

## 挤压型材的检验

简介：挤压型材的检验项目有化学成分、室温力学性能、尺寸偏差、表面品质、低倍组织、显微组织和特殊性能检验(抗腐蚀性检验、超声波检验、断口检验和电阻率检验)。铝合金建筑型材只检验化学成分、室温力学性能、尺寸偏差和表面品质，一般工业用铝合金型材除检验化学成分、室温力学性能、尺寸偏差、表面品质外，还应检验低倍组织，淬火制品应进行显微组织检验，对有特殊要求的铝合金型材还应进行抗腐蚀性能检验(抗应力腐蚀性能、抗疲...

挤压型材的检验项目有化学成分、室温力学性能、尺寸偏差、表面品质、低倍组织、显微组织和特殊性能检验(抗腐蚀性检验、超声波检验、断口检验和电阻率检验)。铝合金建筑型材只检验化学成分、室温力学性能、尺寸偏差和表面品质，一般工业用铝合金型材除检验化学成分、室温力学性能、尺寸偏差、表面品质外，还应检验低倍组织，淬火制品应进行显微组织检验，对有特殊要求的铝合金型材还应进行抗腐蚀性能检验(抗应力腐蚀性能、抗疲劳腐蚀性能和抗剥落腐蚀性能)、超声波探伤检验、断口检验和电阻率检验。检验项目和取样规定见表 6—2—1。

表 6—2—1 挤压型材检验项目和取样规定表

检验项目	检验性质	取 样 规 定
化学成分	出厂检验	每熔次或每批(每 1000kg 产品)不少于 1 个
室温力学性能	出厂检验	每批(炉)2 根，每根 1 个
尺寸偏差	出厂检验	每批 1%，不少于 10 根
表面品质	出厂检验	逐根检查
低倍组织	出厂检验	每批(炉)2 根，在每根型材挤压尾部切取 1 个
显微组织	出厂检验	每批(炉)2 根，每根 1 个
抗应力腐蚀	特殊性能	检验每批(炉)2 根，每根 1 个
抗疲劳腐蚀		每批(炉)2 根，每根 1 个
抗剥落腐蚀		每批(炉)2 根，每根 1 个
超声波		逐根检查
断口		每批(炉)2 根，每根 1 个
电阻率		每批(炉)2 根，每根 1 个

### 一、尺寸检验

挤压型材的尺寸检验分为常规尺寸检验和特殊尺寸检验。建筑装饰用铝合金型材和一般工业用铝合金型材的尺寸检验包括截面尺寸、角度、平面间隙、曲面间隙、弯曲度、扭拧度、长度和端头切斜度的检验，特殊工业用挤压型材还应进行侧面弯曲度(窄面弯曲度)、挠度和悬挂扭拧度等特殊尺寸检验。检验的取样数量见表 6—2—1，每批 1%且不少于 10 根，特殊尺寸可逐根检验，合格者交货。

铝合金建筑型材的尺寸偏差可参考 GB5237. 1《铝合金建筑型材第一部分：基材》的规定执行，一般工业用铝合金热挤压型材的尺寸偏差按 GB/T14846(铝及铝合金挤压型材尺寸偏差)的规定执行。

#### 1. 常规尺寸检验

1) 截面尺寸检验 挤压型材的截面尺寸可以通过千分尺、游标卡尺、塞尺等计量器具进行

检验。型材截面尺寸的允许偏差分为普通级、高精度级、超高精度级等三个级别，型材截面尺寸的允许偏差等级一般由供需双方商定并在图纸中注明，但对有装配关系的尺寸，其允许偏差应选用高精级或超高精度级。对于截面尺寸要求允许偏差为高精级和超高精度级时，其允许偏差值应在产品图样中注明，图样中不注明允许偏差值，但可以直接测量的部位的尺寸，其允许偏差按普通级执行。

常规型材截面尺寸可通过千分尺、游标卡尺等计量器具进行检验，但对于截面特殊或尺寸偏差要求较高的精密型材(如图 6—2—1)，采用常规检测手段和检测工具已很难快速、准确地检验型材截面尺寸。随着科学技术的发展，特别是电子科技的发展，铝合金型材的截面尺寸检验不仅可以用常规的千分尺、游标卡尺等量具进行人工测量，而且可以采用仪器进行自动化或半自动化的精密截面尺寸检验，即采用型材截面扫描仪对截面尺寸进行检验。

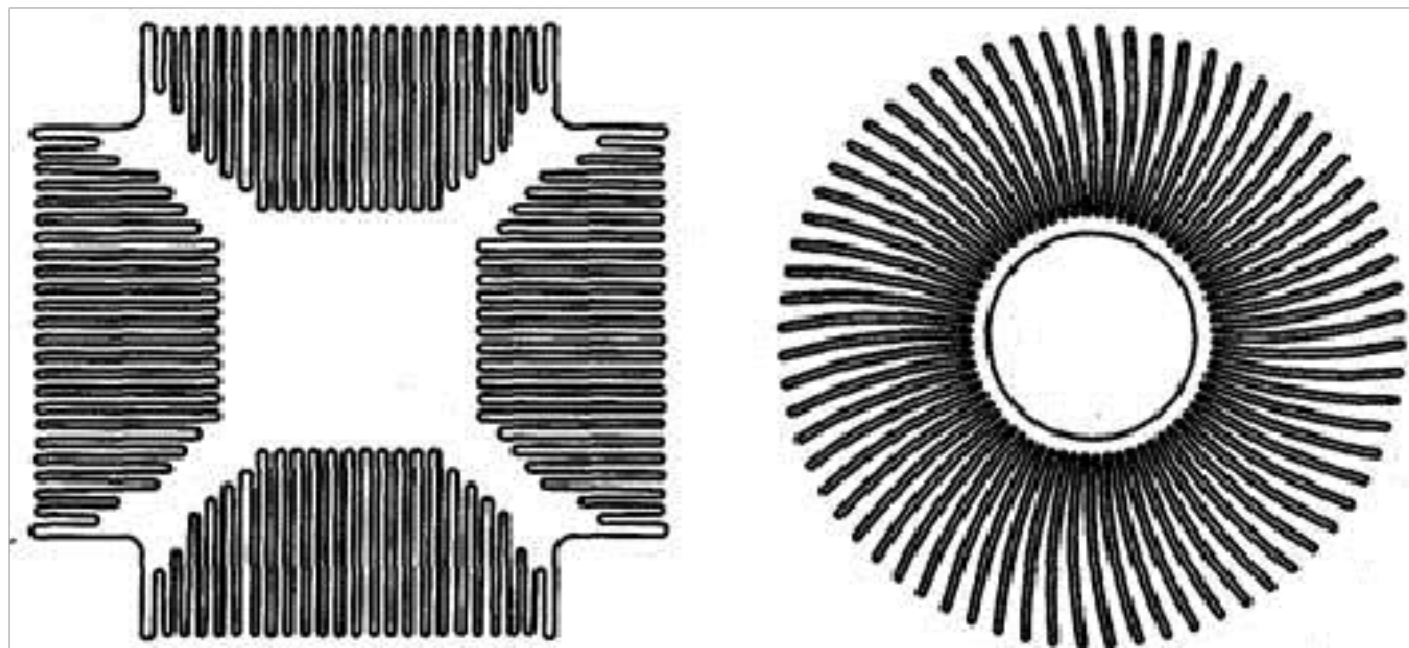


图 6—2—1 精密型材截面图

扫描仪分为二维扫描仪和三维扫描仪，可根据检测的要求选用。对于常规挤压型材的截面尺寸检验，通常采用二维扫描仪。截面扫描仪主要由扫描装置和微机处理装置组成。检验步骤如下：

