



中华人民共和国国家标准

GB/T 20078—2023

代替 GB/T 20078—2006

铜和铜合金 锻件

Copper and copper alloys—Forgings

2023-05-23 发布

2023-12-01 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	I
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 标识	1
5 订货资料	8
6 技术要求	8
7 取样.....	21
8 试验方法.....	22
9 合格性证明文件.....	23
10 标记、标签、包装	23
附录 A (资料性) 拉伸性能	24
附录 B (资料性) 推荐的设计指南	26
参考文献	42

前 言

本文件按照 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第 1 部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本文件代替 GB/T 20078—2006《铜和铜合金 锻件》，与 GB/T 20078—2006 相比，除结构调整和编辑性改动外，主要技术变化如下：

- a) 增加了文件适用界限内容(见第 1 章,2006 年版的第 1 章)；
- b) 更改了术语和定义的部分内容(见第 3 章,2006 年版的第 3 章)；
- c) 删除了“材料”和“材料状态”相关内容(见 2006 年版的 4.1、4.2)，增加了“材料牌号”内容(见 4.1)；
- d) 删除了对 EN 标准的引用(见 2006 年版的 4.1.3、4.2、8.3、8.6、9.1、9.2、表 1)；
- e) 增加了“材料组”列，删除了部分材料牌号，并增加了材料牌号和 As、P 元素(见表 1～表 8，2006 年版的表 1～表 8)；
- f) 删除了“表 9 材料组和类别”(见 2006 年版的表 9)；
- g) 增加了表 9“材料组 I 中锻件的硬度”和表 10“材料组 II 中锻件的硬度”(见表 9、表 10)；
- h) 更改了对订货资料的要求(见第 5 章,2006 年版的第 5 章)；
- i) 更改了力学性能、电性能、抗脱锌的要求(见 6.2、6.3、6.4,2006 年版的 6.2、6.3、6.4)；
- j) 删除了残余应力的要求(见 2006 年版的 6.5)；
- k) 增加了热处理和抗应力腐蚀的要求(见 6.5、6.6)；
- l) 删除了容积电阻率和质量电阻率的要求，增加了 Cu-HCP 的电性能要求(见表 11,2006 年版的表 13)；
- m) 更改了“模锻件公差”中通用要求、模腔内的和跨分模线的尺寸公差的规定(见 6.7,2006 年版的 6.6)；
- n) 更改了材料组 I、材料组 II、材料组 III 的模锻件公差的部分数值(见表 12～表 14,2006 年版的表 14～表 16)；
- o) 增加了表 15“材料组 I 的模锻件公差(多边形形状)”(见表 15)；
- p) 更改了对“空心模锻件的公差”的规定，将空心模锻件图示分为孔的中心线与锻造方向一致和垂直于锻造方向两种情况，更改了空心模锻件的公差数值(见 6.8、图 14、图 15、表 17,2006 年版的 6.7、图 14、表 18)；
- q) 更改了“自由锻件公差”中通用要求、尺寸公差、平面度公差的规定(见 6.9,2006 年版的 6.8)；
- r) 表面质量中增加了对特殊表面的要求(见 6.10,2006 年版的 6.9)；
- s) 更改了硬度试验、抗应力腐蚀试验、抗脱锌试验和电性能试验的取样要求(见 7.3,2006 年版的 7.3)；
- t) 更改了硬度试验、抗脱锌试验、抗应力腐蚀试验的试验方法的规定(见 8.3、8.5、8.6,2006 年版的 8.2、8.5、8.6)，删除了拉伸试验方法内容(见 2006 年版的 8.3)，增加了化学成分试验方法内容(见 8.2)；
- u) 将“符合性和检测文件说明”更改为“合格性证明文件”，并更改了该章的内容(见第 9 章,2006 年版的第 9 章)。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由全国锻压标准化技术委员会(SAC/TC 74)提出并归口。

本文件起草单位：中国机械总院集团北京机电研究所有限公司、贵州航宇科技发展股份有限公司、芜湖禾田汽车工业有限公司、湖北三环锻造有限公司、上海交通大学、武汉理工大学、景德镇明兴航空锻压有限公司、邯郸峰驰精密制造有限公司、深圳市凯中精密技术股份有限公司、深圳市大富方圆成型技术有限公司、中国重型机械研究院股份公司。

本文件主要起草人：曾琦、魏巍、李卓、邹朝江、潘琦俊、张运军、赵震、华林、余亮亮、张军改、汪成斌、杨理鹏、丘铭军、林玉彤、张华、胡柏丽、陈天赋、张稳、韩星会、江同飞、石小猛、陈雷、吴量、左长兵。

本文件于 2006 年首次发布，本次为第一次修订。

铜和铜合金 锻件

1 范围

本文件规定了铜和铜合金锻件的标识、订货资料、技术要求、取样、试验方法、合格性证明文件、标记、标签和包装。

本文件适用于铜和铜合金锻件的制造。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；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 231.1 金属材料 布氏硬度试验 第1部分：试验方法

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 5121(所有部分) 铜及铜合金化学分析方法

GB/T 8541 锻压术语

GB/T 10119 黄铜耐脱锌腐蚀性能的测定

GB/T 10567.2 铜及铜合金加工材残余应力检验方法 氨熏试验法

ISO 1811-2 铜和铜合金 化学分析试样的选择和制备 第2部分：加工产品及铸件的取样 (Copper and copper alloys—Selection and preparation of samples for chemical analysis—Part 2: Sampling of wrought products and castings)

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

空心模锻件 **cored die forgings**

在有芯块的闭式模中锻造成形的产品。

3.2

检验批 **inspection lot**

在同一生产条件下，用作检验（试验）的具有相同截面尺寸、相同材料及材料状态的一定数量样本组成的检验体。

4 标识

4.1 材料牌号

材料牌号见表1～表8。

注：由于本文件中规定的材料差异很大，例如成形抗力、锻造温度和压力、模具磨损和应力等，因此将他们分成三组相似的热加工组（材料组Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ，按照热加工特性降序排列），组和预热温度之间存在直接的比例关系。

表 1 铜的成分

材料牌号	化学成分(质量分数)/%								密度 ^c g/cm ³	材料组
	元素	Cu ^a	Bi	O	P	Pb	其他元素 ^b			
							合计	不含		
Cu-ETP	min	99.90	—	—	—	—	—	Ag, O	≈8.9	II
	max	—	0.000 5	0.040 ^d	—	0.005	0.03			
Cu-OF	min	99.95	—	—	—	—	—	Ag	≈8.9	II
	max	—	0.000 5	—	—	0.005	0.03			
Cu-HCP	min	99.95	—	—	0.002	—	—	Ag, P	≈8.9	II
	max	—	0.000 5	—	0.007	0.005	0.03			
Cu-DHP	min	99.90	—	—	0.015	—	—	—	≈8.9	II
	max	—	—	—	0.040	—	—			

^a 包括银,最高含量为 0.015%。
^b 其他元素总量(除铜外)规定为 Ag、As、Bi、Cd、Co、Cr、Fe、Mn、Ni、O、P、Pb、S、Sb、Se、Si、Sn、Te 和 Zn 的总量,但不含指出的个别元素。
^c 仅供参考。
^d 氧含量可达到最高 0.060%,由用户和供应商协商决定。

表 2 低合金化的铜合金

材料牌号	化学成分(质量分数)/%												密度 ^a g/cm ³	材料组
	元素	Cu	Be	Co	Cr	Fe	Mn	Ni	Pb	Si	Zr	其他合计		
CuBe2	min	余量	1.8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	≈8.3	III
	max	—	2.1	0.3	—	0.2	—	0.3	—	—	—	0.5		
CuCo1Ni1Be	min	余量	0.4	0.8	—	—	—	0.8	—	—	—	—	≈8.8	III
	max	—	0.7	1.3	—	0.2	—	1.3	—	—	—	0.5		
CuCo2Be	min	余量	0.4	2.0	—	—	—	—	—	—	—	—	≈8.8	III
	max	—	0.7	2.8	—	0.2	—	0.3	—	—	—	0.5		
CuCr1Zr	min	余量	—	—	0.5	—	—	—	—	—	0.03	—	≈8.9	III
	max	—	—	—	1.2	0.08	—	—	—	0.1	0.30	0.2		
CuNi1Si	min	余量	—	—	—	—	—	1.0	—	0.4	—	—	≈8.8	III
	max	—	—	—	—	0.2	0.1	1.6	0.02	0.7	—	0.3		
CuNi2Si	min	余量	—	—	—	—	—	1.6	—	0.4	—	—	≈8.8	III
	max	—	—	—	—	0.2	0.1	2.5	0.02	0.8	—	0.3		
CuZr	min	余量	—	—	—	—	—	—	—	—	0.10	—	≈8.9	III
	max	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.20	0.1		

^a 仅供参考。

表 3 铜-铝合金成分

材料牌号	化学成分(质量分数)/%											密度 ^a g/cm ³	材料组
	元素	Cu	Al	Fe	Mn	Ni	Pb	Si	Sn	Zn	其他合计		
CuAl8Fe3	min	余量	6.5	1.5	—	—	—	—	—	—	—	≈7.7	II
	max	—	8.5	3.5	1.0	1.0	0.05	0.2	0.1	0.5	0.2		
CuAl10Fe1	min	余量	9.0	0.5	—	—	—	—	—	—	—	≈7.6	II
	max	—	10.0	1.5	0.5	1.0	0.02	0.2	0.1	0.5	0.2		
CuAl10Fe3Mn2	min	余量	9.0	2.0	1.5	—	—	—	—	—	—	≈7.6	II
	max	—	11.0	4.0	3.5	1.0	0.05	0.2	0.1	0.5	0.2		
CuAl10Ni5Fe4	min	余量	8.5	3.0	—	4.0	—	—	—	—	—	≈7.6	II
	max	—	11.0	5.0	1.0	6.0	0.05	0.2	0.1	0.4	0.2		
CuAl11Fe6Ni6	min	余量	10.5	5.0	—	5.0	—	—	—	—	—	≈7.4	II
	max	—	12.5	7.0	1.5	7.0	0.05	0.2	0.1	0.5	0.2		

^a 仅供参考。

表 4 铜-镍合金成分

材料牌号	化学成分(质量分数)/%													密度 ^a g/cm ³	材料组
	元素	Cu	C	Co	Fe	Mn	Ni	P	Pb	S	Sn	Zn	其他合计		
CuNi10 Fe1Mn	min	余量	—	—	1.0	0.5	9.0	—	—	—	—	—	—	≈8.9	III
	max	—	0.05	0.1 ^b	2.0	1.0	11.0	0.02	0.02	0.05	0.03	0.5	0.2		
CuNi30 Mn1Fe	min	余量	—	—	0.4	0.5	30.0	—	—	—	—	—	—	≈8.9	III
	max	—	0.05	0.1 ^b	1.0	1.5	32.0	0.02	0.02	0.05	0.05	0.5	0.2		

