



中华人民共和国国家标准

GB/T 38958—2020

变形铝合金精密锻造 工艺规范

Wrought aluminum alloy precision forging—
Technological specification

2020-07-21 发布

2021-02-01 实施

国家市场监督管理总局 发布
国家标准化管理委员会

目 次

前言 III

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 工艺编制原则 1

5 工艺流程设计 5



前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本标准由全国锻压标准化技术委员会(SAC/TC 74)提出并归口。

本标准起草单位:芜湖禾田汽车工业有限公司、北京机电研究所有限公司、江苏太平洋精锻科技股份有限公司、江苏龙城精锻有限公司、湖北三环锻造有限公司、宁波蜗牛锻造有限公司、中机精密成形产业技术研究院(安徽)股份有限公司。

本标准主要起草人:潘琦俊、胡柏丽、魏巍、金红、陶立平、汤敏俊、张运军、魏百江、边翊、周红、周林、刘志群、孙伟、陈天赋、夏宁、丁金根、史志文、王晓飞、邢田喜、杨杰、李航。



变形铝合金精密锻造 工艺规范

1 范围

本标准规定了变形铝合金精密锻件(以下简称“锻件”)的工艺规范,包括总则、锻件图设计、设备选型、模具设计、工艺流程设计。

本标准适用于质量小于 15 kg 的变形铝合金精密锻件的工艺编制。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件,仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

