43)
20.42 渗透检验——BAC5423	(45)
20.43 超声检验——BAC5439	(46)
20.44 射线检验——BAC5915	(48)
20.45 硬度检验——BAC5946	(48)
20.46 涡流检验——BAC5963	(49)

第十章 锻件和挤压件

10.1 锻 件

A. 锻造是一种使预热金属通过冲击和静压作用而产生塑性变形以得到一定形状的加工方法。锻造能产生与零件外形相适应的流线。

B. 当锻件的数量大到足以抵消模具费用和有关开支时，就能通过锻造在生产上收得很大经济效果。在每种情况下，都应在锻铸小组的帮助下，进行成本估算和比较。

C. 早在设计的初期阶段，就应当谘询锻铸小组，以便取得帮助和指导，从而设计出工艺性良好的锻件来。

D. 取得其它资料的来源包括：

1. 美国金属协会出版的锻造手册。
2. 美国金属协会出版的金属手册。

10.11 模 锻 件

为获得最终零件形状，模锻件所需的机械加工量一般比自由锻件和棒材少。

优先采用模锻件而不采用自由锻件的缘故是模锻件能使固有的流线平行于表面（特别是在接近表面的部位），而且其纵轴与金属的最大流动方向一致。

模锻件可分为三类：开式模锻件、模锻件和封闭模锻件（无缝或无毛边锻件）。各种合金的开式模锻件和模锻件采用锤和压力机制造出。铝镁合金模锻件和封闭模锻件采用锻造压力机制造出。为了获得接近零件形状的锻件，需要完成下节所述多道连续锻造工序。然而这些工序本身也有可能就是最后一道工序。

由于模具成本关系，对于象原型机所需的少量零件，通常采用模锻件或封闭模锻件并不是经济合算的。必须根据费用情况来确定是采用模锻件还是封闭模锻件更合适一些。

10.111 模锻工艺

10.1111 开式模锻

这种锻造方法采用开式平砧。材料不受限制，流线顺外廓分布。成品零件需要经过全面加工。见图 10.1111-1。

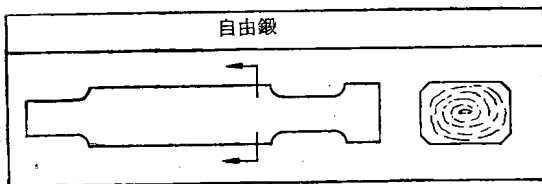


图10.1111-1

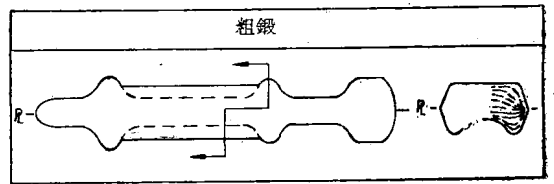


图10.1112-1

10.1112 模鍛

A. 粗鍛利用一套模具鍛造，腹板厚、內外圓角半徑大，模鍛斜度介于 $5^{\circ}\sim 7^{\circ}$ 。成品零件須經過全面機械加工。鍛件的重量約為機械加工後零件的4倍。見圖10.1112—1。

B. 普通鍛利用兩套模具鍛出，腹板厚、內、外圓角半徑大，模鍛斜度 $3^{\circ}\sim 5^{\circ}$ 。成品零件的加工表面占60~80%。鍛件的重量約為機械加工後的3倍。見圖10.1112—2。

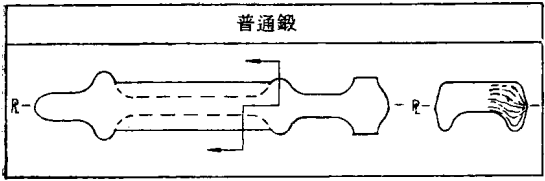


圖10.1112—2

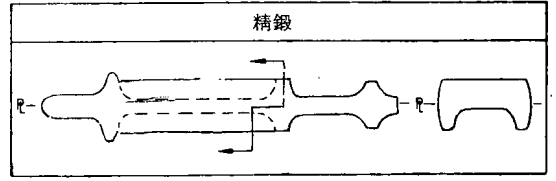


圖10.1112—3

C. 精鍛利用三套模具鍛出。腹板薄、內外圓角半徑小，模鍛斜度 $1\frac{1}{2}^{\circ}\sim 3^{\circ}$ 。成品零件的加工表面占10~60%。此類鍛件的重量約為機械加工後零件的1.75倍。見圖10-1112—3。

D. 無斜度模鍛需採用精密模具，僅限於用易鍛金屬鍛出。這種鍛件不需要大的圓角半徑，並幾乎不需要進行機械加工（即便需要機械加工的話，一般亦僅限於鉗孔工序）。因其模具費用較高，因此這種鍛造僅限於用在需減輕重量，流線末端外露最少和機械加工費用足以抵消模具費用的場合。無斜度模鍛件的重量約為機械加工後零件的1.2倍。見圖10.1112—4。