- (1) 先采用精密锯床对试样进行锯切，露出垂直、平滑、光洁和少毛刺的端面；
- (2) 用除油剂对试样端面进行除油、干燥；
- (3) 对经精密锯切的型材端面进行截面扫描；
- (4) 应用微机的分析程序对截面扫描图形进行尺寸测量。

扫描仪的主要功能如下：

- ① 直接扫描型材截面，在扫描图形上直接测量型材截面的各个尺寸；
- ② 扫描型材截面尺寸后，通过与相应的标准图纸对照，利用计算机软件直接计算出型材截面每个尺寸及其偏差值；

③ 通过直接扫描实物型材，并转换成 CAD 格式图形进行模具设计与生产；

用扫描仪对型材截面尺寸进行测量时，应注意试样端面的平滑，不应有毛刺及杂物，端面应垂直于挤压方向，否则会影响到测量的准确度。

2) 型材角度和端头切斜度 采用万能角度尺进行测量。

3) 平面间隙 把直尺横放在型材的任一平面上，测得型材平面与直尺间的最大间隙值即为型材的平面间隙。如图 6—2—2(B 是型材宽度)。

4) 曲面间隙 将标准样板紧贴在型材的曲面上，如图 6—2—3 所示。型材曲面与标准样板之间的间隙为 25 mm 的弦长上允许的最大值不超过 0.13 mm，不足 25 mm 的部分按 25 mm 计算。当横截面圆弧部分的圆心角大于  $90^\circ$  时，则应按  $90^\circ$  圆心角的弦长加上其余数圆心角的弦长来确定。要求检查曲面间隙的型材，要在图纸或合同中注明。检查曲面间隙的标准样板由需方提供。

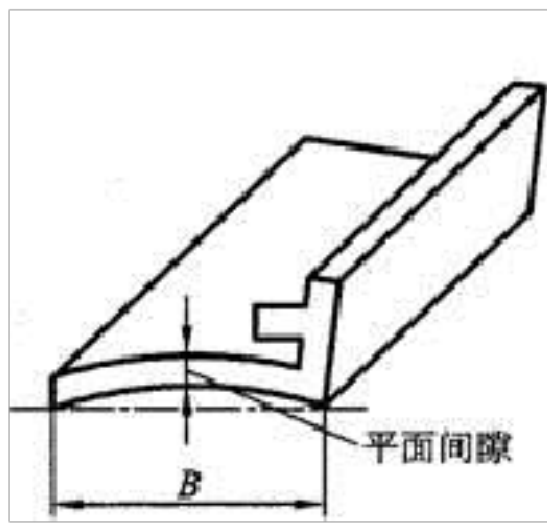


图 6—2—2 平面间隙检验示意图

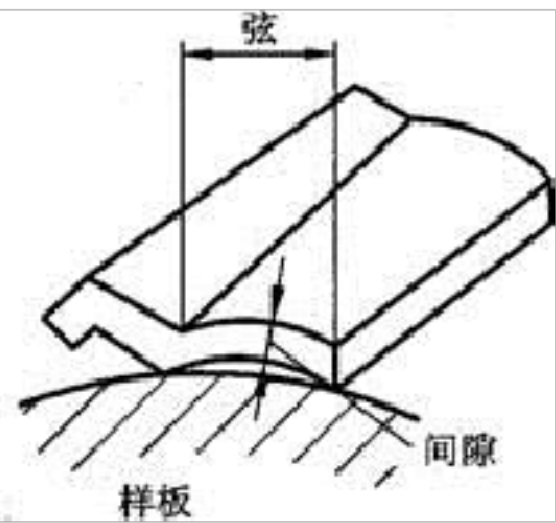


图 6—2—3 曲面间隙检验示意图

### 3 曲面间隙检验示意图

5) 弯曲度 型材的弯曲度是将型材放在平台上，借自重使弯曲达到稳定时，沿型材长度方向测量得的型材底面与平台最大间隙( $h_t$ )，或用 300 mm 长直尺沿型材长度方向靠在型材表面上，测得的间隙最大值( $h_s$ )，如图 6—2—4( $L$  是型材定尺长度)。

6) 扭拧度 将型材放在平台上，按紧一端并使其达到稳定时，沿型材的长度方向，测量另一端型材底面与平台之间的最大距离 $IV$ ，从 $IV$ 值中扣除该处弯曲度后数值即为扭拧度，如图 6—2—5。测量扭拧度时，型材的一端头应紧紧固定在平台上，并使该端型材某一平面贴合于平台，在自重稳定的情况下，测量型材该平面在另一端翘离平台的高度差，以该高度差除以该平面宽度即得实际扭拧度值。

## 2. 特殊尺寸检验

### 1) 侧面弯曲度(窄面弯曲度)

将型材的最宽面置于平台上(如图 6—2—6(a)中的 AM 和图 6—2—6(b)中的 MN)，然后将待型材的侧面紧贴侧面直板(如图 6—2—6(a))，借自重使型材的最宽面弯曲达到稳定时，沿型材的长度方向(如图 6—2—6(a)中的 MN)测得的型材侧面与侧面直板间的最大间隙值，和任意 1 m 长度的型材侧面与直尺之间的最大间隙值。

对于大型壁板型材，一般应进行侧面弯曲度检验。由于绝大部分大型壁板型材用于交通运输行业，如轨道车辆的车厢板，冷藏集装箱的底板等，而且型材需在侧面进行焊接和拼装，若侧面弯曲度过大，将使大型壁板型材之间无法进行正常的焊接和拼装。不同用途的大型壁板型材，其侧面弯曲度的检验和允许偏差都不同，通常由供需双方商定并在合同中注明。例如：用于冷藏集装箱底板的高强度大型壁板型材，长度达 12 m，其侧面弯曲度 $\leq 0.75$  mm/m，全长 $\leq 9$  mm。