^a 仅供参考。
^b 将最大值 0.1% 的 Co 看作是 Ni。

表 5 铜-镍-锌合金成分

材料牌号	化学成分(质量分数)/%										密度 ^a g/cm ³	材料组
	元素	Cu	Fe	Mn	Ni	Pb	Sn	Zn	其他合计			
CuNi7Zn39Pb3Mn2	min	47.0	—	1.5	6.0	2.3	—	余量	—	≈8.5	III	
	max	50.0	0.3	3.0	8.0	3.3	0.2	—	0.2			

^a 仅供参考。

表 6 铜-锌合金成分(铜-锌二元合金成分)

材料牌号	化学成分(质量分数)/%										密度 ^a / g/cm ³	材料组	
	元素	Cu	As	Al	Fe	Ni	Pb	Sn	Zn	其他 合计			
CuZn37	min	62.0	—	—	—	—	—	—	—	余量	—	≈8.4	II
	max	64.0	—	0.05	0.1	0.3	0.1	0.1	—	—	0.1		
CuZn40	min	59.5	—	—	—	—	—	—	—	余量	—	≈8.4	I
	max	61.5	—	0.05	0.2	0.3	0.2	0.2	—	—	0.2		
CuZn42	min	57.0	—	—	—	—	—	—	—	余量	—	≈8.4	I
	max	59.0	—	—	0.3	0.3	0.2	0.3	—	—	0.2		
CuZn38As	min	61.5	0.02	—	—	—	—	—	—	余量	—	≈8.4	I
	max	63.5	0.15	0.05	0.1	0.3	0.2	0.1	—	—	0.2		

^a 仅供参考。

表 7 铜-锌-铅合金成分

材料牌号	化学成分(质量分数)/%											密度 ^a / g/cm ³	材料组
	元素	Cu	Al	As	Fe	Mn	Ni	Pb	Sn	Zn	其他 合计		
CuZn36Pb2As	min	61.0	—	0.02	—	—	—	1.7	—	余量	—	≈8.4	I
	max	63.0	0.05	0.15	0.1	0.1	0.3	2.8	0.1	—	0.2		
CuZn38Pb1	min	60.0	—	—	—	—	—	0.8	—	余量	—	≈8.4	I
	max	61.0	0.05	—	0.2	—	0.3	1.6	0.2	—	0.2		
CuZn38Pb2	min	60.0	—	—	—	—	—	1.6	—	余量	—	≈8.4	I
	max	61.0	0.05	—	0.2	—	0.3	2.5	0.2	—	0.2		
CuZn39Pb1	min	59.0	—	—	—	—	—	0.8	—	余量	—	≈8.4	I
	max	60.0	0.05	—	0.3	—	0.3	1.6	0.3	—	0.2		
CuZn39Pb2	min	59.0	—	—	—	—	—	1.6	—	余量	—	≈8.4	I
	max	60.0	0.05	—	0.3	—	0.3	2.5	0.3	—	0.2		
CuZn39Pb2Sn	min	59.0	—	—	—	—	—	1.6	0.2	余量	—	≈8.4	I
	max	60.0	0.10	—	0.4	—	0.3	2.5	0.5	—	0.2		
CuZn39Pb3	min	57.0	—	—	—	—	—	2.5	—	余量	—	≈8.4	I
	max	59.0	0.05	—	0.3	—	0.3	3.5	0.3	—	0.2		
CuZn40Pb1Al	min	57.0	0.05	—	—	—	—	1.0	—	余量	—	≈8.3	I
	max	59.0	0.30	—	0.2	—	0.2	2.0	0.2	—	0.2		

表 7 铜-锌-铅合金成分 (续)

材料牌号	化学成分(质量分数)/%											密度 ^a / g/cm ³	材料组
	元素	Cu	Al	As	Fe	Mn	Ni	Pb	Sn	Zn	其他 合计		
CuZn40Pb2	min	57.0	—	—	—	—	—	1.6	—	余量	—	≈8.4	I
	max	59.0	0.05	—	0.3	—	0.3	2.5	0.3	—	0.2		
CuZn35Pb1.5AlAs	min	62.0	0.50	0.02	—	—	—	1.2	—	余量	—	≈8.4	I
	max	64.0	0.70	0.15	0.3	0.1	0.2	1.6	0.3	—	0.2		
CuZn33Pb1.5AlAs	min	64.0	0.80	0.02	—	—	—	1.2	—	余量	—	≈8.4	I
	max	66.0	1.00	0.15	0.3	0.1	0.2	1.7	0.3	—	0.2		

^a 仅供参考。

表 8 复杂铜-锌合金成分

材料牌号	化学成分(质量分数)/%													密度 ^a / g/cm ³	材料组
	元素	Cu	Al	As	Fe	Mn	Ni	P	Pb	Si	Sn	Zn	其他 合计		
CuZn23Al6Mn4Fe3Pb	min	63.0	5.00	—	2.0	3.5	—	—	0.2	—	—	余量	—	≈8.2	I
	max	65.0	6.00	—	3.5	5.0	0.5	—	0.8	0.20	0.2	—	0.2		
CuZn32Pb2AsFeSi	min	64.0	—	0.03	0.1	—	—	—	1.5	0.45	—	余量	—	≈8.4	I
	max	66.5	0.05	0.08	0.2	—	0.3	—	2.2	0.80	0.3	—	0.2		
CuZn35Ni3Mn2AlPb	min	58.0	0.30	—	—	1.5	2.0	—	0.2	—	—	余量	—	≈8.3	I
	max	60.0	1.30	—	0.5	2.5	3.0	—	0.8	0.10	0.5	—	0.3		
CuZn36Sn1Pb	min	61.0	—	—	—	—	—	—	0.2	—	1.0	余量	—	≈8.3	I
	max	63.0	—	—	0.1	—	0.2	—	0.6	—	1.5	—	0.2		
CuZn37Mn3Al2PbSi	min	57.0	1.30	—	—	1.5	—	—	0.2	0.30	—	余量	—	≈8.1	I
	max	59.0	2.30	—	1.0	3.0	1.0	—	0.8	1.30	0.4	—	0.3		
CuZn39Sn1	min	59.0	—	—	—	—	—	—	—	—	0.5	余量	—	≈8.4	I
	max	61.0	—	—	0.1	—	0.2	—	0.2	—	1.0	—	0.2		
CuZn40Mn1Pb1	min	57.0	—	—	—	0.5	—	—	1.0	—	—	余量	—	≈8.3	I
	max	59.0	0.20	—	0.3	1.5	0.6	—	2.0	0.10	0.3	—	0.3		
CuZn40Mn1Pb1AlFeSn	min	57.0	0.30	—	0.2	0.8	—	—	0.8	—	0.2	余量	—	≈8.3	I
	max	59.0	1.30	—	1.2	1.8	0.3	—	1.6	—	1.0	—	0.3		
CuZn40Mn1Pb1FeSn	min	56.5	—	—	0.2	0.8	—	—	0.8	—	0.2	余量	—	≈8.3	I
	max	58.5	0.10	—	1.2	1.8	0.3	—	1.6	—	1.0	—	0.3		

表 8 复杂铜-锌合金成分 (续)

材料牌号	化学成分(质量分数)/%													密度 ^a g/cm ³	材料组
	元素	Cu	Al	As	Fe	Mn	Ni	P	Pb	Si	Sn	Zn	其他合计		
CuZn21Si3P	min	75.0	—	—	—	—	—	0.02	—	2.70	—	余量	—	≈8.3	I
	max	77.0	0.05	—	0.3	0.05	0.2	0.10	0.1	3.50	0.3	—	0.2		
CuZn33Pb1AlSiAs	min	64.0	0.10	0.05	—	—	—	—	0.4	0.10	—	余量	—	≈8.5	I
	max	67.0	0.40	0.08	0.3	0.1	0.2	0.02	0.9	0.30	0.3	—	0.2		

^a 仅供参考。

4.2 产品标识

产品标识提供了一种标准化的命名模式,通过这种命名模式,可以快速、明确地描述某种产品。本文件所涉及的产品标识宜包含如下内容:

- 名称(锻件);
 - 本文件编号;
 - 材料牌号;
 - 锻件的硬度(要求的最低硬度值,见表 9~表 10),无硬度要求时可不标识。
- 更多个性化需求可由供需双方协商确定。
产品标识的产生如以下示例所示。

示例:

符合本文件的锻件,其材料牌号为 CuZn40Pb2,锻件的最低布氏硬度为 70 HBW,按如下标识:

锻件 GB/T 20078-2023-CuZn40Pb2-70

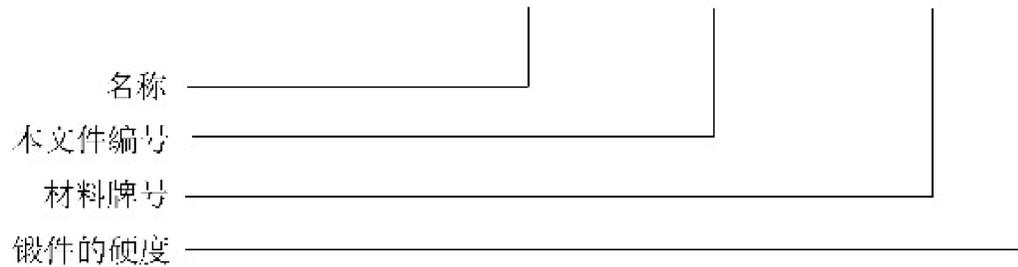


表 9 材料组 I 中锻件的硬度

材料牌号	布氏硬度 HBW
CuZn40	≥70
CuZn42	
CuZn38As	≥60
CuZn36Pb2As	≥60

表 9 材料组 I 中锻件的硬度 (续)

材料牌号	布氏硬度 HBW
CuZn38Pb1	≥70
CuZn38Pb2	
CuZn39Pb2	
CuZn39Pb2Sn	
CuZn39Pb3	
CuZn40Pb1Al	
CuZn40Pb2	
CuZn35Pb1.5AlAs	
CuZn33Pb1.5AlAs	
CuZn32Pb2AsFeSi	≥70
CuZn37Mn3Al2PbSi	≥130
CuZn39Sn1	≥70
CuZn40Mn1Pb1AlFeSn	≥100
CuZn40Mn1Pb1FeSn	≥80
CuZn21Si3P	≥120
CuZn33Pb1AlSiAs	≥60

表 10 材料组 II 中锻件的硬度

材料牌号	布氏硬度 HBW
Cu-ETP	≥40
Cu-OF	
Cu-HCP	
CuAl8Fe3	≥90
CuAl10Fe3Mn2	≥120
CuAl10Ni5Fe4	≥170
CuAl11Fe6Ni6	≥180
CuZn37	≥70

5 订货资料

供需双方宜对订货程序进行确认,需方宜在订单中包含下列内容:

- a) 所需产品数量(批量或件数);
- b) 名称(锻件);
- c) 本文件编号;
- d) 材料牌号;
- e) 硬度,无硬度要求时可不标识;
- f) 锻件的公称尺寸,或留有公差的锻件图,或包括图号的最终产品图(见 6.7);
- g) 若需要通过抗应力腐蚀试验,允许供方选择试验方法,并明确采用何种试验方法(见 8.6),若需方选用 GB/T 10567.2,则需选定测试溶液的 pH 值;
- h) 产品是否以加热去应力状态提供;
- i) 需要时,拉伸性能需要供方和需方达成一致(见 6.2.2 和表 A.1~表 A.3);
- j) 若需要合格性证明文件,见第 9 章;
- k) 其他标记、标签或包装等特殊要求(见第 10 章)。

注 1: 建议 b)~e)产品标识按照 4.2 规定执行。

注 2: 必要时需方宜在订单中说明 g)~k)。

订货资料说明如以下示例所示。

示例:

订购 200 件符合 GB/T 20078—2023,材料牌号为 CuZn40Pb2,最低布氏硬度为 70 HBW,图号为 XY000 锻件的详细内容:

200 件 锻件 GB/T 20078—2023- CuZn40Pb2-70-图号 XY000

6 技术要求

6.1 化学成分

材料的化学成分应符合表 1~表 8 中的要求。

6.2 力学性能

6.2.1 硬度

硬度应符合表 9~表 10 中的要求。对于表 9~表 10 中未提及的合金,其硬度值需由供方和需方达成一致。

6.2.2 拉伸性能

本文件无强制规定的拉伸性能,表 A.1~表 A.3 中给出的值仅供参考。

6.3 电性能

表 11 中列出的锻件材料应符合同一表中规定的电性能。

表 11 20 °C 时电性能

材料牌号	20 °C 时的电性能	
	传导率	
	MS/m	%IACS ^a
Cu-ETP	≥58.0	≥100.0
Cu-OF		
Cu-HCP	≥57.0	≥98.0
CuCo1Ni1Be	≥25.0 ^b	≥43.1 ^b
CuCo2Be		
CuCr1Zr	≥43.0 ^b	≥74.1 ^b
CuNi2Si	≥17.0 ^b	≥29.3 ^b

^a IACS 为退火铜国际标准。%IACS 值按照退火高传导铜的标准值的百分比计算,由国际电工技术委员会制定。将 20 °C 时电传导率为 58 MS/m 的铜对应的导电率定义为 100%。

^b 锻造并经沉淀硬化处理状态。

6.4 抗脱锌

CuZn38As、CuZn36Pb2As、CuZn35Pb1.5AlAs、CuZn33Pb1.5AlAs、CuZn32Pb2AsFeSi、CuZn21Si3P 和 CuZn33Pb1AlSiAs 产品任一方向上的最大脱锌深度为 150 μm。

6.5 热处理

CuZn38As、CuZn36Pb2As、CuZn35Pb1.5AlAs、CuZn33Pb1.5AlAs、CuZn32Pb2AsFeSi 和 CuZn33Pb1AlSiAs 产品的 β 相比例应小于 3%。

CuZn21Si3P 以外的合金产品热成形后的热处理温度应在 500 °C ~ 550 °C 范围内。若需方需将材料加热到 530 °C 以上(如钎焊、铜焊或焊接操作),应向供方征求意见。

6.6 抗应力腐蚀

抗应力腐蚀要求由供需双方协商确定。

6.7 模锻件公差

6.7.1 通用要求

标示在锻件图上的尺寸公差和形位公差应遵循本文件规定。若图中未标示公差,则应使用 GB/T 1804—2000 中 c 级公差确定的值。

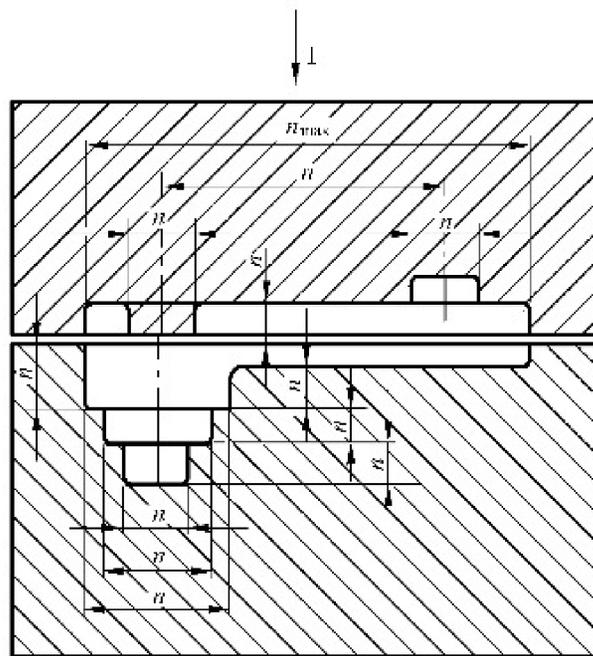
建议在图上标出对本文件的引用说明,对于模锻件应辨别以下两种不同类型的尺寸:

- 模腔内的尺寸是根据锻件形状标注在一个独立的模块中,并且没有相互运动,见图 1 中的尺寸 n ,这些模块由一个整体或几个相互固定的组件组成;
- 越过分模线的尺寸,来源于两个或更多相互运动的模具,见图 2 中的尺寸 t 。

利用图 1 和图 2 所示模具生产的模锻件见图 3。

推荐的机加工余量和总余量见 B.2.10 和表 B.6。

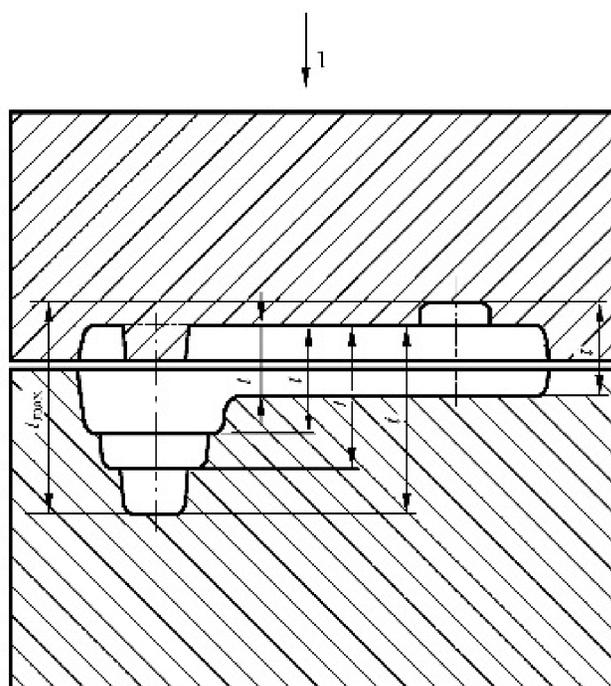
单位为毫米



标引序号说明：
1——锻造方向。

图 1 模腔内的尺寸 n

单位为毫米



标引序号说明：
1——锻造方向。

图 2 跨分模线的尺寸 t

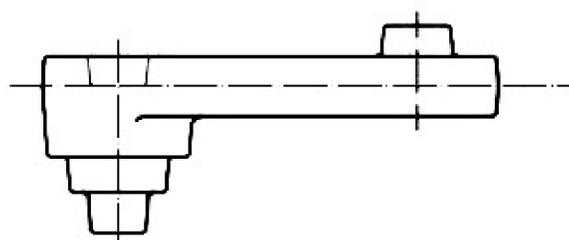


图3 模锻件

6.7.2 模腔内和跨分模线的尺寸公差

对于材料组 I、材料组 II 和材料组 III，尺寸 n 和 t 应分别符合表 12～表 14 的规定。

对于材料组 I，多边形形状的公差应符合表 15 的规定。

锻造方向的最大尺寸 t_{\max} 是跨分模线尺寸 t 的适用公差的基本尺寸。 t_{\max} 的公差取决于零件打击方向的投影面积 A 。圆形零件时，面积 A 等于圆的面积；不规则形状零件时，面积 A 等于外切矩形面积（见图 4）。所有较小的尺寸 t 具有与 t_{\max} 相同的公差。

表 12～表 14 给出的公差也适用于一面是模腔、另一面是平面的模具制成的模锻件。

公差对公称尺寸不一定需要对称，可以是全部正公差或全部负公差。

表 12 材料组 I 的模锻件公差

公称尺寸 X mm	n 的允许公差 mm	面积 A mm ²						形状公差		
		$0 < A \leq 2\,500$	$2\,500 < A \leq 5\,000$	$5\,000 < A \leq 10\,000$	$10\,000 < A \leq 20\,000$	$20\,000 < A \leq 40\,000$	$40\,000 < A \leq 80\,000$	错差 mm	飞边 超差 mm	平面度 公差 mm
		t_{\max} 的尺寸公差 mm								
$0 < X \leq 20$	± 0.2	-0.2 $+0.3$	-0.2 $+0.3$	± 0.3	± 0.4	± 0.5	± 0.5	≤ 0.2	≤ 0.3	≤ 0.3
$20 < X \leq 40$	± 0.3	-0.3 $+0.4$	-0.3 $+0.4$	± 0.4	± 0.5	-0.5 $+0.7$	-0.5 $+0.7$	≤ 0.2	≤ 0.3	≤ 0.3
$40 < X \leq 60$	± 0.3	—	± 0.5	± 0.5	± 0.5	-0.5 $+0.7$	-0.5 $+0.7$	≤ 0.3	≤ 0.4	≤ 0.5
$60 < X \leq 100$	± 0.4	—	-0.5 $+0.7$	-0.5 $+0.7$	-0.5 $+0.7$	-0.5 $+0.7$	-0.5 $+0.7$	≤ 0.4	≤ 0.4	≤ 0.5
$100 < X \leq 150$	± 0.5	—	—	-0.5 $+0.8$	-0.5 $+0.8$	-0.5 $+0.8$	-0.5 $+1.0$	≤ 0.5	≤ 0.5	≤ 0.7
$150 < X \leq 200$	± 0.6	—	—	—	-0.5 $+0.8$	-0.5 $+1.0$	-0.7 $+1.0$	≤ 0.6	≤ 0.5	≤ 0.9
$200 < X \leq 300$	± 0.8	—	—	—	—	—	-0.7 $+1.3$	≤ 0.6	≤ 1.0	≤ 1.4

表 12 材料组 I 的模锻件公差 (续)

公称尺寸 X mm	n 的允许公差 mm	面积 A mm ²						形状公差		
		0 < A ≤ 2 500	2 500 < A ≤ 5 000	5 000 < A ≤ 10 000	10 000 < A ≤ 20 000	20 000 < A ≤ 40 000	40 000 < A ≤ 80 000	错差 mm	飞边 超差 mm	平面度 公差 mm
		t _{max} 的尺寸公差 mm								
顶杆压痕		±0.3	±0.3	±0.3	±0.5	±0.5	±0.8	—	—	—
与外直径相关的圆度公差通过对相关圆的 n 或 t _{max} 的上、下公差绝对值求和计算得出。 模锻件公差考虑飞边影响。 仅适用于固定凸模成形后的产品,对于活动凸模成形的产品参考表 18										