模鍛的固有弱點是毛邊線處流線不連續，如圖10.1112—5所示。為了與封閉模鍛工藝所獲得的流線相比較，請見圖10.1113—1。

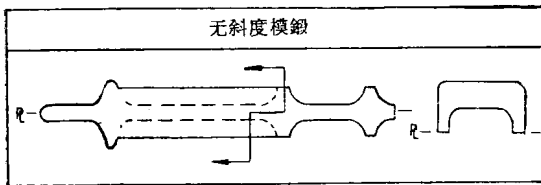


圖10.1112—4

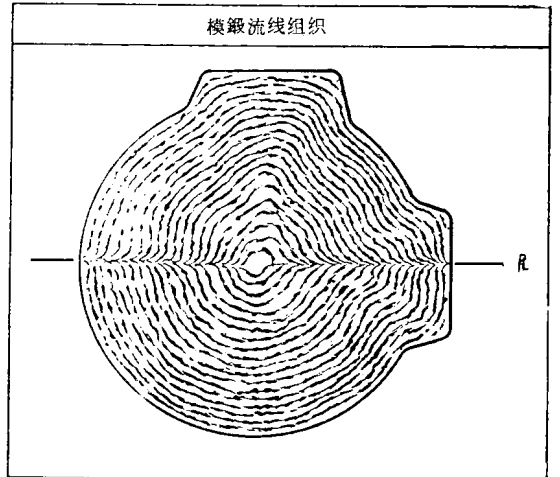


圖10.1112—5

10.1113 封閉模鍛

封閉模鍛時，材料在封閉模腔內成形，而不允許材料逸出，以形成毛邊。這種鍛造方法在縱向和周向都能產生出連續的流線，如圖10.1113—1所示。

下表列舉了封閉模鍛可以達到的各種最小鍛造參數值。*

模鍛斜度	$1^{\circ} \pm \frac{1}{2}^{\circ}$
外圓角半徑	3 ± 0.76 毫米
內圓角半徑	5 ± 0.76 毫米
外形半徑	5 ± 0.76 毫米
錯 移	最大0.127毫米
毛邊殘留量	0~3.2毫米
尺寸公差	$\pm 0.38 \sim 178$ 毫米
平 直 度	0.5 毫米 (总计指示读数)

▪ 下列諸節特殊注明者除外。



图10.1113—1

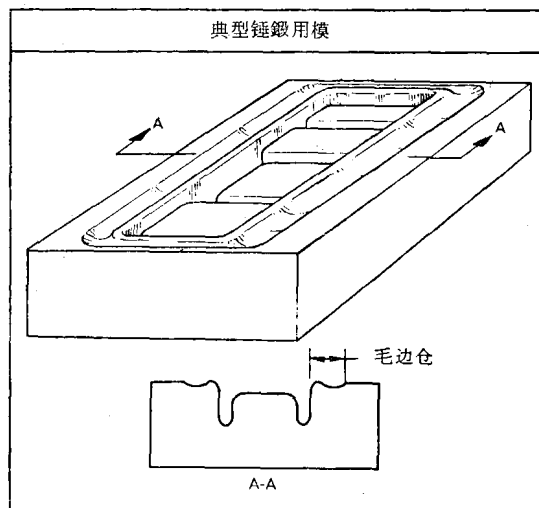


图10.11131—i

10.11131 模具结构

A. 模鍛用模具 在鋼模块中加工出模腔(指机械加工模具而言)。图10.1113—1示出具有终鍛模腔的典型锤鍛模。仅示出了下半模。

B. 无斜度鍛造用模 大多数无斜度鍛造用的模具由数个零件组装而成。对其各个组合零件分别进行机械加工, 然后组装一起, 以得到所需模腔。图10.11131—2示出一个典型的无斜度鍛造用模具。

10.112 设计数据和定义

下面所述是各种类型鍛件和合金所采用的主要设计极限和公差。对于大型或特殊形状鍛件, 在采用设计比例和公差上, 应询问鍛造工程师, 以便取得帮助。

图10.1121 模鍛斜度

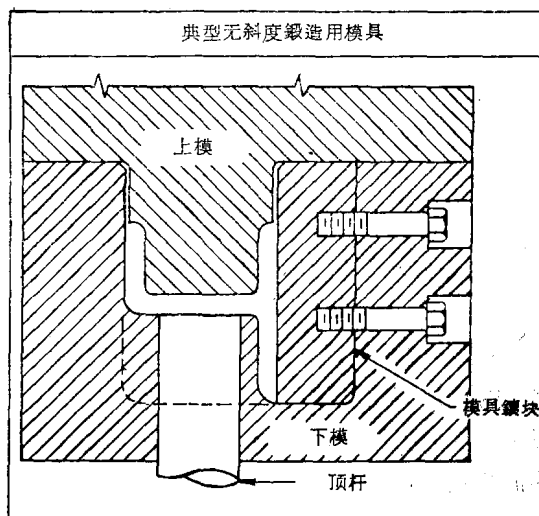


图10.11131—2

鍛造表面側邊的斜度称为模鍛斜度(单位以度数计)。模鍛斜度许可鍛件很容易从模具中取出。为了从模具中取出无斜度鍛件,需要采用顶杆。表10.1121-1示出模鍛件的荐用模鍛斜度。

荐 用 模 鍛 斜 度 ①								
鍛 造 材 料	須加工的肋或凸台		不 加 工 的 肋 或 凸 台				不 加 工 的 无 斜度模鍛件⑤	无 缝 鍛 件
	加工两面	仅加工一面	具有內表面的零件③		沒有內表面的零件③			
			普 通	特 殊②	普 通	特 殊②		
铝	±5°	3°	3°	1°	3°	1°	0°	1
镁	5°	3°	3°	3°	3°	3°	0°	—
钢	5°~7°④	5°	7°	5°	5°	3°	—	—
钛	7°~10°④	5°~7°④	7°	5°	5°	3°	—	—

① 所有模鍛斜度公差均为±1°。

② 选用前询问鍛造工程师。

③ 鍛件的內表面系指鍛件当它尚居于模具中时因冷缩作用而会使模具受到撞击作用的表面。对于用穿孔或反挤压之类冲击挤压方法生产的譬如圆筒类的鍛件,其內表面不需要带模鍛斜度。