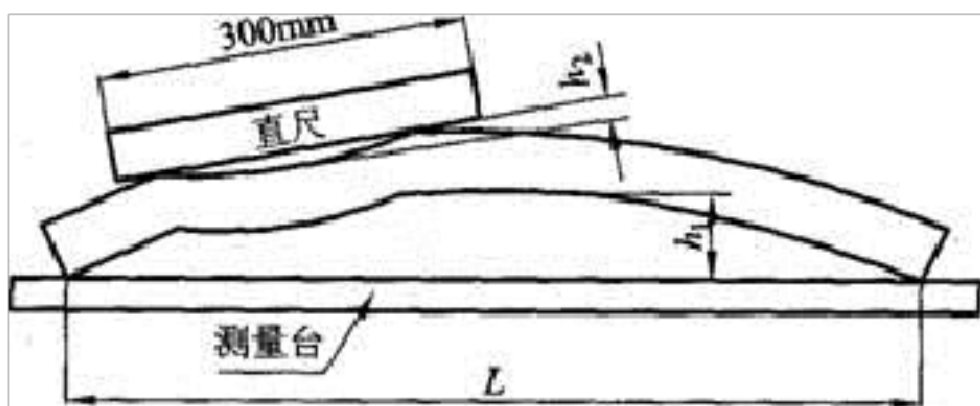


图 6—2—4 弯曲度检验示意图

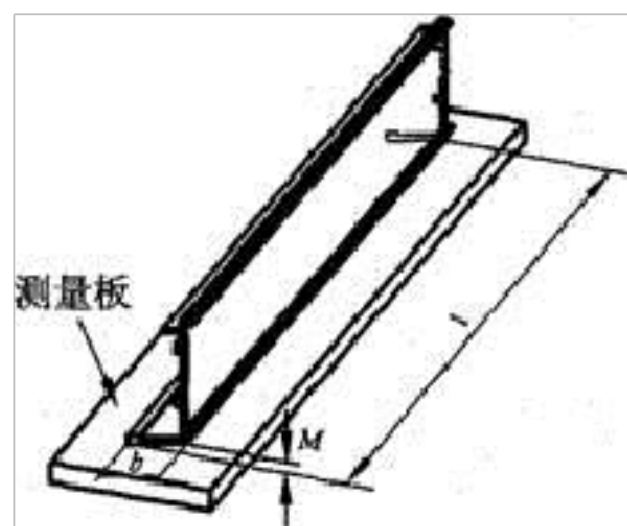


图 6—2—5 扭拧度检验示意图

图

意图

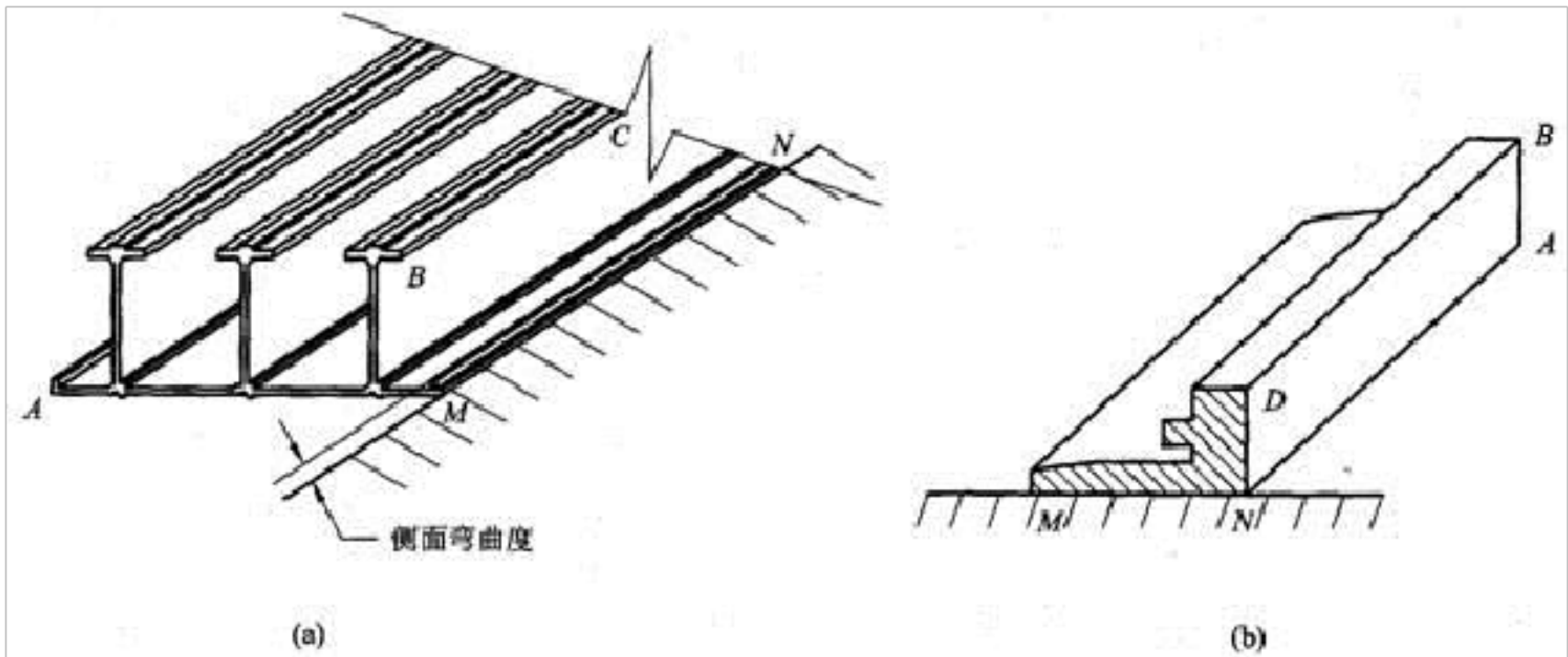


图 6—2—6 侧面弯曲度检验示意图

### 2) 挠度

在平台上用 4 个垫脚将型材垫起(如图 6—2—7)，型材两端各用 2 个垫脚(垫脚的形状和高度也可根据型材截面进行配置，一般垫脚的高度应是可调的，垫脚的支点距离型材端头为 20~50 mm，4 个垫脚高度偏差为 $\pm 0.05$  mm)，借自重使其下垂弯曲达到稳定时，用高度游标卡尺测量型材端头最大高度 A 与型材中部最小高度 B 的差值。

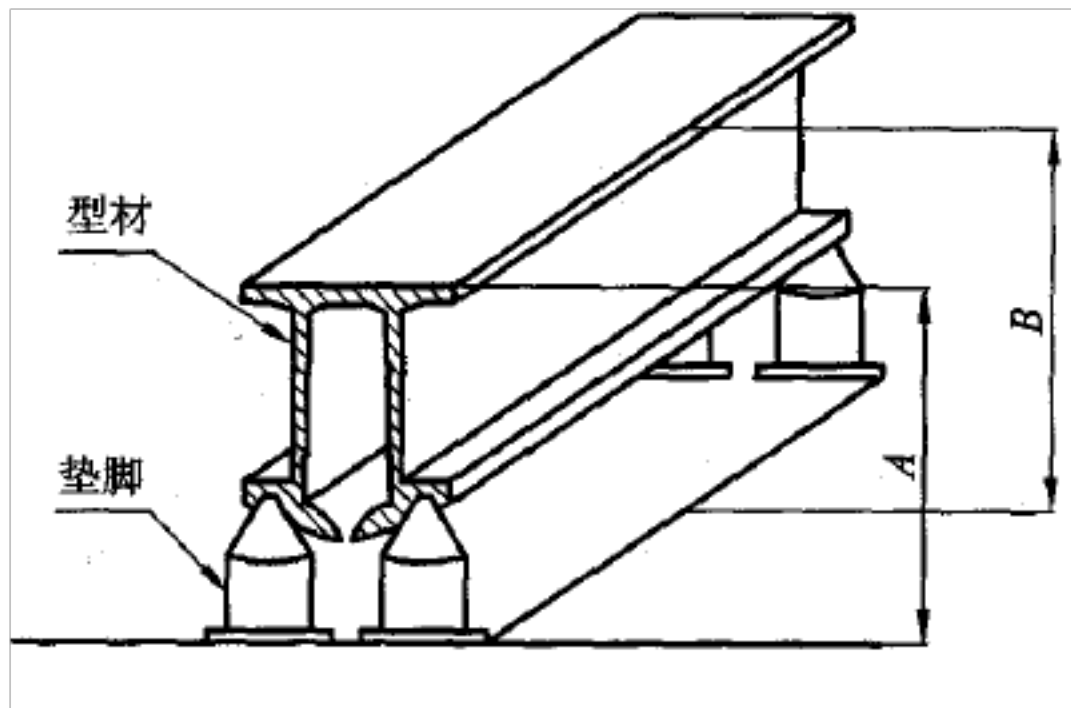


图 6—2—7 挠度检验示意图

对于悬挂使用的横梁式大型工业型材，一般需检验其挠度，例如地铁机车刚性悬挂导电轨、大型悬挂横梁等。型材的长度、型材在平台上的弯曲度和型材的力学性能都影响其挠度值。所以，型材的挠度是型材尺寸偏差和力学性能的综合体现。型材的挠度检验和允许偏差应由供需双方商定并在合同中注明。