GB/T 1804—2000 一般公差 未注公差的线性和角度尺寸的公差

GB/T 3191 铝及铝合金挤压棒材

GB/T 6519 变形铝、镁合金产品超声波检验方法

GB/T 6892 一般工业用铝及铝合金挤压型材

GB/T 8541 锻压术语

GB/T 8545—2012 铝及铝合金模锻件的尺寸偏差及加工余量

GB/T 9452—2012 热处理炉有效加热区测定方法

GB/T 18851(所有部分) 无损检测 渗透检测

GB/T 34359 变形铝合金精密锻件 通用技术条件

JB/T 9177 钢质模锻件 结构要素

YS/T 67 变形铝及铝合金圆铸锭

YS/T 591 变形铝及铝合金热处理

3 术语和定义

GB/T 8541 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

趁热回炉 hot back to the furnace

锻造过程中,毛坯温度已接近终锻温度,不应继续锻造,需重新回炉加热。

4 工艺编制原则

4.1 总则

一般工艺编制内容应包括锻件图设计、设备选型、模具设计、工艺流程设计。

4.2 锻件图设计

4.2.1 分模线

分模线应能确保锻件流线连续完整,避免涡流、穿流及末端外露。分模线宜选择图 1a)和图 1b)形

式,不宜选择图 1c)形式。

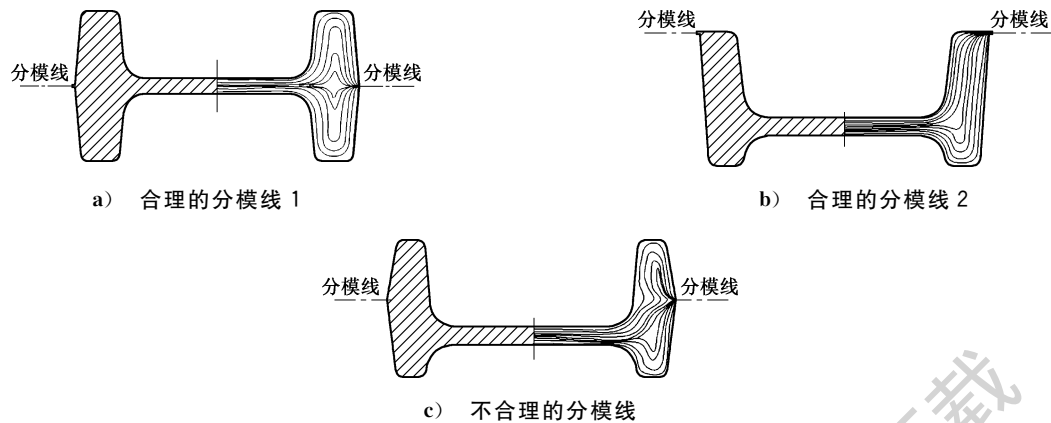


图 1 常见分模线形式

4.2.2 模锻斜度

外模锻斜度宜不大于 5° ,内模锻斜度宜不大于 7° 。

4.2.3 圆角半径

在允许的条件下宜加大圆角半径值。

4.2.4 肋和凸台

肋和凸台宜按表 1 和表 2 设计。

表 1 为开式腹板上的肋或凸台允许的最小宽度 b_{1min} ,见图 2。

表 1 开式腹板上的肋或凸台允许的最小宽度 b_{1min} 单位为毫米

肋条或凸台高度 h	≤ 6	$> 6 \sim 10$	$> 10 \sim 16$	$> 16 \sim 25$	$> 25 \sim 40$	$> 40 \sim 63$	> 63
b_{1min}	2	2.5	3	4	6	8	9

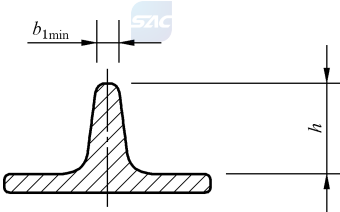


图 2 开式腹板

表 2 为闭式腹板上的肋或凸台允许的最小宽度 b_{2min} ,见图 3。

表 2 闭式腹板上的肋或凸台允许的最小宽度 b_{2min} 单位为毫米

肋条或凸台高度 h	肋间距 a 或直径 d								
	>10 ~ 16	>16 ~ 20	>20 ~ 25	>25 ~ 40	>40 ~ 50	>50 ~ 63	>63 ~ 80	>80 ~ 100	>100
	b_{2min}								
≤ 6	2.5	2.5	2.5	2.5	3	3	4	4	5
$>6\sim 10$	3	3	3	3	3	4	4	4	5
$>10\sim 12$	—	3	3	3	4	4	4	4	5
$>12\sim 16$	—	—	4	4	4	4	4	4	5
$>16\sim 20$	—	—	—	4	4	4	4	5	5
$>20\sim 25$	—	—	—	—	5	5	5	5	6
$>25\sim 32$	—	—	—	—	—	5	5	6	6
$>32\sim 40$	—	—	—	—	—	—	6	6	8
$>40\sim 80$	—	—	—	—	—	—	—	—	9
>80	—	—	—	—	—	—	—	—	10

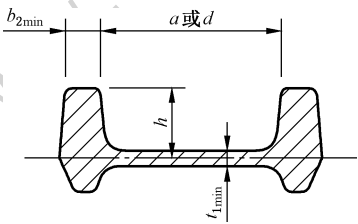


图 3 闭式腹板

4.2.5 腹板

最小腹板厚度 t_{1min} 宜按表 3 选取, 根据锻件在分模面上的投影面积、腹板形式、变形铝合金材料类型选取。

表 3 最小腹板厚度 $t_{1\min}$

投影面积 cm^2	腹板形式			变形铝合金材料类型	
				硬铝、超硬铝	其他铝合金
	开式	闭式		$t_{1\min}$ mm	
≤ 12				2	1.5
$> 12 \sim 25$				2.5	2
$> 25 \sim 50$				4	2
$> 50 \sim 100$				4	3
$> 100 \sim 200$				5	3.5
$> 200 \sim 400$				5	4
$> 400 \sim 800$				8	6
$> 800 \sim 1\,000$				10	7
				12	7.5

4.2.6 加工余量与公差

加工余量应符合 GB/T 8545—2012 的规定,公差应符合 GB/T 8545—2012 中 A 级的规定。

4.2.7 其他要求

其他要求应符合 JB/T 9177 的规定。

4.3 设备选型

4.3.1 成形设备宜选用液压机、螺旋压力机、机械压力机、模锻锤和高速锤等。

4.3.2 设备压力可参考数值模拟结果或根据生产经验公式计算确定。其中,螺旋压力机的压力可按式(1)计算:

$$P = 2kR_m S \quad \dots\dots\dots (1)$$

式中:

P ——压力机压力,单位为牛顿(N);

k ——变形条件系数, k 通常取 5;

R_m ——变形温度下的抗拉强度,单位为兆帕(MPa);