④ 依鍛件的复杂程度而定。

⑤ 对于弧立的凸台或肋,只要其表面不是工艺点或不起特殊作用,可任选模鍛斜度(见下面附表)。

弧 立 凸 台 和 肋 的 任 选 模 鍛 斜 度		
鍛 件 长 度	小于635毫米	3°
	大于635毫米	5°

图10.1121-1

图10.1121-2示出在分模线附近不适于选用标准模鍛斜度时应如何采用模鍛斜度的方法。

10.1122 外圆角半径、內圆角半径和外形半径

外圆角半径出现在带模鍛斜度面的外切部位。內圆角半径出现在带模鍛斜度表面的內切部位。外形半径出现在与分模面相平行的平面的面相交部位。

大的圆角半径可改善零件的可鍛性,凡有可能应采用大的圆角半径。为了降低模具加工费用,凡有可能就应在鍛件上采用同一种內圆角半径、同一种外圆角半径和同一种外形半径。图10.1122-1、-2和-3所示圆角半径图

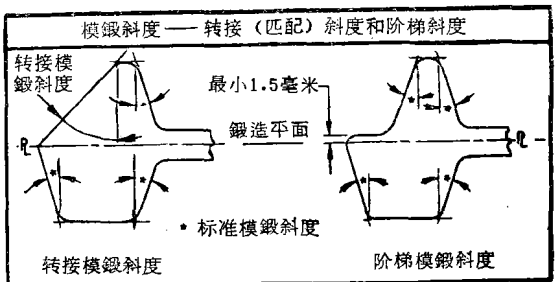


图10.1121-2

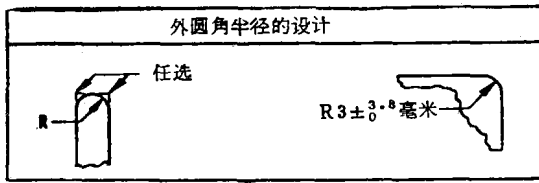


图10.1122-1

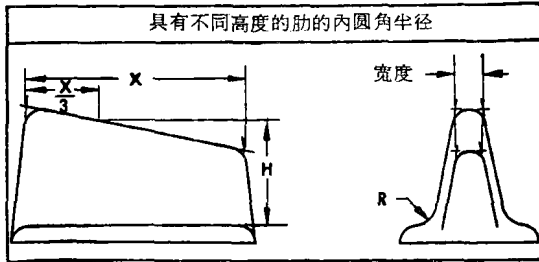


图10.1122-2

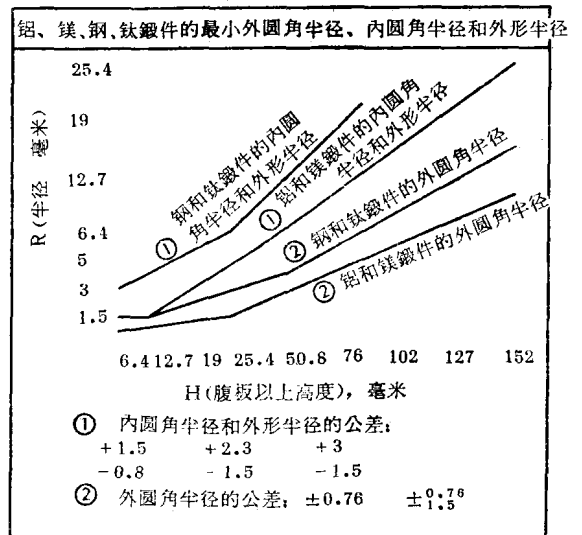


图10.1122-3

表是常用的最小圆角半径值。无斜度模锻件的外圆角半径可以任选，大一点或小一点都行。

10.1123 肋的比例

模锻件上肋的比例示于图10.1123-1中。

10.1124 腹板的比例

图10.1124-1表示模锻件腹板的最佳比例。当座标图中所给出的腹板厚度不适用时，可以采用冲孔腹板、锥度腹板和减压凸台。

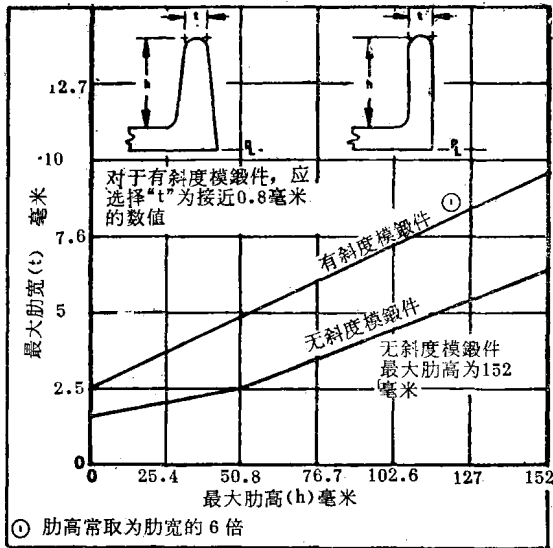


图10.1123-1

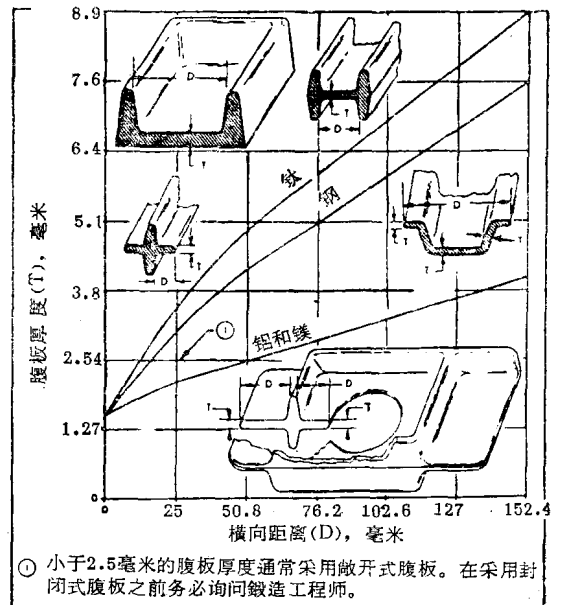


图10.1124-1

10.11241 腹板冲孔

当需有大而薄的腹板时，腹板冲孔(即通过冲掉不必要的材料的方法)可以减轻重量，并