### 3) 悬挂扭拧度

悬挂扭拧度的检验与挠度的检验相似，即在平台上用 4 个垫脚将型材垫起(如图 6—2—7)，型材两端各用 2 个垫脚(垫脚的形状和高度可根据型材截面进行配置，一般垫脚的高度应是可调的，垫脚的支点距离型材端头为 20~50 mm，4 个垫脚高度偏差为 $\pm 0.05$  mm)，借自重使其下垂弯曲达到稳定时，采用扭拧度检测仪直接检测型材平面的悬挂扭拧度。

## 二、挤压型材室温力学性能检验

### 2.1 拉伸试验

拉伸试验是用拉力拉伸试样，一般拉至断裂，然后测定相应的一项或几项力学性能。拉伸试验在测试的范围(标距)内，受力均匀，应力应变及其性能指标测量稳定、可靠、计算方便。通过拉伸试验，可以测定材料形变过程中的各项力学性能指标如抗拉强度、屈服强度、伸长率、断面收缩率等。拉伸试验方法可参考国家标准 GB/T228—2002《金属材料室温拉伸试验方法》的规定进行。

### 1) 拉伸试验机

拉伸试验机一般由机身、加载系统、测力系统、载荷伸长记录装置和夹持系统等五部分组成。其中加载系统和测力系统是试验机的关键部分，这两部分的灵敏度及精度的高低能反映试验机的质量的优劣。常用的拉伸试验机一般分机械式、液压式、电子式和自动式等。电子拉伸试验机和自动式试验机是较为先进的拉伸试验设备。电子万能试验机是采用电子技术，对载荷和变形进行精确测控和自动记录。自动式试验机是将电子计算机用于电子万能试验机而成，可以自动测量试样直径、安装试样，同时自动测定数据并将结果打印出来，达到全部试验过程的自动化。利用计算机技术，可以大大加强电子万能试验机的各种功能。通过各种传感器、测量通道与计算机联接，使试验机具有载荷、位移、应变等多种控制模式。同一试验的不同阶段可以采用不同的控制模式工作，可进行多种控制模式间的无冲击转换，完成多种复杂试验。电子拉伸试验机具有安全保护功能(如上、下、限位、位移限制、过载保护、急停等)、开机自诊断功能、错误处理功能、自动化标定和储存功能，这种拉伸试验机不仅可以实现多功能的自动控制，还能对试验结果进行自动采集、数据处理和储存，并进行打印试验报告、存储与检索试验数据等。

影响拉伸试验性能数据的因素以下几点：

(1) 试样取样位置与方向的影响：加工过程不同，材料不同部位和方向的显微组织不同，对性能测定有较大的影响；

(2) 试样的形状与尺寸的影响：圆形和矩形截面试样，其塑性指标(伸长率和断面收缩率等)是不同的，两者没有可比性。由于圆形截面试样在拉伸加载时，截面自由收缩，不出现多向约束(或多向应力)，变形相对比较自由。尺寸不同(截面积不同和长度不同)的试样，其强度和塑性数据也不相同，同样截面尺寸的短试样拉伸的伸长率明显高于长试样。过大截面的试样，由于应力状态发生了变化，容易形成多向应力状态，难以自由变形。因此试样尺寸不同其性能是不同的，两者不可比较。试验时应严格按国标 GB/T228 的相关规定进行试验；

(3) 应变速率对材料脆性的影响：应变速率是材料生产、制造和试验的重要依据，常规的拉伸试验只规定应变速率的上限。对大多数材料来说，在较高的变形速率下强度趋于增加，塑性影响较小，应变速率影响最敏感的是屈服强度，随着应变速度增高，屈服强度明显增高；

(4) 表面粗糙度对材料脆性的影响：表面粗糙度对拉伸试验数据会产生影响，表面粗糙或表面存在刀痕、碰伤，容易形成局部应力集中，使强度和塑性有所下降。这一趋势对于塑、韧性较差的高强度材料显得特别敏感，会大幅度降低其强度值。因此，拉伸试验时要特别注意试样的表面粗糙度是否符合标准要求。

### 2) 拉伸试验用试样

#### (1) 拉伸试验用试样一般规定

① 拉伸试验用试样一般分为不经机械加工的全截面试样和经机械加工的横截面为矩形、圆形和弧形的试样。经机械加工的试样又分为带头部和不带头部两种。不带头部试样主要用于材料尺寸或加工条件受限制时采用，仲裁试验时，一般采用带头部试样；

② 为使试样断裂在试样标距中间，对于带头部的试样，允许在标距范围内加工成两端尺寸稍大、中间尺寸稍小的一个不均匀的小斜度；对于外形为圆形的全截面试样，允许在试验区内轻微削减其表面，削减部分与原始部分过渡圆弧不宜过小；

③ 全截面试样的原始截面面积  $S_0$ ，除横截面尺寸可以测量计算的试样用实测尺寸计算外，应采用图纸理论面积，在没有理论面积时，可用质量法按(6—2—1)式计

算：

$$S_0 = \frac{m}{\rho \cdot L} \times 1000 \quad (6-2-1)$$

式中  $m$ ——试样质量，单位为 g，测量精度为 0.5%；

$\rho$ ——试样材料的密度，单位为 g/cm<sup>3</sup>，取三位有效数字；

$L$ ——试样总长度，单位为 mm，测量精度为 0.1 mm；

④机械加工带头部的试样平行部分至头部过渡必须缓和，但圆形试样半径( $r$ )应不小于  $0.5d_0$ ，矩形及试样的圆形半径( $r$ )应不小于  $b_0$ 。试样头部的形状和尺寸应该按试样大小、材料特性、试验目的以及试验机夹具结构进行设计，主要须保证轴向的拉伸力且试样断裂在标距范围内。带头部和不带头部的试样，其夹持部分长度至少应为楔形夹具长度的  $3/4$ 。