S ——模锻件在平面图上的投影面积(不包括飞边),单位为平方毫米(mm^2)。

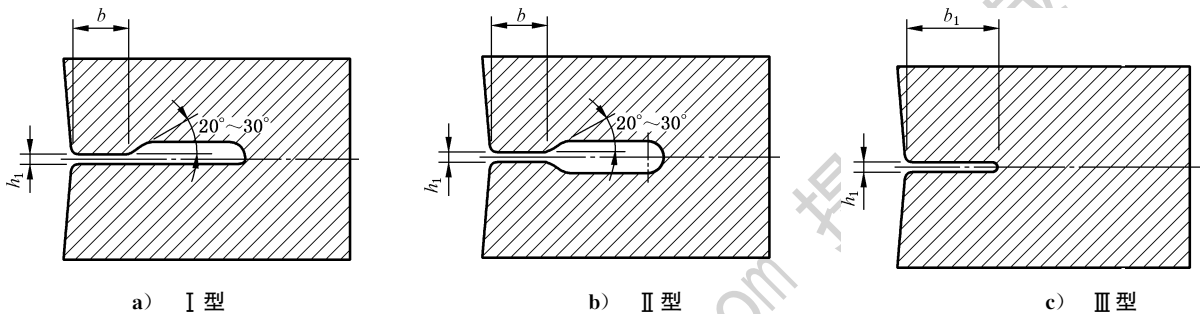
4.3.3 锻造加热宜采用电阻炉、天然气炉,精度应符合 GB/T 9452—2012 中Ⅲ类炉及以上要求。

4.3.4 热处理加热炉精度应符合 GB/T 9452—2012 中Ⅱ类炉及以上要求。

4.4 模具设计

模具设计原则与钢锻件模具设计原则一致,应注意以下方面:

- a) 宜选用在 250 °C ~ 400 °C 具有较高强度的模具材料,如 H13、5CrNiMo、5CrMnMo,也可用 50CrMo 等;
- b) 模具宜设计成单型槽,预锻模宜设有飞边槽,收缩率取 0.6 % ~ 1.0 %;
- c) 常用飞边槽形式见图 4, I 型、II 型 b/h_1 宜取 3 ~ 5,桥部与仓部倾斜过渡斜角可选 20° ~ 30°, III 型 b_1/h_1 宜取 6 ~ 8;
- d) 模具型腔的加工精度应符合 GB/T 1804—2000 中精密级的要求;
- e) 模具工作表面粗糙度 Ra 应低于 0.8 μm 。



说明:
 b —— I 型、II 型飞边桥部宽度;
 b_1 —— III 型飞边桥部宽度;
 h_1 —— 飞边桥部厚度。

图 4 常用飞边槽形式

5 工艺流程设计

5.1 一般工艺流程

一般工艺流程包括备料、加热、锻造、热处理、探伤、表面处理。

5.2 备料

5.2.1 挤压棒材应符合 GB/T 3191 的要求,应综合考虑粗晶环的影响;挤压型材应符合 GB/T 6892 的要求,应考虑锻件流线要求;铸锭应符合 YS/T 67 的要求。

5.2.2 下料宜采用锯床、车床和铣床等。

5.2.3 切面表面粗糙度 Ra 应低于 12.5 μm ,并去除端面毛刺;当锯切表面成为锻造非加工面时,毛坯端面应修平,端面锐棱应倒角或倒圆。

5.3 加热

5.3.1 铝合金锻造温度范围应根据相应牌号合金的塑性图、变形抗力图、再结晶图与生产经验确定。常用铝合金锻造加热温度见表 4,加热保温时间按毛坯实际直径或厚度计算,可结合实际生产情况进行调整,如下所示:

- a) 直径或厚度小于 50 mm 的毛坯,可按 1.5 min/mm 计算;
- b) 直径或厚度在 50 mm ~ 100 mm 之间的毛坯,可按 1.5 min/mm ~ 2 min/mm 计算,尺寸越小

取小值,尺寸越大取大值;

- c) 直径或厚度大于 100 mm 的毛坯,可按 2 min/mm 计算;
- d) 高强度铝合金 7A04、7075 等,加热保温时间可按 2 min/mm~3 min/mm 计算。