改善可鍛造性。铝合金和钛合金不必切到厚截面去，因此必须在腹板和邻接的肋之间留下内圆角半径。在钢鍛件上，既可以将孔冲切到同相邻肋一样平，也可以在鍛件上留下内圆角半径。

为了增加刚度，冲孔部位可以带有凸起。在图纸上表示冲孔的方法如图 10.11241—1 所示。

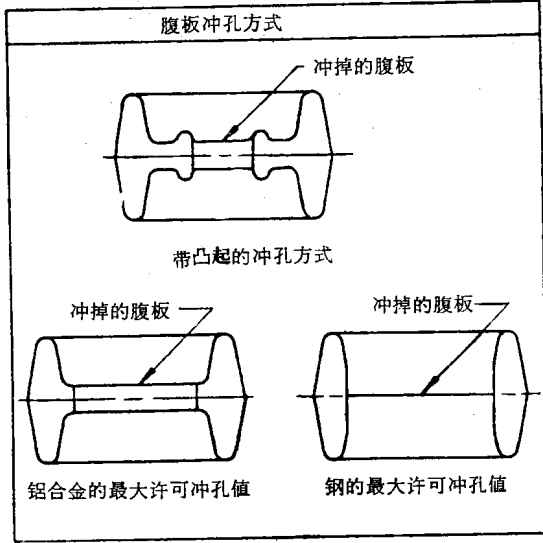


图10.11241—1

10.11242 固定用的凸台

需用机械加工方法减小腹板厚度的鍛件，

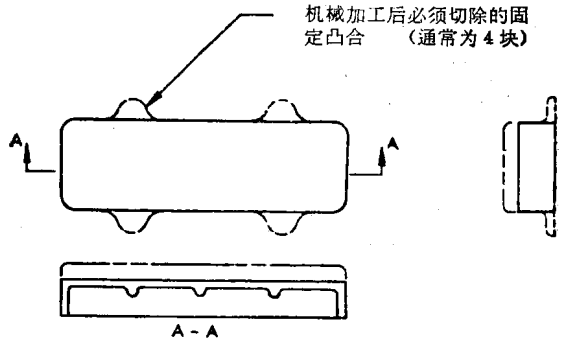


图10.11242—1

若其一侧平直而且没有任何断续表面，则应只加工此平直的一侧。为了加工时固定鍛件，需要在鍛件的另一侧上增添凸台，并使其平行于腹板平面。图 10.11242—1 所示便为一例。

10.11243 锥度腹板

带有全部被肋包围起来的抗剪腹板的鍛件，采用锥度腹板可以减轻重量。如果仅要求在腹板的一侧带有斜度（如图 10.11243—1），则模具的费用将可降低。

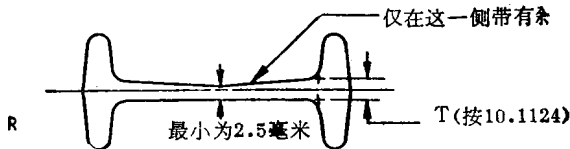
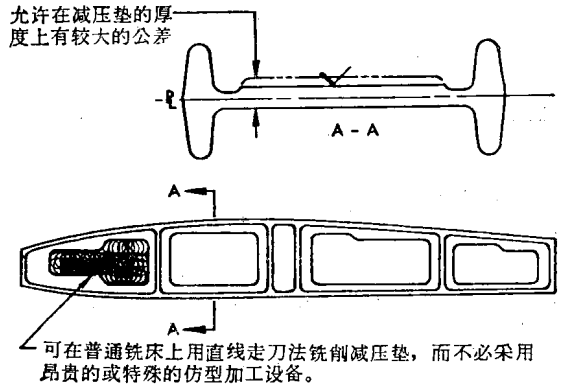


图10.11243—1

图10.11244—1

10.11244 减压垫

凡須加工鍛件腹板以除去多余重量，而且相邻肋的表面又不需要加工时，可在腹板上增加减压垫、减压凸台或减压肋，以便大大降低鍛造压力，并允许在横向距离为“D”的二肋间得到比图10.1124—1所定极限厚度更薄的腹板。这种减压垫、凸台或肋应设计成简单地加工一侧就可切除掉。在平面图中，减压垫的边角应有足够大的圆角半径，以便能用直径为50.8毫米的铣刀(或更大)铣削干净。

10.1125 尺寸极限

铝合金模鍛件的尺寸极限随鍛件投影面积、压力机能力和单位压力而变化。所谓鍛件极

限尺寸的面积是指鍛件的总面积，减去冲孔部分的面积，再加上整个围绕鍛件周围的一条宽19毫米的毛边的面积。生产铝合金模鍛件的最大压力机为45000吨，可生产精密鍛件的最小投影面积约为0.65平方米。