(2) 拉伸试验用试样型号、尺寸及尺寸偏差

① 圆形试样

标准的圆形试样型号、外形和尺寸如图 6—2—8 及表 6—2—2，平行部分允许尺寸偏差见表 6—2—3；

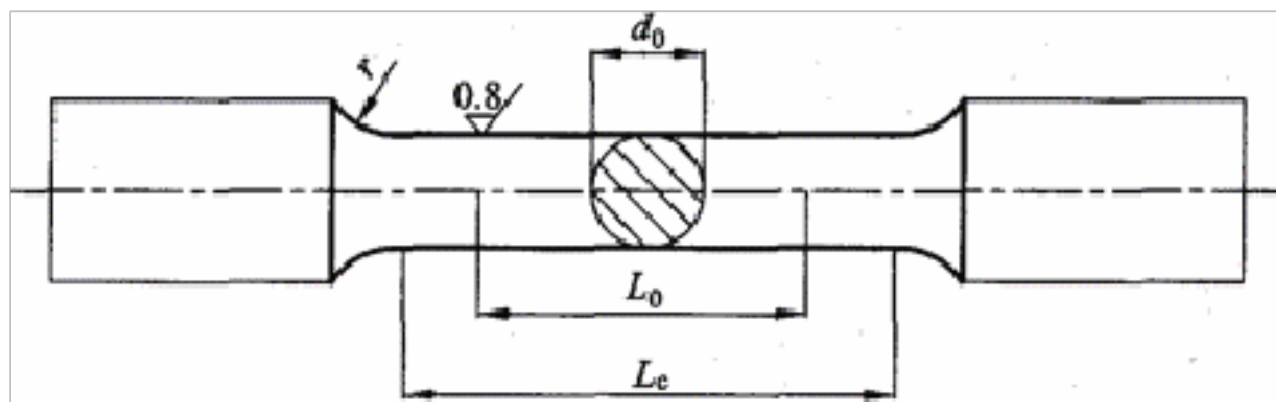


图 6—2—8 圆形试样图

表 6—2—2 圆形试样尺寸表

单位/mm

试样号	$d_0$	$L_0$	$L_c$
R1	12.5	62.5	75
R2	9	45	54
R3	6	30	36
R4	4	20	24

表 6—2—3 圆形试样平行部分允许尺寸偏差表

单位/mm

$d_0$	$d_0$ 的允许偏差	试样平行部分内最大与最小直径的允许差值
$\leq 6$	$\pm 0.05$	0.03
$>6 \sim 10$	$\pm 0.10$	0.04
$>10$	$\pm 0.20$	0.05

② 矩形试样

标准的矩形试样型号、外形和尺寸如图 6—2—9 及表 6—2—4 所示，平行部分允许尺寸偏差见表 6—2—5。试样头部轴线与平行部分轴线间偏差不得大于 0.3 mm。带销孔的矩形试样，其销孔连线与平行部分轴线偏差不应大于 0.2 mm；

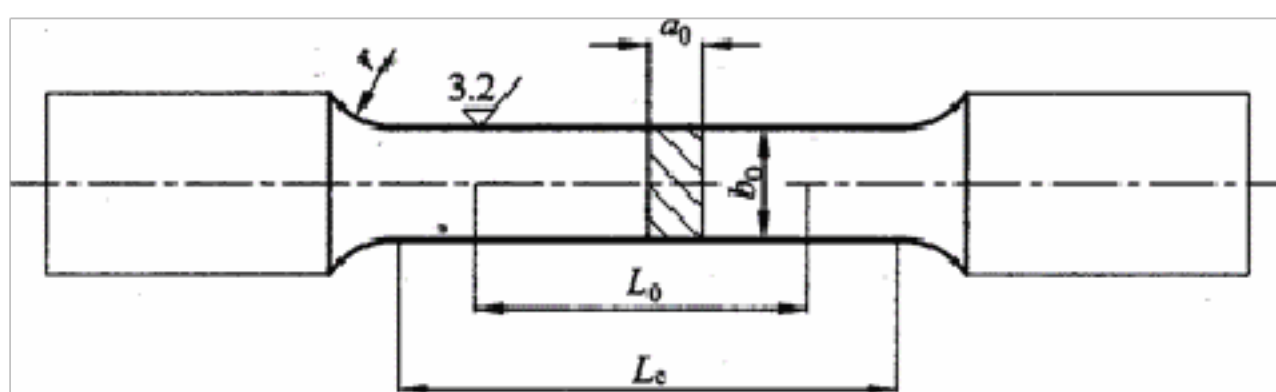


图 6—2—9 矩形试样图

表 6—2—4 矩形试样尺寸表

单位/mm

试样号	$b_0$	$L_0$	$L_c$	备注
-----	-------	-------	-------	----

P1	12.5	50	57	a0 ≤ 6 mm
P2	6	25	32	

表 6—2—5 矩形、弧形试样平行部分允许尺寸偏差表

单位/mm

$b_0$	$b_0$ 的允许偏差	试样平行部分内最大与最小宽度的允许差值
≤ 10	± 0.10	0.10
> 10 ~ 15	± 0.20	
> 15	± 0.50	0.20

### ③ 弧形试样

弧形试样是由管材从剖开后加工的试样。标准弧形试样的型号、外形和尺寸如图 6—2—10 及表 6—2—6 所示，其尺寸偏差见表 6—2—5。试样两头部轴线与平行部分轴线之间偏差不得大于 0.3 mm。试验时为便于夹持，可使用弧形夹具或将夹持部分压平，但压平时应保证平行部分不产生变形。

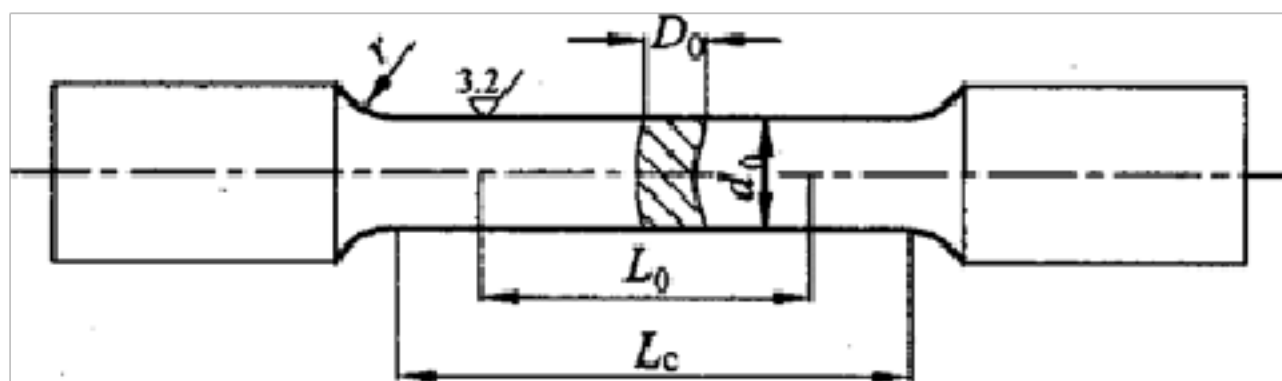


图 6—2—10 弧形试样图

表 6—2—6 弧形试样尺寸

单位/mm

试样号	$b_0$	$L_0$	$L_c$
S1	12.5	50	57
S2	10	50	57

### ④ 全截面试样

全截面试样的原始标距  $L_0$  中，管材、型材和异形棒材的全截面试样的原始标距为 50 mm，圆棒的全截面试样的标距为  $5d_0$ 。线材全截面试样，当原始直径大于 4.0 时，标距为  $5d_0$ ；直径小于或等于 4.0 时，标距为 100 mm。当  $L_0 = 5d_0$  时， $L_0$  应选最接近 5 的整数倍。

管材选用全截面时，为便于夹紧试样，可按管材尺寸及管材材质制作塞头塞于试样两端或将其夹持部分压扁，塞入试样内部的塞头不能伸到试样测量伸长率的标距范围内，全截面管材试样的塞头形状、尺寸及压扁的具体规定分别示于图 6—2—11 和图 6—2—12 中。