表 13 材料组 II 的模锻件公差

公称尺寸 X mm	n 的允许公差 mm	面积 A mm ²						形状公差		
		0 < A ≤ 2 500	2 500 < A ≤ 5 000	5 000 < A ≤ 10 000	10 000 < A ≤ 20 000	20 000 < A ≤ 40 000	40 000 < A ≤ 80 000	错差 mm	飞边 超差 mm	平面度 公差 mm
		t _{max} 的尺寸公差 mm								
0 < X ≤ 20	±0.3	±0.55	±0.45	±0.60	—	—	—	≤0.3	≤0.4	≤0.45
20 < X ≤ 50	±0.5	+0.75 -0.45	+0.75 -0.45	+0.90 -0.60	+1.05 -0.60	+1.35 -0.75	+1.80 -0.75	≤0.3	≤0.4	≤0.45
50 < X ≤ 100	±0.6	+0.75 -0.45	+0.75 -0.45	+0.90 -0.60	+1.20 -0.75	+1.50 -0.75	+1.95 -0.90	≤0.5	≤0.6	≤0.75
100 < X ≤ 150	±0.8	—	—	+1.05 -0.60	+1.35 -0.75	+1.65 -0.75	+2.10 -0.90	≤0.6	≤0.8	≤1.05
150 < X ≤ 200	±0.9	—	—	—	+1.50 -0.75	+1.80 -0.75	+2.10 -1.05	≤0.8	≤0.8	≤1.35
200 < X ≤ 300	±1.2	—	—	—	—	—	+2.40 -1.05	≤0.8	≤1.0	≤2.10
顶杆压痕		±0.3	±0.3	±0.3	±0.5	±0.5	±0.8	—	—	—
与外直径相关的圆度公差通过对相关圆的 n 或 t _{max} 的上、下公差绝对值求和计算得出。 模锻件公差考虑飞边影响。 仅适用于固定凸模成形后的产品,对于活动凸模成形的产品参考表 18										

表 14 材料组Ⅲ的模锻件公差

公称尺寸 X mm	n 的允许公差 mm	面积 A mm ²						形状公差		
		$0 < A \leq 2\,500$	$2\,500 < A \leq 5\,000$	$5\,000 < A \leq 10\,000$	$10\,000 < A \leq 20\,000$	$20\,000 < A \leq 40\,000$	$40\,000 < A \leq 80\,000$	错差 mm	飞边 超差 mm	平面度 公差 mm
		t_{\max} 的尺寸公差 mm								
$0 < X \leq 20$	± 0.4	± 0.6	± 0.6	± 0.8	—	—	—	≤ 0.3	≤ 0.4	≤ 0.6
$20 < X \leq 50$	± 0.6	$+1.0$ -0.6	$+1.0$ -0.6	$+1.2$ -0.8	$+1.4$ -0.8	$+1.8$ -1.0	$+2.4$ -1.0	≤ 0.3	≤ 0.4	≤ 0.6
$50 < X \leq 100$	± 0.8	$+1.0$ -0.6	$+1.0$ -0.6	$+1.2$ -0.8	$+1.6$ -1.0	$+2.0$ -1.0	$+2.6$ -1.2	≤ 0.5	≤ 0.6	≤ 1.0
$100 < X \leq 150$	± 1.0	—	—	$+1.4$ -0.8	$+1.8$ -1.0	$+2.2$ -1.0	$+2.8$ -1.2	≤ 0.6	≤ 0.8	≤ 1.4
$150 < X \leq 200$	± 1.2	—	—	—	$+2.0$ -1.0	$+2.4$ -1.0	$+2.8$ -1.4	≤ 0.8	≤ 0.8	≤ 1.8
$200 < X \leq 300$	± 1.6	—	—	—	—	—	$+3.2$ -1.4	≤ 0.8	≤ 1.0	≤ 2.8
顶杆压痕		± 0.3	± 0.3	± 0.3	± 0.5	± 0.5	± 0.8	—	—	—

与外直径相关的圆度公差通过对相关圆的 n 或 t_{\max} 的上、下公差绝对值求和计算得出。
模锻件公差考虑飞边影响。
仅适用于固定凸模成形后的产品,对于活动凸模成形的产品参考表 18

表 15 材料组 I 的模锻件公差(多边形形状)

单位为毫米

对边宽度 C	尺寸公差
$0 < C \leq 10$	0 -0.2
$10 < C \leq 25$	0 -0.3
$25 < C \leq 50$	0 -0.4
$50 < C \leq 80$	0 -0.5
$80 < C \leq 100$	0 -0.6
$100 < C \leq 120$	0 -0.7

单位为毫米

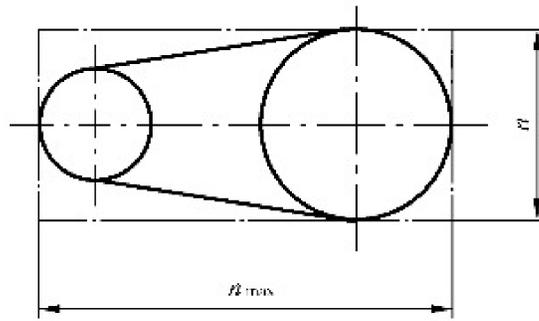
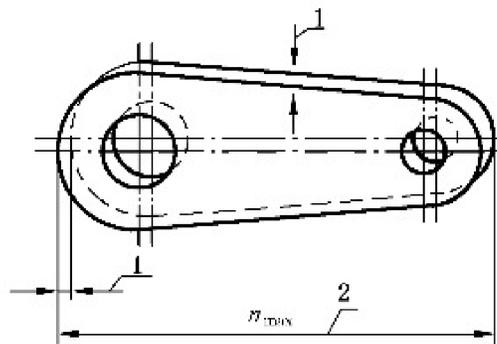


图4 面积 $A(n_{\max} \times n)$

6.7.3 错差

错差参考锻件的最大公称尺寸 n_{\max} 确定(见图5)。

单位为毫米



标引序号说明:

1——错差;

2——错差的参考尺寸。

图5 错差

锻件的允许错差量见表12~表14。最大允许错差量在锻件图的标题栏上方或内部给出。例如:最大错差0.5 mm。

错差不包括模腔内的尺寸公差,模腔内的尺寸公差(见图6)与错差(见图7)互不影响。

单位为毫米

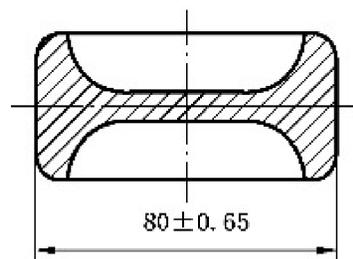
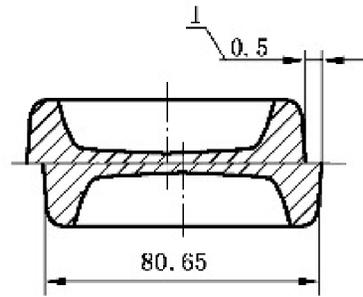


图6 理论尺寸

单位为毫米



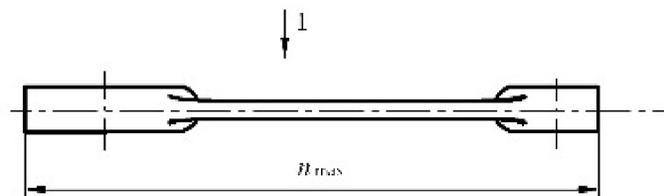
标引序号说明：
1——错差。

图 7 实际尺寸

6.7.4 飞边超差

飞边超差由垂直于锻造方向的最大公称尺寸 n_{max} 决定(见图 8)。

单位为毫米



标引序号说明：
1——锻造方向。

图 8 用于飞边超差的基准尺寸

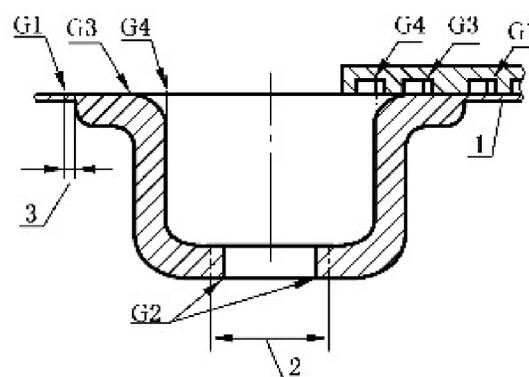
允许的飞边超差见表 12~表 14。

产生于分模线上的飞边应由制造方去除。

只要毛边在机加工时可除去,或存留在成品件中无害处,则毛刺、冲裁、冲孔或穿过锻模镶块而产生的毛边是允许的(见图 9 中的 G1~G4)。图上应注明这种飞边不应超过 1.5 mm。