10.1126 孔和窄凹槽

孔和窄凹槽的深度不应超过图10.1126—1的比例。

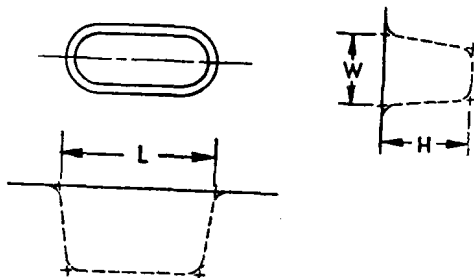
孔及窄凹槽的尺寸比例

鍛件类型	深 宽 比 h/w			
	铝 和 镁		钢 和 钛	
	当 $L = W$	当 $L = 2W$	当 $L = W$	当 $L = 2W$ ①
有斜度模鍛件	25.4	50.8	25.4	25.4
无斜度模鍛件	50.8	76.0	—	—

h = 凹槽的深度

W = 凹槽的宽度

L = 凹槽的长度



① 当使用时，深度尺寸的公差应为普通厚度公差的1~1.5倍。

图10.1126—1

10.1127 分模线

分模线位置的选择取决于如下许多因素：

- A. 模具必须能分开。
- B. 流线特性必须是满意的。
- C. 作为配合面的鍛造表面不应有毛边和错移。

图10.1127—1示出各种形式的分模线及要求。

凡有可能，合金鍛件均应设计成整个能在一个模具中成型出来。图10.1127—2所示便是一典型设计。

槽形鍛件具有直分模线，但两侧对称的模鍛斜度会引起肋的底部加厚（如图10.1127—3所示）。

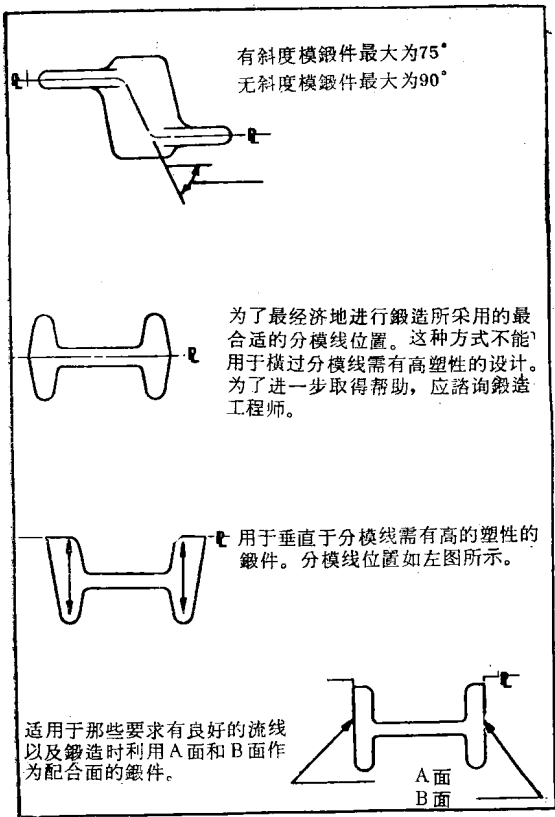


图10.1127-1

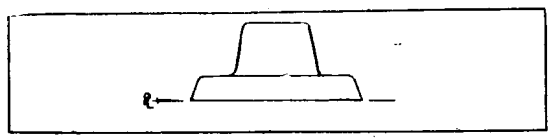


图10.1127-2

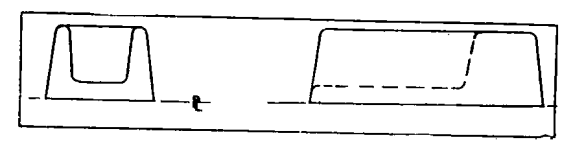


图10.1127-3

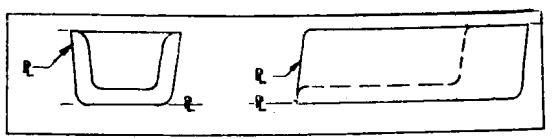


图10.1127-4

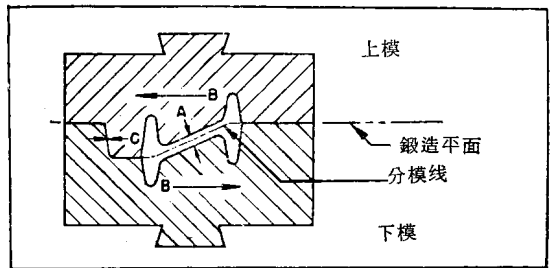
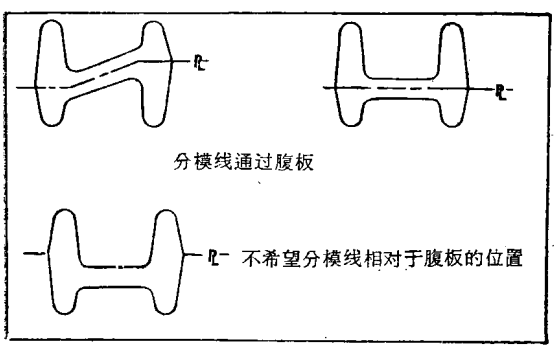


图10.1127-5

端部开口的槽形锻件具有封闭的分模线，轻锻件重量和减少机械加工量。由图10.1127然而平行的模锻斜度许可肋为等厚的，从而减—4可见分模线如何围绕槽的开口端分布。

当分模线主要在一个方向倾斜时，斜压力A引起侧推力B。止动扣C防止产生过大的错移。增大模块尺寸可使其具有足够的强度。只有在锻件形状绝对需要时才采用此种分模线。见图10.1127-5。