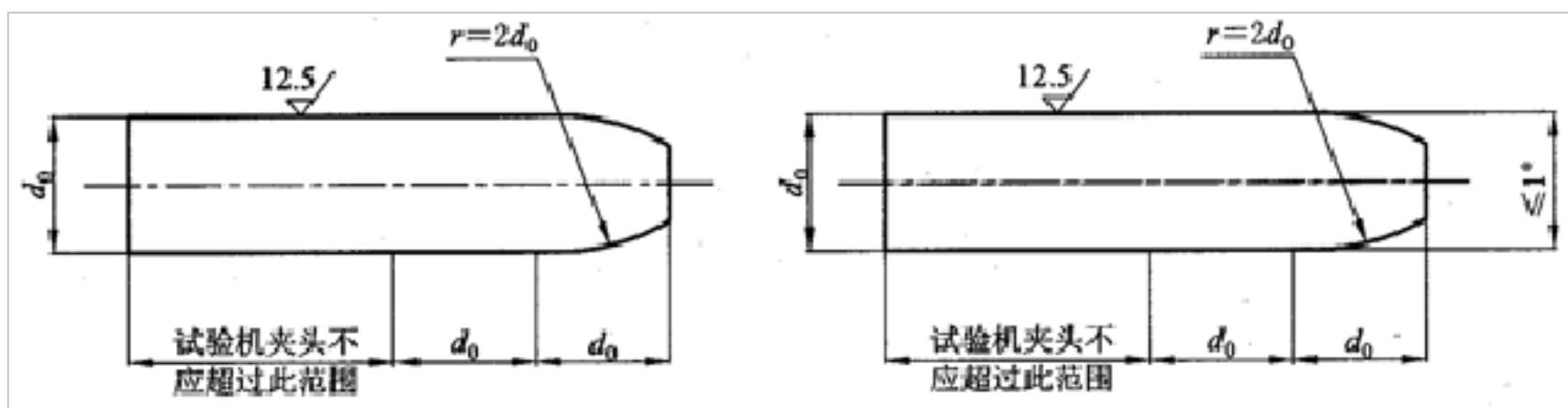


图 6—2—11 全截面管材试样塞头形状图



图 6—2—12 全截面管材试样图

### 3) 试样的选取

(1) 除产品标准或合同另有规定外，一般应选用标准试样，在制品尺寸允许的情况下应优先选用尺寸大的试样，各种型号试样所测得的伸长率不能相互比较。当不能选取标准试样或有特殊规定时，可协商选用非标准试样，并明确注明选用的试样型号。

(2) 对于挤压型材试样，壁厚大于 12.5 mm 时，选用圆形试样；壁厚小于或等于 12.5 mm 时，选用全壁厚矩形试样；若宽度不足时，可选用尽可能宽的矩形试样或圆形试样；若型材不能加工成圆形或矩形试样时，可选用全截面试样；对于挤压管材，管材外径小于或等于 25 mm 时，采用全截面试样。外径大于 25 mm 时，可根据壁厚选用矩形或圆形试样。壁厚小于或等于 12.5 mm 时，采用全壁厚弧形试样。壁厚大于 12.5 mm 时，采用圆形试样。

(3) 切取样坯的方向、部位：所用试样应是纵向的，样坯应在挤压方向前端切取。除选用全截面试样处，应按下述方法切取：

① 棒材直径(或内切圆直径)小于或等于 40 mm 时，试样纵轴应与棒材中心重合；大于 40 mm 时，试样的纵轴应处于中心至表面到 1/2 处。

② 型材取样位置的优先顺序为：在宽度允许选用标准试样时，先壁厚厚的部分，后壁厚薄的部分；否则，优先切取平面较宽的部分。如图纸有规定，应以图纸规定的位置取样。

③ 型材和管材选用圆形试样时，壁厚小于或等于 40 mm 则试样取自壁厚的中心处，壁厚大于 40 mm 则试样应取自壁厚中心到表面的 1/2 处。

④ 矩形截面的实心制品，厚度小于或等于 12.5 mm 时选用全厚度矩形试样；厚度大于 12.5 mm 时，选用圆形试样，试样应取自试样纵轴的 1/4 处。

### 4) 试样的制备

(1) 切取样坯和机械加工试样时，均应预防冷加工或受热而影响材料的力学性能。通常以在切削机床上进行为宜。样坯应留有足够的加工余量。机械加工时，切削深度及冷却剂应适当，最后一道切削深度不宜过大，以免影响性能；

(2) 从表面质量检查合格的型材上切取的矩形样坯和管材上切取的弧形样坯，一般应保留其原始表面，不应损伤。加工完的试样的毛刺应消除，尖锐棱边应倒圆，圆弧半径不宜过大。表面有明显横向刀痕或机械损伤、有明显淬火变形或裂纹以及肉眼可见的冶金缺陷，均不可用于试验。

## 2. 2 硬度检验

硬度试验是铝合金型材力学性能中最常用的性能指标之一，是表征铝合金在表面局部体积内抵抗变形的能力。用于铝合金型材的硬度试验方法有：布氏硬度、维氏硬度、韦氏硬度等

### 1) 布氏硬度

铝合金布氏硬度检验可参考 GB/T231. 1—2002《金属布氏硬度试验第 1 部分：试验方法》(等效采用国际标准 ISO65061—1: 1999)的规定进行试验。该标准规定了金属布氏硬度试验的原理、符号、硬度计、试样、试验方法及试验报告等，该标准适用的布氏硬度试验范围上限为 650HBW。

布氏硬度试验的原理是对一定直径的硬质合金球施加试验力压入试样表面，经规定保持时间后，卸除试验力，测量试样表面压痕的直径，进而可求得该试样的布氏硬度。布氏硬度与试验力除以压痕表面积的商成正比。

布氏硬度的优点是其硬度值代表性全面，数据稳定，测量精度较高。因为压痕表面积较大，能反映金属表面较大范围内各组成相综合平均的性能数值。其缺点是试验操作时间较长，对不同材料试样需更换压头及载荷，压痕测量也较费时间。

为提高布氏硬度测试的准确性，试验过程中应注意以下事项：

(1) 试样厚度：试样厚度应大于压痕深度的十倍，在压痕相对的一面，不应出现影响加载的弧面等形状；

(2) 试样表面：试样表面应平整，这样可获得最佳的试验结果；

(3) 压痕间距：试验时还应注意压痕的间距，为了保证测量精度，压痕中心到试样任一边缘的距离应大于压痕直径的 3 倍，相邻压痕的中心间距也应大于压痕直径的 3 倍；



(4)表面粗糙度：布氏硬度的精度与压痕的清晰程度有关，表面应当经过切削、研磨或抛光。另外，为了提高测量精度，试样表面必须能代表材料特性。

## 2) 维氏硬度

维氏硬度试验可参考国家标准 GB/T4340.1—1999《金属维氏硬度试验第1部分：试验方法》(等效采用 ISO6507:1997)进行。

维氏硬度测定原理基本上与布氏硬度相同，也是根据单位压痕陷凹面积上所受的载荷，即应力值作为硬度值的计量指标。所不同的是维氏硬度采用锥面夹角为  $136^\circ$  的金刚石四方角锥体。这时由于压入角恒定不变，使得载荷改变时，压痕的几何形状相似。因此，在维氏硬度试验中，载荷可以任意选择，而所得的硬度值相同，这是维氏硬度试验最主要的特点，也是最大的优点。四方角锥之所以选取  $136^\circ$ ，是为了所测数据与 HB 能得到最好的配合。因为一般布氏硬度试验时压痕直径  $d$  多半在  $(0.25\sim 0.5)D$  之间，取平均为  $0.375D$ ，这时布氏硬度的压痕压入角为  $44^\circ$ ，而面角为  $136^\circ$  的正四棱锥形压痕的压入角也等于  $44^\circ$ 。所以在中低硬度范围内，维氏硬度与布氏硬度很接近。