飞边超差与尺寸公差互不影响(见图 10)。

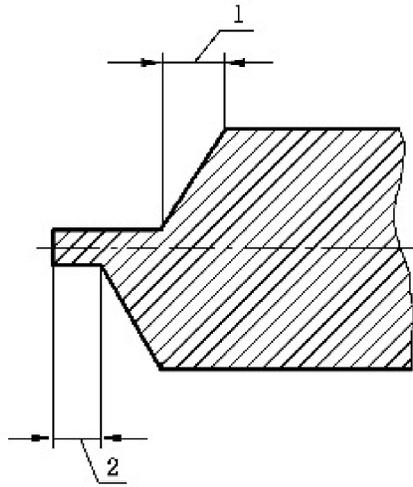
注:各种类型飞边可手工去除。



标引序号说明：

- 1 ——压边圈；
- 2 ——精加工部分；
- 3 ——许可的飞边超差；
- G1~G4 ——毛边。

图 9 飞边类型



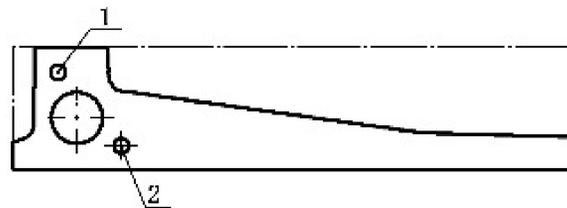
标引序号说明：
 1——错差；
 2——残余飞边超差。

图 10 飞边超差

6.7.5 顶杆压痕

如果由于加工的原因需要采用顶出装置，则可能产生凸起或凹下的顶杆压痕（见图 11 和表 12～表 14）。若顶杆压痕仅仅是凹下或凸起时，则采用允许偏差的总值。

示例：
 允许顶杆压痕： ± 0.3 mm
 凸起的顶杆压痕： $+0.6$ mm
 凹下的顶杆压痕： -0.6 mm



标引序号说明：
 1——凹下的顶杆压痕；
 2——凸起的顶杆压痕。

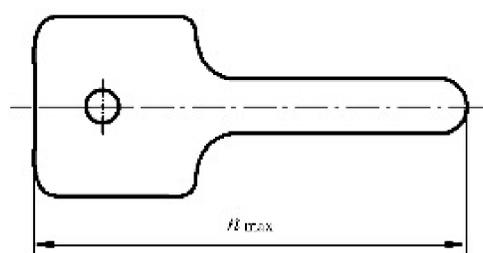
图 11 顶杆压痕

6.7.6 平面度公差

除了由锻造工艺产生的公差外，顶出、切飞边或热处理时也会由于变形导致平面度偏差。

平面度公差参考锻击方向所见的最大公称尺寸 n_{\max} ，见图 12 和表 12～表 14。平面度公差与所有的形状和位置公差之间互不影响。

单位为毫米

图 12 用于平面度公差基准尺寸 l_{max}

6.7.7 角度公差

除拔模斜度外的所有角度 α 的角度公差值见表 16 和图 13。

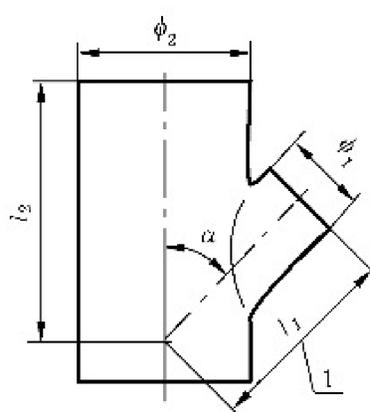
注：拔模斜度见附录 B。

表 16 角度公差

较短边的公称尺寸 l_1^a mm	角度公差 ^a
$0 < l_1 \leq 20$	$\pm 2^\circ$
$20 < l_1 \leq 40$	$\pm 1^\circ$
$40 < l_1 \leq 60$	$\pm 1^\circ$
$60 < l_1 \leq 100$	$\pm 0^\circ 30'$
$100 < l_1 \leq 200$	$\pm 0^\circ 30'$
$200 < l_1 \leq 300$	$\pm 0^\circ 25'$

^a 较短边的公称尺寸 l_1 和角度公差见图 13。

单位为毫米



标引序号说明：

1 —— 短侧支；

ϕ_1 —— 短侧枝直径；

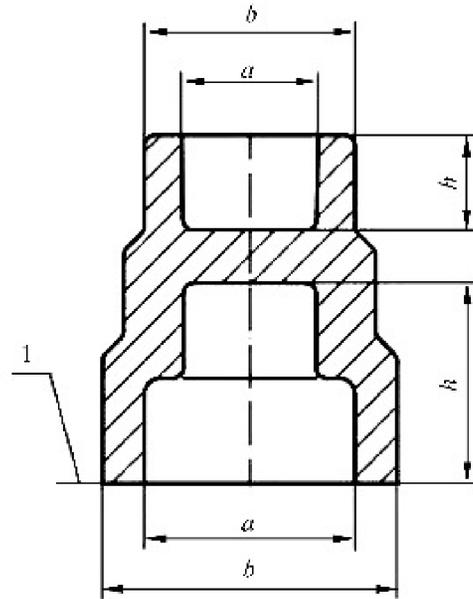
ϕ_2 —— 主干直径。

图 13 短侧支说明

6.8 空心模锻件的公差

空心模锻件的内径 a 、外径 b 和空心深度 h (见图 14 和图 15) 应符合表 17 给定的公差值。
 外径圆度公差通过对表 12 中的 n 或 t_{\max} 绝对值求和计算得出。

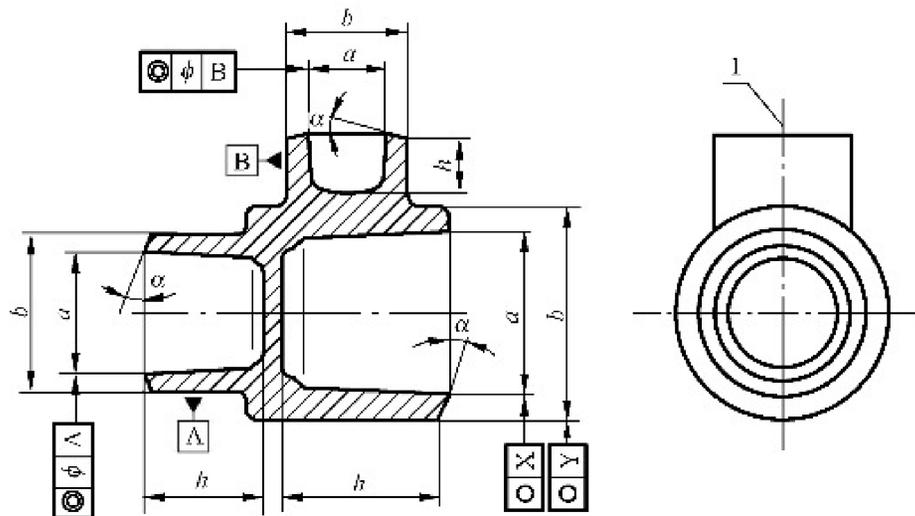
单位为毫米



标引序号说明：
 1——分模线。

图 14 空心模锻件(孔的中心线与锻造方向一致)

单位为毫米



标引序号说明：
 1——分模线。

图 15 空心模锻件(孔的中心线垂直于锻造方向)

表 17 空心模锻件的公差

单位为毫米

公称尺寸 X	公称尺寸的公差	圆度	同轴度公差 ^a	空心深度 h^b 的公差			空心深度 h^c 的公差		
				$0 < h \leq 30$	$30 < h \leq 50$	$50 < h \leq 80$	$0 < h \leq 30$	$30 < h \leq 50$	$50 < h \leq 80$
$10 \leq X \leq 20$	± 0.2	0.25	0.6	$\begin{matrix} 0 \\ -0.5 \end{matrix}$	± 0.5	—	± 1.0	$\begin{matrix} +1.0 \\ -1.5 \end{matrix}$	—

表 17 空心模锻件的公差 (续)

单位为毫米

公称尺寸 X	公称尺寸的公差	圆度	同轴度公差 ^a	空心深度 h^b 的公差			空心深度 h^c 的公差		
				$0 < h \leq 30$	$30 < h \leq 50$	$50 < h \leq 80$	$0 < h \leq 30$	$30 < h \leq 50$	$50 < h \leq 80$
$20 < X \leq 40$	± 0.3	0.30	0.8	± 0.5	$+0.5$ -0.6	$+0.5$ -0.7	$+1.0$ -1.5	± 1.5	± 1.5
$40 < X \leq 60$	± 0.4	0.40	1.0	$+0.5$ -0.6	$+0.5$ -0.7	± 0.7	± 1.5	± 1.5	$+1.5$ -2.0
$60 < X \leq 80$	± 0.5	0.50	1.2	$+0.5$ -0.7	± 0.7	± 0.8	± 1.5	$+1.5$ -2.0	$+1.5$ -2.0
$80 < X \leq 100$	± 0.6	0.60	1.4	± 0.7	± 0.8	± 1.0	± 1.5	$+1.5$ -2.0	$+1.5$ -2.0
$100 < X \leq 120$	± 0.7	0.70	1.6	± 0.8	± 1.0	$+1.0$ -1.5	$+1.5$ -2.0	$+1.5$ -2.0	$+1.5$ -2.0
$X > 120$	± 0.8	0.90	2.0	± 1.0	$+1.0$ -1.5	± 1.5	$+1.5$ -2.0	$+1.5$ -2.0	$+1.5$ -2.0
<p>对于空心模锻件,建议空心部分的直径应等于或大于 10 mm。 空心部分的深度和直径之比通常小于 2。 连皮通常等于或大于邻壁的厚度。 形状和位置公差的符号参照 GB/T 1182</p>									
<p>^a 在与锻件轴线垂直的同一平面上测得的最大壁厚 S_{\max} 和最小壁厚 S_{\min} 差值的一半。 ^b 适用于沿锻造方向上的空心模锻件(见图 14)。 ^c 适用于垂直于锻造方向上的空心模锻件(见图 15)。</p>									

6.9 自由锻件公差

6.9.1 通用要求

需方应提供公称尺寸和/或带有公差的锻件图或产品图,尺寸和形位公差应符合 6.9.2 和 6.9.3 的要求。

注:锻件的机加工余量和总余量见 B.3.4、B.3.5 和表 B.7。

6.9.2 尺寸公差

锻件尺寸 t 和机加工尺寸 n 应符合表 18 给出的公差值(见图 16 和图 17)。

表 18 对应于尺寸 t 和 n 的公差 a 、 b

单位为毫米

公称尺寸 X	尺寸 t^a 正公差 b	尺寸 n^b 正负公差 a
$0 < X \leq 50$	4	4
$50 < X \leq 100$	5	5

表 18 对应于尺寸 t 和 n 的公差 a 、 b (续)

单位为毫米

公称尺寸 X	尺寸 t ^a 正公差 b	尺寸 n ^b 正负公差 a
$100 < X \leq 150$	8	6
$150 < X \leq 250$	10	10
$250 < X \leq 400$	12	15
$400 < X \leq 630$	—	20
$630 < X \leq 1\ 000$	—	25
$1\ 000 < X \leq 1\ 600$	—	30
$1\ 600 < X \leq 2\ 500$	—	35

注：规定外部尺寸为正公差值，见图 16 和图 17 中的公差 $+a$ ；规定内部尺寸为负公差值，见图 17 中的 $-a$ 。

^a 沿锻造方向。
^b 垂直于锻造方向。

单位为毫米

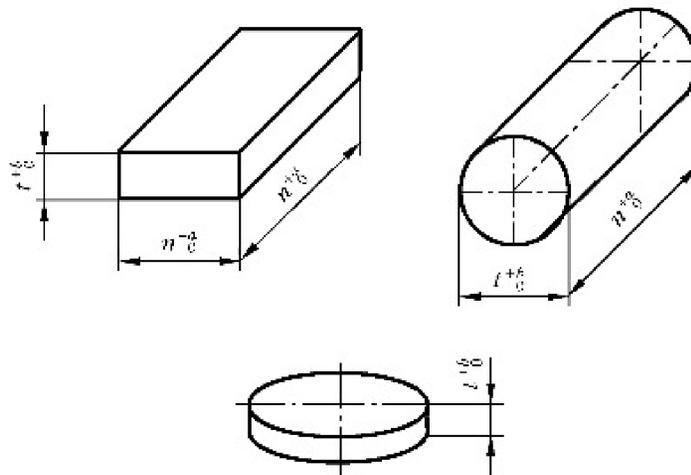


图 16 尺寸 t 和 n

单位为毫米

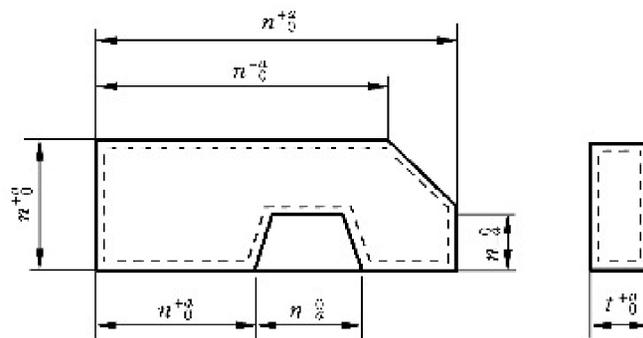


图 17 尺寸 $+a$ 和 $-a$

由于展宽和边缘变形，盘形件和阶梯形自由锻件的成品直径难以控制，因此不规定公差。建议供方和需方在购货前协商一致，或这些产品预留机加工余量。

6.9.3 平面度公差

除了锻造工艺产生的偏差外,弯曲、扭转或应力释放,特别是随后的热处理均会产生平面度偏差。

锻件应符合表 19 给出的平面度公差,该公差与锻件长度有关,与锻件的尺寸公差无关。

根据锻件的几何形状(如不同的截面厚度),可用直尺或平板加塞尺或块规来快速检测平面度偏差量。

表 19 平面度公差

单位为毫米

测量方法	相应公称长度 L 的平面度公差						
	$0 < L \leq 100$	$100 < L \leq 250$	$250 < L \leq 400$	$400 < L \leq 630$	$630 < L \leq 1\ 000$	$1\ 000 < L \leq 1\ 600$	$1\ 600 < L \leq 2\ 500$
直边	1	1.5	2.5	3	4	5	6