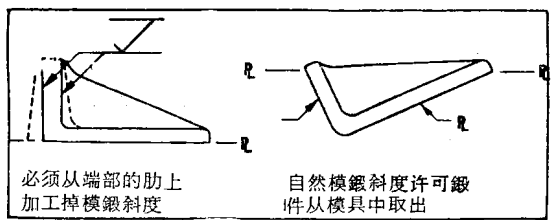


图10.1127-6

有时改变分模线在锻造平面的相对分布位置可获得自然模锻斜度，从而减轻重量和避免机械加工。见图10.1127-6。

10.11271 切边

在所有鍛件图上均应附有控制毛边残留量(切边后,由鍛件上伸出来的毛边)的附注。在拟定毛边残留量时,应考虑到该零件的功用及其承载方式。

图 10.1127-1 示出正常切边和松切边的说明。以后再叙述紧切边和特殊切边。

A. 正常切边 正常切边时的最大毛边残留量等于鍛件最大尺寸的长度公差加上最大错移公差。在鍛件图上的表示方法如图 10.11271-2 所示。

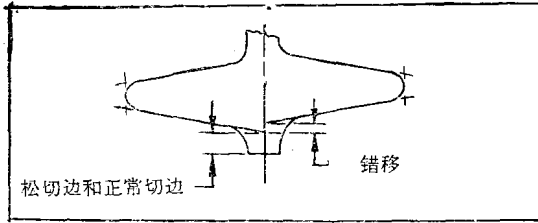


图10.11271-1

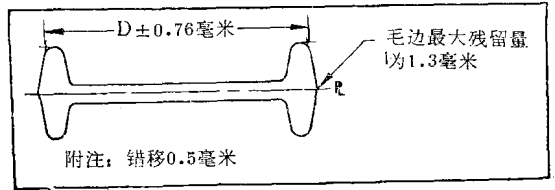


图10.11271-2

B. 松切边 所有表面都要加工的鍛件,如粗鍛件或特形鍛件,应要求按下列标注方法进行松切边。最大的毛边残留量等于长度公差和错移公差之和的 2 倍。图纸的表示方法应如图 10.11271-3 所示。

C. 紧切边 仅用于在鍛造状态下使用的钢鍛件。然而,如果鍛件表面还要进行机械加工,就不必采用紧切边,而应采用正常切边。

紧切边应在截面图或局部放大图上标注清楚,如图 10.11271-4 所示。

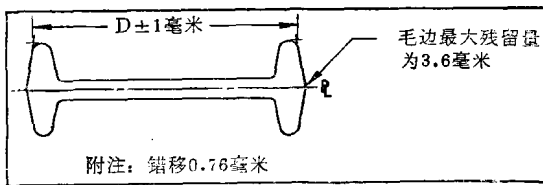


图10.11271-3

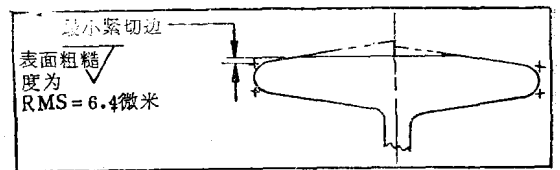


图10.11271-4

D. 特殊切边 所有在弯曲载荷下使用的鍛件,当分模线与最大应力点相一致时,应要求特殊的切边,以使表面粗糙度在均方根偏差 6.4 微米和更高一些。

特殊切边在截面图或局部放大图上的标注方法如图 10.11271-5 所示。应选择适当的尺寸和公差,以使制造时的毛边量可控。

10.113 图纸附注

除了第十一章所述的附注方法以外,鍛件图上还应标有如下附注(视需要而定)。

10.1131 鍛件的一般附注

鍛件图上应指出主应力位置和方向,以保证毛坯在模腔中有正确的位向,并得到预期的流线方向。为此,可在一般附注中加零件示意图,其上标以相应箭头和旗号。

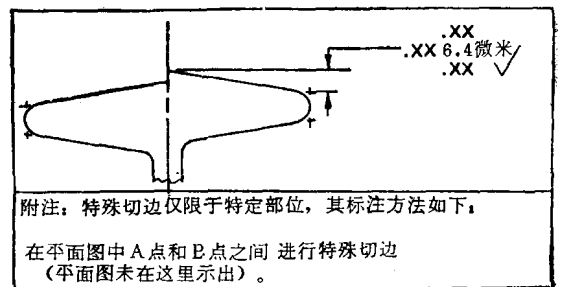


图10.11271-5

10.1132 檢驗附注

所有鍛件图上均应适当地注有关于非破坏性检验及机械性能试验的附注。这些附注应与DW81的第卅章和第卅一章的要求一致。在成品零件图上应注有关于磁粉检验和渗透检验的附注。

10.1133 功用要求

鍛件图或机械加工的鍛件图上应注有关于零件尺寸和外表特征要求的附注。这些附注可包括鍛造表面平面度要求及表面粗糙度要求等(在必时)。下述典型标注方法可以根据需要直接加以应用或修改。