表 4 常用铝合金锻造加热温度 单位为摄氏度

合金牌号		6A02 6061	3A21	2A02	7A04 7A09 7A10 7A15 7075	5A12 5A06	5A05
			2A50 2B50 2B70 2A70 2A80 4032 4A11	2A11 2A12 5A02 5A03 2014 2A14 2219			
始锻温度		490	480	470	450	440	440
终锻温度	模锻件	≥380	≥350	≥350	≥350	≥350	≥350
	自由锻件	≥400	≥380	≥380	≥380	≥380	≥380

- 5.3.2 毛坯装炉前应去除表面油垢或其他污物,表面应清洁干燥。
- 5.3.3 毛坯应放置在炉内有效加热区,毛坯之间应留有一定间隙。
- 5.3.4 毛坯趁热回炉,保温时间可比冷毛坯减少 40%~50%。
- 5.3.5 在规定的加热温度下,毛坯在炉内保温的时间不应超过 5 h,高镁(>4.5%)铝合金坯料不应超过 4 h。
- 5.3.6 使用天然气炉时,火焰不应直接接触坯料。

5.4 锻造

5.4.1 一般要求

- 5.4.1.1 每一工作行程允许的最大变形程度应根据该合金的塑性图和锻件形状确定。应避开相应温度的临界变形程度。
- 5.4.1.2 在高速锤等变形速率较大的设备上锻造铝合金时,应考虑热效应,适当降低始锻温度。
- 5.4.1.3 锻造过程节拍应均匀一致,宜采用一火锻造及自动化生产线。