6.10 表面质量

锻件毛坯具有一个与制造工艺相对应的表面。

在不影响规定的公差下,锻件表面不规则的和不完全的缺陷应去除。

特殊表面要求由需方和供方之间达成一致。

注:自由锻件通常需完整的机加工。

6.11 图样

需方应提供模锻件和空心模锻件的成品零件图,必要时提供自由锻件的成品零件图,或标有锻件尺寸及公差和机加工基准点的锻件图纸。

锻件设计指南在附录 B 给出。

模锻件供方应根据需方提交的资料准备一份包括公差在内的锻件图。该图应由需方检查和确认,并在开始模具生产前返回给供方。

供方应提供检验的样件,样件合格后方可批量生产。

7 取样

7.1 通用要求

检验批应按 7.2 和 7.3 的方法取样。

7.2 分析

取样数量应符合表 20 的规定,根据所采用的分析技术,应从每个取样单元制备试样,并用于测定成分。

准备试验样本时应避免污染或样本的过热,建议采用硬质合金工具;若用钢的工具应采用磁性材料以去除多余的铁屑。如果试验样本用机加工切取(例如钻削、铣削),在制备样本时应采用强磁去除所有铁颗粒。

如果发生与分析结果有关的争议时,应按 ISO 1811-2 给出的完整程序执行。

如果材料保持完全一致,且供方的质量体系被证明是符合 GB/T 19001 的要求,则可采用制造产品早期阶段的分析结果,如锻造毛坯阶段。

表 20 取样数量

单位为千克

单个锻件的质量 M	取一个样本对应的检验批总质量
$0 < M \leq 0.5$	≤ 500
$0.5 < M \leq 2.0$	$\leq 1\ 000$
$2.0 < M \leq 10.0$	$\leq 1\ 500$
$M \geq 10.0$	$\leq 2\ 000$
较大的检验批要求按比例取样,最多 5 个试样	

7.3 硬度试验、抗应力腐蚀试验、抗脱锌试验和电性能试验

取样数应与表 20 相符。取样单元应从成品中选取,试验样本应从取样单元上切取。进行硬度试验的位置应在代表性平面上进行。除制备试样需要进行机加工外,不应作任何其他处理。

8 试验方法

8.1 通用要求

应在试片或试验部位进行试验,试片或试验部位应根据 7.2 取得的试验样本来准备。除了在有争议的情况下,所采用的试验方法将由供方决定。其结果应符合 8.9 中给出的圆整准则的要求。

8.2 化学成分

化学成分试验按 GB/T 5121(所有部分)执行。

8.3 硬度试验

布氏硬度试验按 GB/T 231.1 执行。

试片应从根据 7.3 取得的试验样本中切取。

8.4 导电性试验

导电性试验方法由供方决定,试验应在 7.3 取得的试样所制备的试片上进行。

8.5 抗脱锌试验

应按照 GB/T 10119 中规定的试验方法,在 7.3 获取的试验样本上进行试验,试片应从每个试验样本上截取,并将其横断面浸入试验溶液中。

试验结束后,测试纵向(即沿锻造流线方向)的最大脱锌深度。

8.6 抗应力腐蚀试验

应按照 GB/T 10567.2 中规定的试验方法,在 7.3 获取的试样所制备的试片上进行试验。

8.7 尺寸检测

尺寸检测可采用通用量具、三坐标仪或三维扫描仪检测,检测方法可根据所需测量的尺寸和工具灵

活选择。

8.8 重复试验

8.8.1 通用要求

如果 8.1~8.5 试验中有一次或一次以上的试验失败,则可从同一试验批中选取两个试验样本对失败的性能项目进行重复试验。其中一个试片应从原试验失败的试验样本上截取。

只有从两个试验样本上取出的试片均通过了相应的检测,则检验批符合本文件的特殊要求。

注:如果 CuZn36Pb2As、CuZn38As 和 CuZn32Pb2AsFeSi 合金的检验批经检验和重复抗脱锌试验均失败,供方可选择对检验批进行重新热处理,并重新提交订单上要求的所有测试。

8.8.2 抗应力腐蚀试验

一个试片在 8.6 试验中失败,由失败试片所代表的试验批应允许进行消除应力处理,处理后按 7.3 重新获取试验样本。

从再次试验样本上取得的试片通过了试验,则应认为消除应力后的材料符合本文件对残余应力水平的要求,然后按订货要求进行除分析以外的其他检测。若再次试验样本获取的试片试验失败,则认为消除应力后的材料不符合本文件对残余应力水平的要求。

8.9 结果圆整

为了确定是否符合本文件规定的限值,试验中获得的观测值或计算值根据需要保留的有效位数按照四舍五入原则圆整。

9 合格性证明文件

根据需方订货资料,供方提供产品合格性证明文件,产品合格性证明文件需注明以下内容或信息:

- a) 供方名称、地址、质量体系及其注册编码;
- b) 合格证编号、发布日期;
- c) 需方名称、地址、订单号;
- d) 完整的产品描述(包含锻件图号及版次、名称、文件编号及版次号、材料牌号、供货状态、形状、尺寸及公差、数量等);
- e) 原材料合格证复印件;
- f) 适用时,产品放行测试报告及其他约定的检测报告(需包含实验室质量体系及其注册编码);
- g) 符合性结论;
- h) 经授权的签名或印章。

10 标记、标签、包装

除非需方另有规定和供方同意,标记、标签和包装应由供方决定(见第 5 章)。

附 录 A
(资料性)
拉伸性能

本文件中所列的材料在相同的变形温度下,表现出不同的阻力特性和可锻造性。高锌和特殊铜锌合金相比铜铝合金、铜、低合金铜合金和铜镍合金的锻造温度相对较低。可锻造性受压力、模具磨损和高温塑性等因素影响,只有上述部分合金可以实现复杂的锻件和更严格的公差。

表 A.1~表 A.3 中所给出的拉伸性能仅供参考。

表 A.1 材料组 I 中锻件的拉伸性能(仅供参考)

材料牌号	抗拉强度 R_m N/mm ²	0.2%残余屈服强度 $R_{p0.2}$ N/mm ²	伸长率 A %
CuZn40	≥300	≥100	≥20
CuZn42	≥350	≥140	≥15
CuZn38As	≥280	≥120	≥20
CuZn36Pb2As	≥280	≥120	≥20
CuZn38Pb1	≥350	≥140	≥15
CuZn38Pb2			
CuZn39Pb2			
CuZn39Pb2Sn			
CuZn39Pb3			
CuZn40Pb1Al			
CuZn40Pb2			
CuZn35Pb1.5AlAs	≥280	≥120	≥20
CuZn33Pb1.5AlAs			
CuZn23Al6Mn4Fe3Pb	≥700	≥500	≥5
CuZn32Pb2AsFeSi	≥350	≥160	≥15
CuZn35Ni3Mn2AlPb	≥440	≥180	≥10
CuZn36Sn1Pb	≥350	≥160	≥15
CuZn37Mn3Al2AlPbSi	≥550	≥200	≥8
CuZn39Sn1	≥350	≥160	≥15
CuZn40Mn1Pb1			
CuZn40Mn1Pb1AlFeSn	≥440	≥180	≥10
CuZn40Mn1Pb1FeSn			
CuZn21Si3P	≥500	≥250	≥15
CuZn33Pb1AlSiAs	≥280	≥120	≥20

表 A.2 材料组 II 中锻件的拉伸性能(仅供参考)

材料牌号	抗拉强度 R_m N/mm ²	0.2%残余屈服强度 $R_{p0.2}$ N/mm ²	伸长率 A %
Cu-ETP	≥200	≥50	≥30
Cu-OF			
Cu-HCP			
Cu-DHP			
CuAl8Fe3	≥460	≥180	≥30
CuAl10Fe1	≥420	≥180	≥20
CuAl10Fe3Mn2	≥500	≥250	≥12
CuAl10Ni5Fe4	≥650	≥350	≥12
CuAl11Fe6Ni6	≥750	≥450	≥5
CuZn37	≥300	≥100	≥20

表 A.3 材料组 III 中锻件的拉伸性能(仅供参考)

材料牌号	抗拉强度 R_m N/mm ²	0.2%残余屈服强度 $R_{p0.2}$ N/mm ²	伸长率 A %
CuBe2	≥450	≥200	≥20
	≥1 100	≥950	≥5
CuCo1Ni1Be	≥300	≥200	≥20
CuCo2Be	≥650	≥550	≥8
CuCr1Zr	≥250	≥150	≥20
	≥370	≥300	≥15
CuNi1Si	≥300	≥200	≥20
	≥440	≥300	≥15
CuNi2Si	≥320	≥200	≥20
	≥500	≥380	≥10
CuZr	≥200	≥80	≥30
	≥220	≥80	≥30
CuNi10Fe1Mn	≥280	≥100	≥20
CuNi30Mn1Fe	≥310	≥100	≥20
CuNi7Zn39Pb3Mn2	≥460	≥250	≥12

附录 B
(资料性)
推荐的设计指南

B.1 通则

因为锻件生产通常都是接近最终形状,具有良好的尺寸精度和表面粗糙度,使后续的机加工减至最少,与适当的锻件设计相结合的锻造组织结构可获得最佳的晶粒/纤维流线,使零件能更好地承受在后续服务过程中的高工作应力(比较图 B.1、图 B.2 和图 B.3)。