直接使用的鍛造表面——目测表面光洁度相当于均方根偏差6.4微米。

此表面应无毛边残留量。在127毫米长的最大不平度0.38毫米相当于目见均方根偏差6.4微米。

这些表面应是平的，不平行度在××毫米之内。

10.1134 尺寸标注

鍛件尺寸根据“轮廓线”(两面相交所得的线)进行标注。常用制图方法是表示出全部轮廓线(但仅标出外轮廓线)。

为了进一步解释图纸，建议广泛运用截面图。鍛件图的绘制应当依照DW18第九章和图

10.1134—1~10.1134—6关于阐述一般制图法的示例。

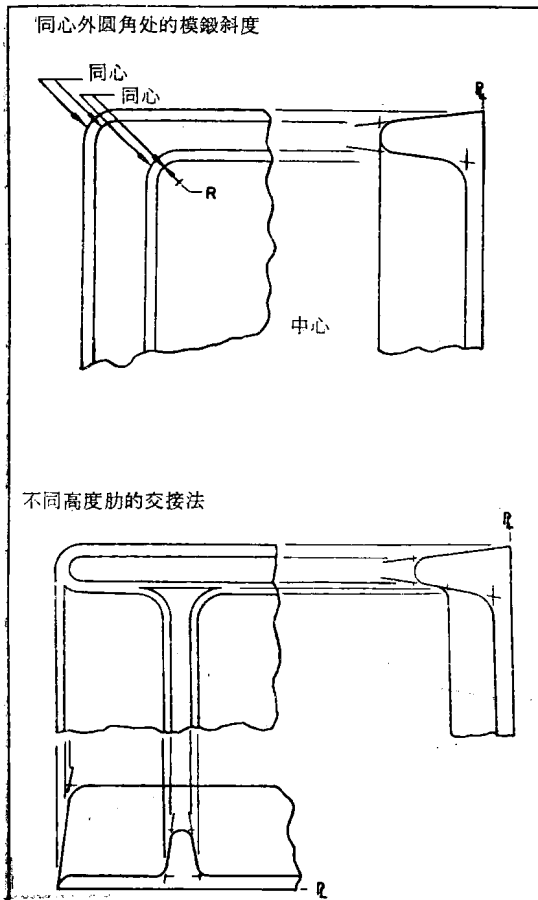


图10.1134—1

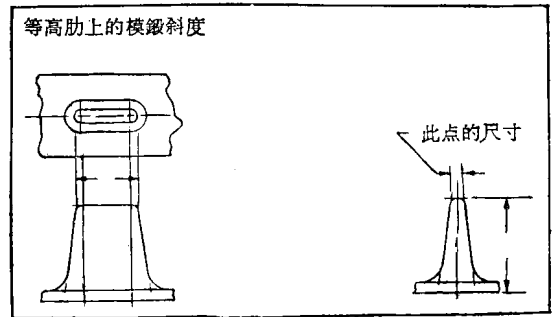


图10.1134—2

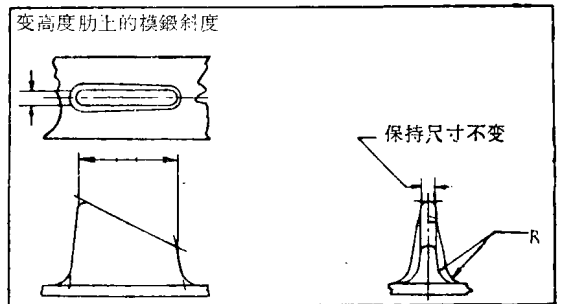


图10.1134—3

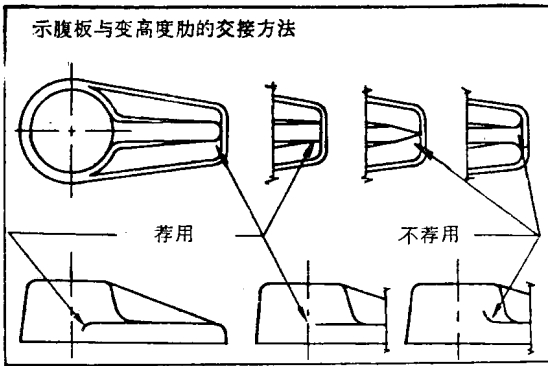


图10.1134—4

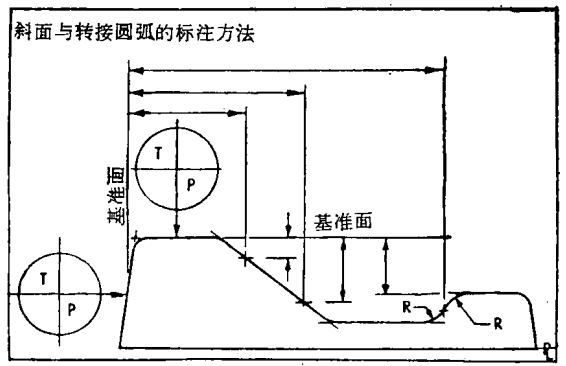


图10.1134—5

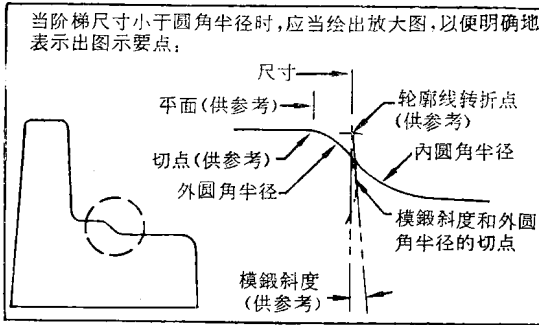


图10.1134—6

10.1135 公差

锻件公差根据零件尺寸和重量进行选择，并必须标注在图纸上。在设计初期阶段，就应考虑到锻件公差的影响。

对大型锻件和特殊形状锻件如何选用公差，应与锻造工程师商量。几何外形公差和其它公差见DM81第九章第326节。所示公差均为极小值，凡有可能应尽量采用较大的公差。

10.11351 公差的应用

在确定锻件尺寸之前，就应考虑到公差的影响。对于长的锻件，应根据靠近中点的肋或凸台上的工艺点来定基准平面。这将会使积累公差有比例地分配到锻件的每端。

长度公差、宽度公差和厚度公差必须逐个同尺寸一起示出，如图10.1135—1所示。如果大多数公差相等，那末除特别注明者外，可将通用公差加注在锻件附注中。（注：除各个尺寸的公差外，还应表示出平直度、错移和模锻斜度公差）。