5.4.2 制坯

5.4.2.1 典型锻造工步见图 5。

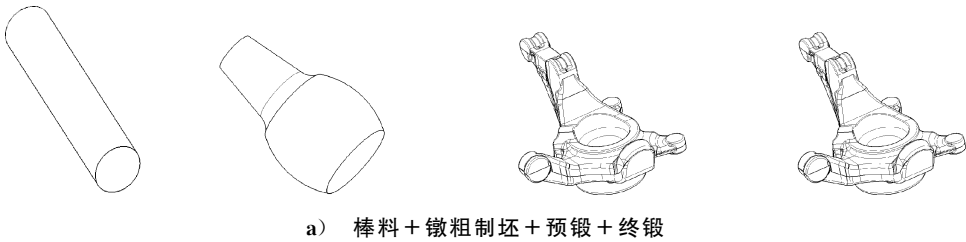


图 5 典型锻造工步

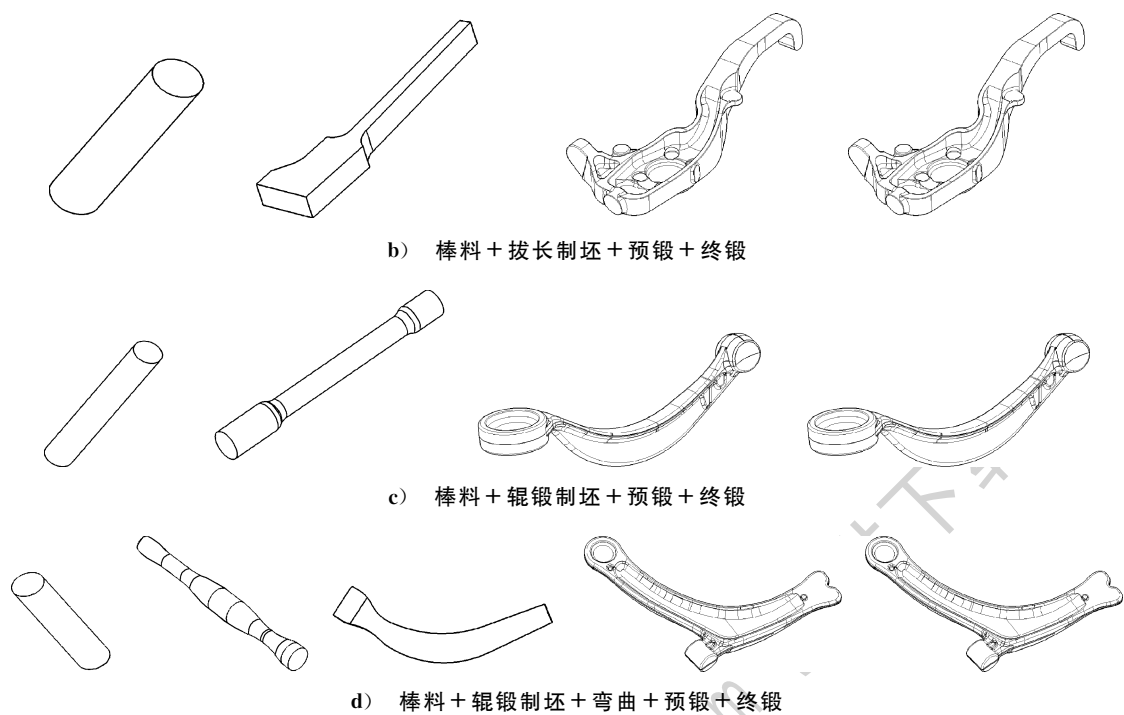


图 5 (续)

- 5.4.2.2 设计各工步毛坯应按体积不变原则,宜采用数值模拟进行优化。毛坯截面应平缓过渡。
- 5.4.2.3 短轴类锻件可采取墩粗或压扁制坯,长轴类锻件宜使用辊锻、楔横轧等设备制坯或自由锻制坯。
- 5.4.2.4 自由锻拔长时坯料的送进量与每次单面压下量之比宜取 1~1.5,弯曲时,坯料的弯曲半径不应小于其截面厚的 1/2。

5.4.3 预锻

- 5.4.3.1 肋高、腹板薄、形状较复杂的锻件,宜采用预锻工序进行体积再分配。
- 5.4.3.2 有闭式腹板或工字形截面的锻件应控制预锻件截面积。

5.4.4 终锻

- 5.4.4.1 毛坯在锻模型腔中应准确定位,宜采用墩粗方式成形。
- 5.4.4.2 形状复杂的锻件,采用多次模锻时,单次模锻的变形量不宜超过 40%。
- 5.4.4.3 应及时清理模膛中润滑剂堆积。

5.4.5 模具温度

- 5.4.5.1 锻造用模具温度应根据锻造设备类型选取,过程中宜采用模具保温措施,锻造暂停时,应对模具及时加热和保温。预热应均匀,热源不应触及模具型腔。表 5 为常用锻造设备锻造铝合金时的模具温度范围。

表 5 常用锻造设备锻造铝合金时的模具温度范围 单位为摄氏度

设备	模具温度	设备	模具温度	设备	模具温度
锻锤	300~350	机械压力机	150~260	平锻机	150~260
液压机	315~430	螺旋压力机	150~260	辊锻机	95~205

5.4.5.2 砧具应预热到 150 ℃~200 ℃。

5.4.6 润滑

- 5.4.6.1 模锻应润滑型腔,润滑剂应均匀喷涂,宜采用自动喷射装置。
- 5.4.6.2 润滑剂可使用粒度 20 μm 以下的石墨类润滑剂或非石墨类环保润滑剂。

5.4.7 切边冲孔

- 5.4.7.1 毛边(连皮)厚度 10 mm 以上、形状复杂、7A04、7075 等高合金化铝合金应在热态下切边(热冲孔)。
- 5.4.7.2 预制坯应热冲孔。

5.4.8 冷却

- 5.4.8.1 锻件的冷却一般采用水冷和散放空冷,散放空冷不应放在潮湿的地上或有空气强烈对流的地方。
- 5.4.8.2 尺寸较大或有特殊要求的锻件,如 7A04、7A09 等,应采用散放空冷。

5.5 热处理

- 5.5.1 变形铝合金热处理应符合 YS/T 591 的规定。
- 5.5.2 可在固溶后、时效前增加冷变形或不超过时效温度的温变形工序。

5.6 探伤

锻件应按需要进行探伤。常用探伤方法有渗透探伤、超声波探伤。渗透探伤应按 GB/T 18851 执行,超声波探伤应按 GB/T 6519 执行。

5.7 表面处理

锻件表面处理应符合 GB/T 34359 的规定。