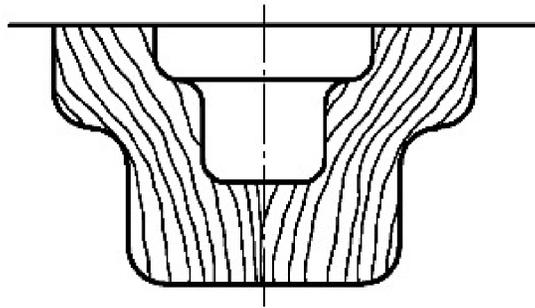


图 B.1 用棒料在模具中锻造:有利的纤维流线

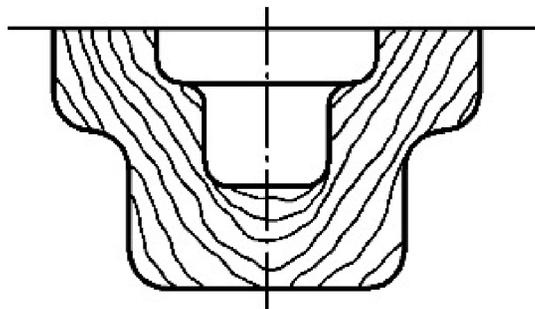


图 B.2 用预锻毛坯在模具中锻造:有利的纤维流线

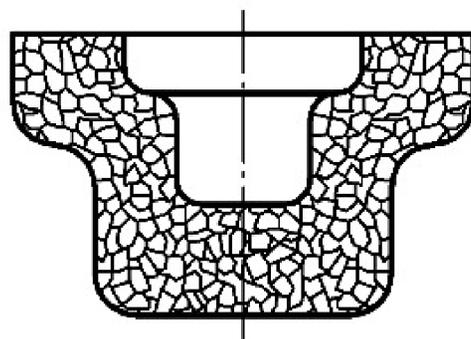


图 B.3 铸造:无纤维流线

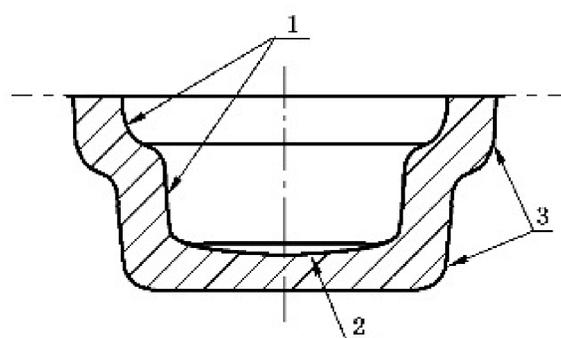
在设计锻件时应避免大的截面变化、急剧过渡和材料聚集。

B.2 模锻件设计指南

B.2.1 拔模斜度

一般而言,在位于模具锻击方向上的所有表面都应具有外部为 $30'$ 、内部为 1° 的拔模斜度,以便零件易于从模具中顶出。特殊情况下,由于模具和/或压力机的原因,可能需要较大或较小的拔模斜度。

特别是大面积薄壁的零件,推荐使用腹板拔模斜度,以使材料更容易由中心向侧面流动(见图 B.4)。



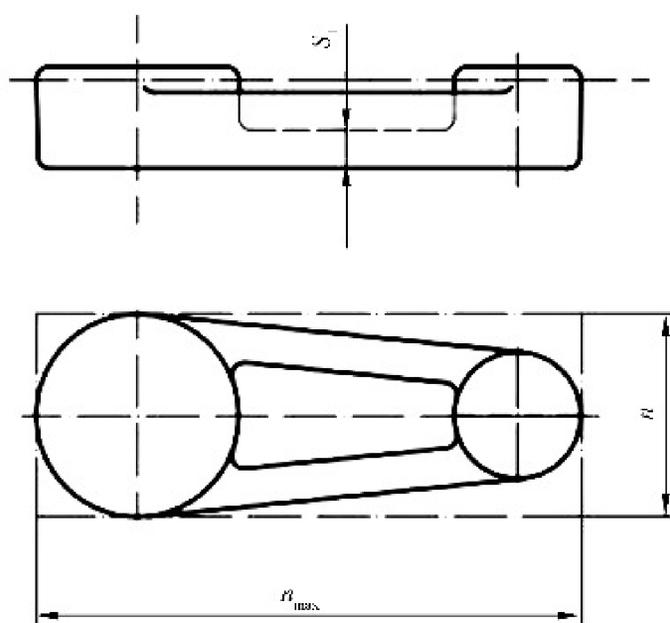
标引序号说明:
1——内斜度;
2——腹板斜度;
3——外斜度。

图 B.4 拔模斜度

B.2.2 腹板厚度

最小腹板厚度 S_1 由垂直于模锻方向的锻件最大面积来决定,对于圆形零件, A 等于圆面积,对于不规则形状的零件, A 等于外接长方形的面积(见图 B.5 和表 B.1)。

单位为毫米



标引符号说明:
 n ——模腔内的尺寸;
 n_{\max} ——垂直于锻造方向的最大尺寸。
注: $A = n_{\max} \times n$ 。

图 B.5 腹板厚度

表 B.1 腹板厚度

材料组	面积 A mm^2					
	$0 < A \leq 2\,500$	$2\,500 < A \leq 5\,000$	$5\,000 < A \leq 10\,000$	$10\,000 < A \leq 20\,000$	$20\,000 < A \leq 40\,000$	$40\,000 < A \leq 80\,000$
	最小腹板厚度 S_1 mm					
I	2.00	3.00	4.00	5.50	7.00	10.00
II	3.00	4.50	6.00	8.25	10.50	15.00
III	4.00	6.00	8.00	11.00	14.00	20.00

B.2.3 侧壁厚度

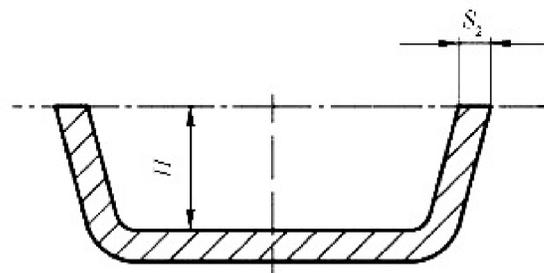
侧壁厚度 S_2 宜尽量均匀(见图 B.6 和表 B.2), 如果壁厚变化, 其最小厚度应是侧壁厚度 S_2 (见图 B.7 和表 B.2)。

表 B.2 侧壁厚度

单位为毫米

材料组	公称尺寸 H						
	$0 < H \leq 10$	$10 < H \leq 14$	$14 < H \leq 20$	$20 < H \leq 32$	$32 < H \leq 50$	$50 < H \leq 80$	$H > 80$
	最小侧壁厚度 S_2						
I	2.00	2.50	3.00	3.50	4.00	5.00	6.00
II	3.00	3.75	4.50	5.25	6.00	7.50	9.00
III	4.00	5.00	6.00	7.00	8.00	10.00	12.00

单位为毫米



标引符号说明:

H ——零件高度方向尺寸。

图 B.6 均匀和对称截面的侧壁厚度

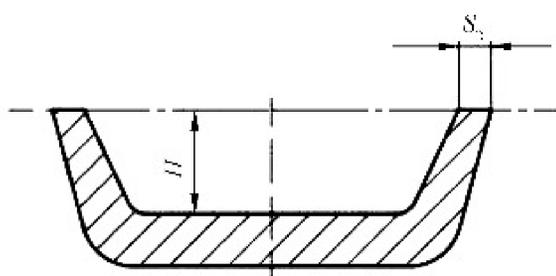


图 B.7 带斜度截面的侧壁厚度

应避免朝向飞边方向上壁厚不同和急剧变化。若壁厚变化不可能避免,则宜保持变化尽量小和过渡平稳(见图 B.8 和图 B.9)。

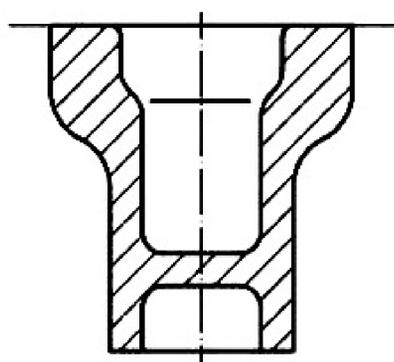


图 B.8 第一种平稳过渡的侧壁

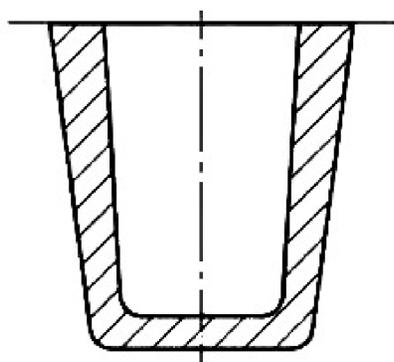


图 B.9 第二种平稳过渡的侧壁

B.2.4 筋的设计

筋的拔模斜度应符合 B.2.1 的规定,并使用表 B.3 给出的推荐尺寸。通常筋的端面是圆形,一般筋的圆角半径 r_1 等于筋壁厚度 S_3 的一半(见图 B.10)。

如果为了增强强度而设计凸筋,则凸筋不宜超过外部台阶高度的一半,并且宜具有圆角过渡(见图 B.11 和图 B.12)。

在可能的情况下,筋应有相同的厚度 S_3 ,以便模具制造(见图 B.13)。

为了得到形状良好的筋,筋的高厚比宜尽可能小。

单位为毫米

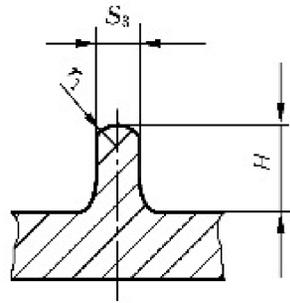


图 B.10 筋的端面结构

单位为毫米

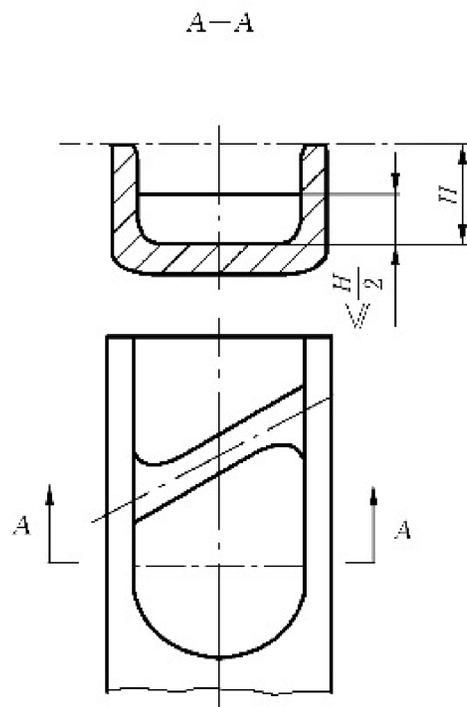


图 B.11 允许的筋形状

单位为毫米

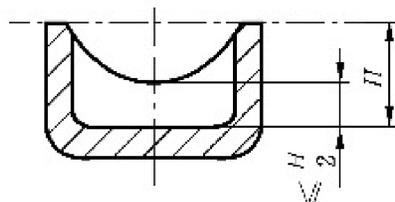


图 B.12 有利的筋形状

单位为毫米

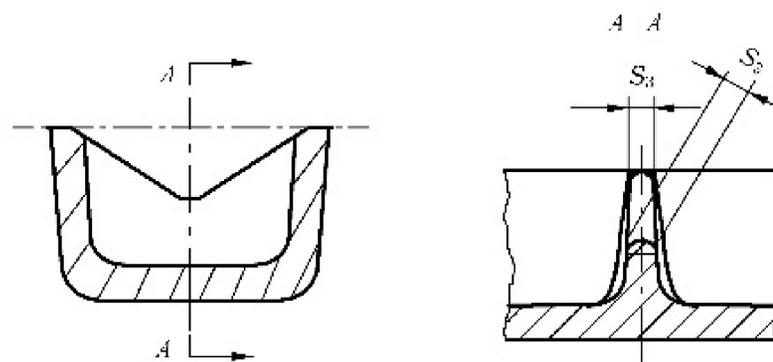


图 B.13 便于模具制造的筋结构

表 B.3 筋的设计

单位为毫米

过渡半径	材料组	公称尺寸 H						
		$0 < H \leq 4$	$4 < H \leq 6$	$6 < H \leq 10$	$10 < H \leq 16$	$16 < H \leq 25$	$25 < H \leq 40$	$H > 40$
最小筋半径 r_1	I	0.50	0.50	0.50	1.00	1.00	1.50	2.00
	II	0.75	0.75	0.75	1.50	1.50	2.25	3.00
	III	1.00	1.00	1.00	2.00	2.00	3.00	4.00
最小筋厚度 S_3	I	2.00	2.50	3.00	4.00	5.50	7.00	>10.00
	II	3.00	3.75	4.50	6.00	8.25	10.50	>15.00
	III	4.00	5.00	6.00	8.00	11.00	14.00	>20.00