维氏硬度试验用试样表面粗糙度应不高于  $Ra\ 0.2\ \mu\text{m}$ ，试样表面应光滑平坦，试验面无氧化皮及外来污物，尤其不应有油脂，制备试样时应使例如由于发热或冷加工等因素对试样表面硬度的影响减至最小。试样厚度应不小于压痕对角线的 1.5 倍。试验应尽可能选用较大的负荷，以提高测量的精度。对于在曲面试样上试验的结果，应进行必要的修正，具体修正方法见 GB/T4340.1—1999《金属维氏硬度试验第1部分：试验方法》附录 8。

## 3) 韦氏硬度

韦氏硬度试验执行行业标准 YS/T420—2000《铝合金韦氏硬度试验方法》，该标准是非等效采用美国材料与试验协会标准 ASTM B647:1994《铝合金韦氏硬度试验方法》，结合我国实际情况而制定的，规定了用钳式手提韦氏硬度计(简称韦氏硬度计)测量铝合金硬度的方法，适用于 3003-0 到 7075-T6 铝合金材料的硬度测量，测量值的范围相当于洛氏硬度 25~110HRE，通常采用的韦氏硬度计有美国的 B 型和中国的 W-20 型两种。韦氏硬度计轻便，便于携带，可在现场直接、无损地测量材料和试样的硬度，特别适用于生产现场的快速测试。

韦氏硬度试验原理是：在一定压力下，将压针压入试样的表面，材料的硬度与压入的深度成反比。

韦氏硬度计由以下三个主要部件组成：框架，操作手柄和压针套筒组件。压针套筒组件包括压针、负载弹簧、调节螺母、压针套筒、复位键、复位弹簧、表头等。

韦氏硬度试验的具体操作如下：将被测件置于砧座和压头之间，压针与试验面垂直，轻轻压下手柄，使压针压住试样。然后快速压下手柄，施加足够的力，使压针套筒的端面紧贴在试样上，这时表头指针将指示一个读数，该指示读数为被检材料的韦氏硬度值。在读数时仍应握紧手柄，因为测量过程中的任何扭转或移动都会使读数不准。检测时应注意以下几点：

(1)为准确测量铝合金韦氏硬度，除应注意按硬度计的使用说明及试验标准进行校准与测量外，还应注意对硬度计进行定期的维护与保养；

(2)从时效炉中取出的材料不能马上用韦氏硬度计测量，应待材料的温度降到  $50^\circ\text{C}$  以下后方可测量。否则将因材料在不同温度下的硬度值不同，材料温度较高时检测的硬度值有所降低，检测的材料硬度值不准确；

(3)两次测量时相邻压痕的中心距离应大于  $6\ \text{mm}$ ，一般情况下，每个试样至少测量三点，然后取其算术平均值作为韦氏硬度值；

(4)在测量较软的材料时，表头指针的瞬间达到最大值，随后可能会稍为下降，此时测量值以观察到的最大值为准；

(5)韦氏硬度计的砧座和压头具有相同的硬度，禁止韦氏硬度计“空打”，否则压头将会损坏。

## 2.3 硬度试验与拉伸试验的关系

拉伸试验是铝合金材料力学性能的仲裁试验，试验数据全面，试验精度高，但试样加工较复杂，

试验时间长，且属于破坏性试验，不适合于生产现场的快速检验和质量控制。硬度试验操作简单，试样加工方便，属于非破坏性试验，特别是韦氏硬度试验可实现挤压型材硬度的在线检验。通过大量的实验数据分析和对比，对于组织均匀的铝及铝合金挤压型材，其拉伸试验的抗拉强度与硬度之间有一定的对应关系。在生产检验中可通过检验挤压型材的硬度来推算其抗拉强度，实现挤压型材力学性能的在线检验。表 6—2—7 是常用 6060、6063、6063A、6061 合金挤压型材硬度与抗拉强度换算举例。但需特别注意，由于铝合金型材金属内部组织的均匀性的影响，硬度试验与拉伸试验之间的换算有一定的偏差，不能仅仅用硬度试验来代替拉伸试验，仲裁试验必须采用拉伸试验。一般合金化程度越高的铝合金挤压型材，硬度和抗拉强度换算值偏差较大，如 2XXX、5XXX 和 7XXX 系列合金，低合金化的铝合金挤压型材，两者偏差较少，如 6XXX 系列的 6060、6063、6061、等。也可采用经验公式近似推算型材的抗拉强度值与韦氏硬度的关系： $R_m=(19 \times \text{韦氏硬度值} \pm 8)\text{MPa}$ 。

表 6—2—7 6060、6063、6063A、6061 铝合金挤压型材硬度与抗拉强度换算表

洛氏硬度 (HRE)	韦氏硬度 (HW)	维氏硬度 (HV)	抗拉强度 $R_m/\text{MPa}$
54	7	58	145
	7.5	59.5	152
58	8	61	160
	8.5	63	167
62.5	9	65	175
	9.5	67	182
67	10	69	189
	10.5	71	197
71	11	73	204
	11.5	76	211
75	12	78	219
	12.5	81	226
79.5	13	83	233
	13.5	86	241
84	14	91	248
	14.5	95	255
88	15	99	263
	15.5	104	270
92.5	16	108	277
	16.5	113	285
97	17	119	292
	17.5	124	299
101	18	131	306
	19	—	313
—	20	—	320

### 三、挤压型材表面品质的检验

挤压型材表面应整洁，不允许有裂纹、起皮、腐蚀和气泡等缺陷存在。挤压型材表面质量的检验采用目视法，用正常视力，在自然散射光条件下检查，不使用放大器。对缺陷深度不能确定时，可采用打磨法测量。挤压型材各种常见表面品质缺陷的特征及产生原因见表 6—2—8。