10.11352 厚度公差

厚度公差适用于与锻造面相垂直的尺寸（它们或与分模线相正交，或者由分模线算起而终止于相对的模具表面）。厚度公差包括模具闭合公差、模具制造公差、模具磨损和抛光量。长度或宽度公差应用于不与分模线相交的尺寸。参见图10.11352—1。

10.11353 长度和宽度公差

长度和宽度公差系指不与分模线相交或不由分模线算起的尺寸的收缩、模具磨损和模具

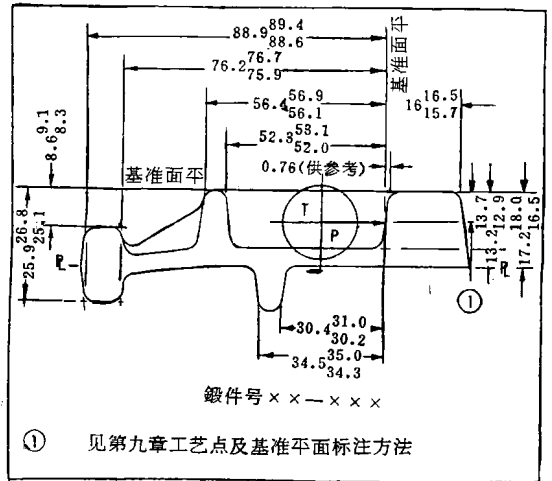


图10.11351—1

制造公差。

锻件上所有长度和宽度公差依相应尺寸的长度而定。

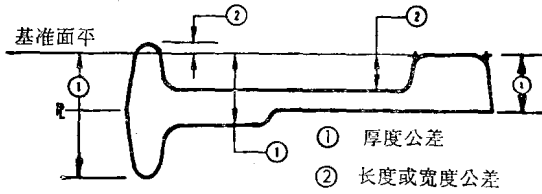


图10.11352—1

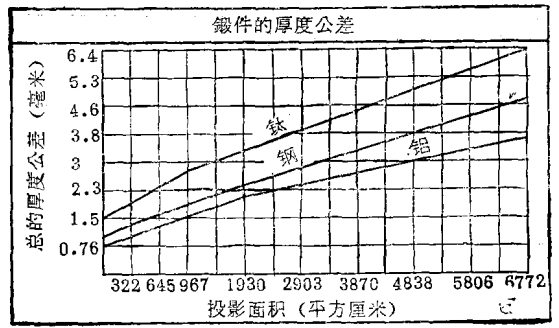


图10.11352—2

每一长度、宽度尺寸上，一般应给出如图 10.11353—1 所示的相等的正负公差值。对于应力、间隙或加工来说相当重要的尺寸，其总的公差范围可成比例地增大(这儿采用两倍值)。

举例：铝合金锻件非加工部位和非配合表面上，对于每米尺寸的长度公差取± 1.5 毫米(即绝对值取 3 毫米)。

10.11354 平直度公差

平直度是一种形状公差，不受尺寸限制。见 DM81 第十三章 13.532。用机械加工方法得出平直度要比任何其他方法经济得多。然而，采用特殊的手工校直方法或使用特殊的校正模却能得到较高的平直度。对于柱状加载零件来说平直度公差通常认为是很重要的。

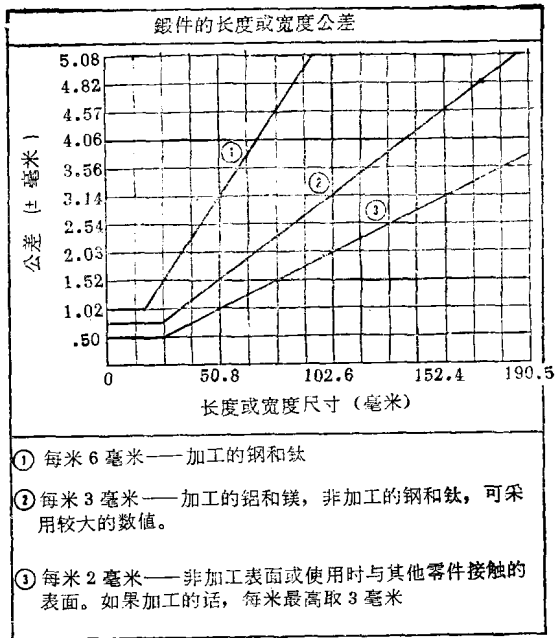


图10.11353—1

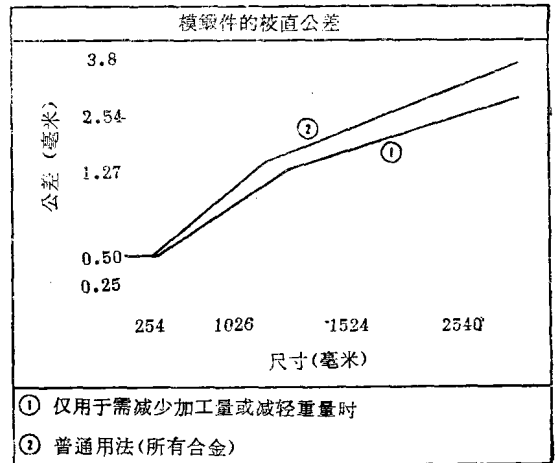


图10.11354—1

图 10.11354—1 示出校直公差极限。

10.11355 平面度公差

平面度也是一种形状公差。当表面被用作配合面时，平面度就很重要了。对几何形状公差的叙述见 DM81 第十三章 13.532。对平面度极限的确定，见图 10.11355—1。

10.11356 角度公差