表 6-2—8 铝合金挤压型材表面质量缺陷特征及产生原因表

缺陷名称	缺陷特征	缺陷产生原因
------	------	--------

气泡	局部表面金属与基体金属呈连续或非连续分离, 表现为圆形单个或条状空腔凸起的缺陷	a) 挤压时挤压筒和挤压垫带有水分、油等脏物; b) 由于挤压筒磨损, 磨损部位与铸锭中间的空气, 在挤压时进入金属表面; c) 铸锭组织本身有疏松、气孔缺陷; d) 挤压筒与金属挤压温度过高; e) 热处理温度过高, 保温时间过长、炉内气氛湿度高; f) 制品中氢含量过高
起皮	制品表皮金属与基体金属间产生局部脱落现象	a) 换合金挤压时, 挤压筒内粘有金属形成的衬套, 清理不干净; b) 挤压筒与挤压垫配合不适当, 在挤压筒内壁衬有局部残留金属; c) 模孔上粘有金属或模子工作带过长
挤压裂纹	制品表面呈周期性出现的横向开裂, 并深入金属内部, 严重地破坏了金属连续性缺陷	a) 挤压速度过快; b) 挤压温度过高; c) 挤压速度波动太大
划伤	因尖锐的东西(如设备上的尖锐物, 金属屑等)与制品表面接触, 在相对滑动时所造成的呈单条状分布的伤痕	a) 工具装配不正, 导路、工作台不平滑等; b) 模子工作带上粘有金属屑; c) 运输过程中操作不当, 吊具不适合
擦伤	制品表面与其他物体的棱或面接触后发生相对滑动或错动而在制品表面造成的成束(或组)分布的伤痕	a) 模具磨损严重; b) 因铸锭温度过高, 模孔粘铝; c) 挤压筒内落入石墨及油等脏物; d) 制品相互串动, 使表面擦伤
内表面擦伤	管材内表面在挤压过程中产生的擦伤	a) 挤压针粘有金属; b) 挤压针温度低; c) 挤压针表面品质不好, 有磕碰伤; d) 挤压温度, 速度控制不好; e) 挤压润滑剂配比不当; f) 抹油不均
麻面(毛刺)	制品表面呈细小的凹凸不平的连续的片状、点状、的擦伤、麻点、金属豆。因呈大片的金属豆(毛刺)——小划道而使制品表面不光滑, 每个金属豆(挤压方向)的前面有一个小划道, 划道的末端积累成金属豆	a) 工具硬度不够; b) 挤压温度过高; c) 挤压速度过快; d) 模子工作带过长, 粗糙或粘有金属

缺陷名称	缺陷特征	缺陷产生原因
表面腐蚀	未表面处理的制品与外界介质发生化学或电化学反应后,引起表面局部破坏而产生的缺陷,被腐蚀制品表面失去金属光泽,严重时在表面产生灰白色的腐蚀物	制品在生产和储运过程中接触水、酸、碱、盐等腐蚀介质
金属压入	有金属碎屑压入挤压型材的表面	a)管毛料端头有毛刺; b)管毛料内表面粘有金属屑或润滑油内含 有金属碎屑等脏物; c)孔形、芯头上粘金属
内表面波浪	在管材内表面上,沿纵向出现的环形波纹	a)芯头不适当; b)送料量过大; c)孔型间隙大
磕碰伤	挤压型材间或挤压型材与其他物体发生碰撞而在其表面形成的伤痕	a)工作台、料架等结构不合理; b)料筐、料架等露金属; c)操作时没注意轻拿轻放
粗模痕(粗纹)	挤压型材表面纵向凹凸不平的痕迹或纹路	a)模具工作带不光滑; b)模具工作带硬度低; c)挤压温度高; d)挤压速度快
拉沟	挤压型材表面纵向凹下去的小沟痕	a)模具工作带不光滑,表面有异物; b)铝棒夹杂; c)模具工作带硬度低,氮化层剥落; d)挤压温度高
凸线	挤压型材表面纵向凸起的小纹路	a)模具工作带有凹坑; b)模具工作带硬度低,氮化层剥落
震纹	挤压型材表面横向类似挤压停止痕的纹路,主要是在挤压过程中由于挤压机压力的突变,造成模具产生弹性回复,模具工作带的咬痕	a)挤压机压力不稳定; b)铝棒在挤压筒中填充和排气不充分; c)模垫与模子之间有间隙; d)模具高温强度低

#### 四、挤压型材组织检验

##### 4.1 低倍组织检验

###### 1) 试样制备

- (1) 所有挤压型材的低倍组织试样,应在挤压尾部沿横向切取;
- (2) 检查粗晶环的低倍试片应是淬火状态;
- (3) 所有低倍试片的被检查面需经铣削加工,其表面粗糙度应小于  $Ra \ 3.2 \mu m$ ;
- (4) 铣削加工后的试片应保持清洁,不得污染;
- (5) 挤压状态切取的检查低倍粗晶环的试片,淬火后铣削加工时,其厚度的铣削量应大于  $5 \text{ mm}$ 。

###### 2) 试样浸蚀

挤压型材的低倍组织浸蚀通常采用碱蚀进行,碱蚀工艺见表 6—2—9。碱蚀时应以显示组织或缺陷清晰为准。检查焊缝的试片碱蚀时间应相应增加 1 到 2 倍。试样经碱洗后,应迅速转入流动的清水(自来水)中清洗,然后再放入 20%~30%(V/V)的  $\text{HN03}$  溶液中进行清洗,除去黑色碱蚀产物,最后在经流动的清水冲干净,即可进行检查。

表 6—2—9 铝及铝合金挤压型材低倍试样碱蚀工艺表

合金牌号	NaOH 溶液浓度 /g · L <sup>-1</sup>	NaOH 溶液 温度/°C	浸蚀时间 /min
纯铝	150~250	室温	25~30
3A21、3003、5A02、5052			
5A03、5A05、5A06、5056、2A02、2A80、 6A02、 6005、6060、6063、6061、6063A、6082			15~25
2A11、2A12、2A16、2A17、2014、2017、 7A04、 7A09、7075、4032			10~20

若需显现挤压型材的晶粒，可按如下方法进行：

(1) 软合金型材进行晶粒度检验时，应在下述组成的特强混合酸溶液中进行浸蚀：将试样放入浸蚀剂中适当时间，立即用水冲洗，可反复进行多次直至晶粒显示清楚为止。

42% (V/V) 的 HF	5 mL
37% (V/V) 的 HCL	175 mL
65%~68% (V/V) 的 HNO <sub>3</sub>	25 mL

(2) 硬合金型材进行晶粒度检验时，可在下列三种浸蚀剂中任选一种在室温下进行浸蚀，直至晶粒显示清楚为止。

① 150~250g/L NaOH 水溶液

② 高浓度混合酸

42% (V/V) 的 HF	10 mL
36%~38% (V/V) 的 HCL	5 mL
65%~68% (V/V) 的 HNO <sub>3</sub>	5 mL
H <sub>2</sub> O	380 mL

③ 稀释特强混合酸(加入 2 倍水)

3) 组织检查

根据标准要求或供需双方商定的质量要求采用目视方法对试样进行检验，并随时变换光线照射方向，详细观察各部位。但遇可疑之处，用目视识别有困难时，可用 10 倍以下的放大镜检查，或酌情进行显微组织及其他手段分析。

挤压型材粗晶环深度的测量，一般取其最大深度，对于制品断面复杂的粗晶环，则在环区一侧取长、宽方向的正方形，其边长即为粗晶环深度。

晶粒度检查：一般按照规定的晶粒度照片或实物对比评定，若需测量晶粒尺寸时，应采用晶粒平均面积(或直径)或单位面积晶粒数表示，测量步骤如下：

(1) 根据晶粒度大小规定，在试片上划出 10 mm×10 mm 或 50 mm×50 mm 方格，也可划出直径为 10 mm 或 50 mm 的圆；

(2) 查出方格或圆内完整晶粒数 p 及被方格或圆周所切割的晶粒数 g，按式 6—2—2 至式 6—2—3 标出晶粒总数，再按式 6—2—4 计算出晶粒平均面积；

当 g 为偶数时

$$n=p+0.5g \quad (6-2-2)$$

当 g 为奇数时

$$n=p+0.5(g+1) \quad (6-2-3)$$

$$F=S/n$$

$$(6-2-4)$$

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/046205202134011001>