B.2.5 芯轴

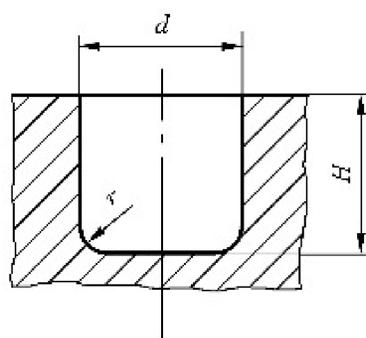
采用芯轴可使孔和凹槽同时锻成,这样有利于更充分地成形材料,得到更好的晶粒/纤维流向,并减少后续的机加工。

一侧有芯轴的设计推荐见图 B.14 和图 B.15,两侧有芯轴的设计推荐见图 B.16 和图 B.17 (芯轴的深度公差见 6.7)。

过渡圆角半径见 B.2.7。

注: r 值见 B.2.7 和表 B.4; S_1 值见 B.2.2 和表 B.1; $d \geq 25$ mm; 对于对称件 $H \leq 1.5d$, 对于非对称件 $H \leq 1.2d$ 。

单位为毫米



标引符号说明:

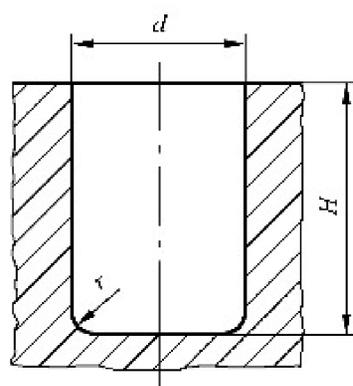
d —— 孔直径;

r —— 孔的过渡圆角。

注: $H = d$, $d = 8$ mm ~ 25 mm。

图 B.14 一侧有芯轴的设计推荐 1

单位为毫米



注: $H > d$ 。

图 B.15 一侧有芯轴的设计推荐 2

单位为毫米

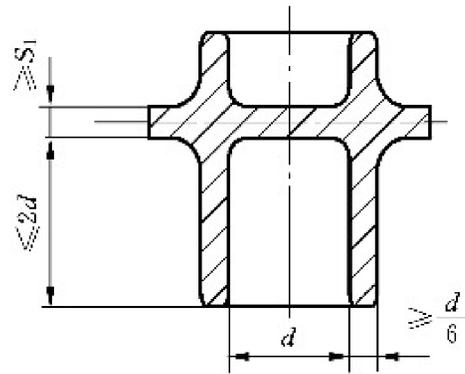


图 B.16 对称件两侧有芯轴的设计推荐

单位为毫米

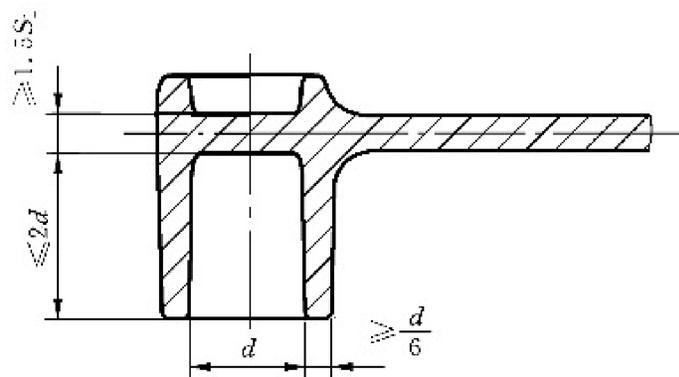
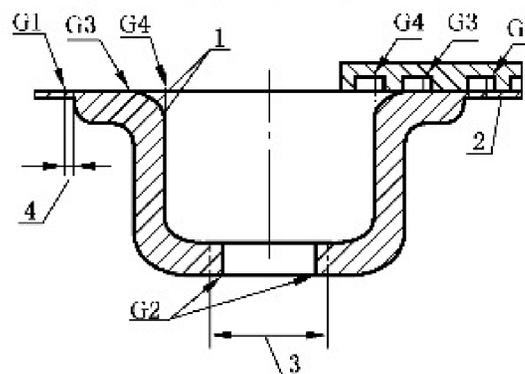


图 B.17 非对称件两侧有芯轴的设计推荐

B.2.6 飞边

模具分模线产生的飞边通常作为生产过程的一部分被切掉。然而,由于去毛刺、冲孔或穿孔(见图 B.18 中的 G1 和 G2)以及模具镶块、凸模等(见图 B.18 中的 G3 和 G4)产生的飞边会花费额外的精力和成本,建议将飞边设置在随后任何机加工能去除的位置上。如果无法避免位于机加工装卡面上,则需要对加工工件(压边圈)开槽(见图 B.18)。

为了便于减少锻造模具的制造费用,建议避免由于台阶式分模线而产生飞边错位(见图 B.19 和图 B.20)。飞边的位置还应避免可能导致折叠、折弯、断裂等形成材料逆向流动(见图 B.21 和图 B.22)。



标引序号说明:

- 1——生产自选;
- 2——工件夹紧处;
- 3——精加工部分;
- 4——许可的飞边超差。

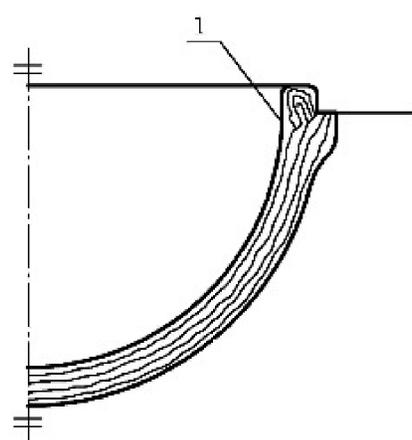
图 B.18 压边圈开槽示意图



图 B.19 飞边错位的分模线



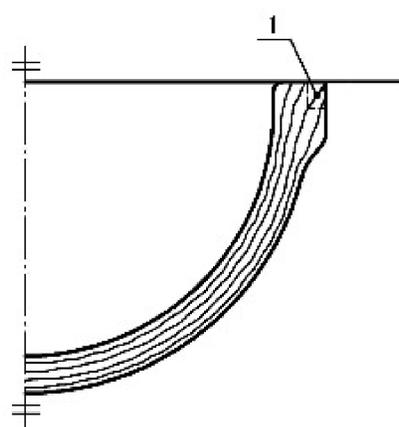
图 B.20 无飞边错位的分模线



标引序号说明：

1——由于负压引起的流线破损。

图 B.21 不适当的飞边位置



标引序号说明：

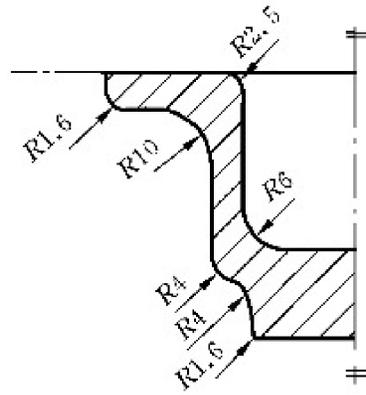
1——切削加工。

图 B.22 适当的飞边位置

B.2.7 过渡圆角半径

建议所有过渡圆角半径统一，以便于模具制造(见图 B.23 和图 B.24)。

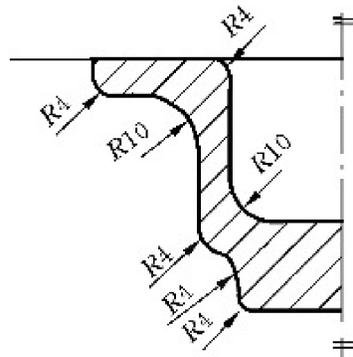
单位为毫米



注：5个不同的过渡圆角。

图 B.23 不适当的圆角设计

单位为毫米

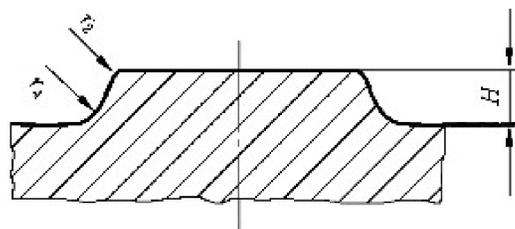


注：仅有2个不同的过渡圆角。

图 B.24 适当的圆角设计

与锻造特征相关的推荐的最小过渡圆角半径实例见图 B.25~图 B.29 (见表 B.4)。

单位为毫米



标引符号说明：

H ——零件高度方向尺寸；

r_2 ——外圆角半径；

r_1 ——内圆角半径。

图 B.25 小凸台

单位为毫米

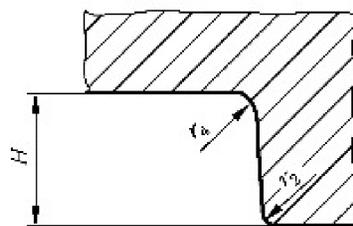


图 B.26 外圆角半径

单位为毫米

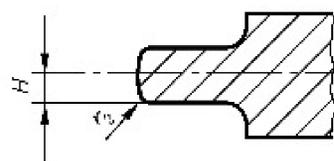
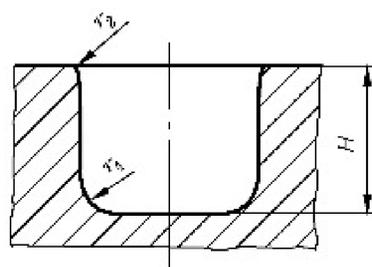


图 B.27 飞边区

单位为毫米



标引符号说明：
 r_3 ——外形半径。

图 B.28 空心

单位为毫米

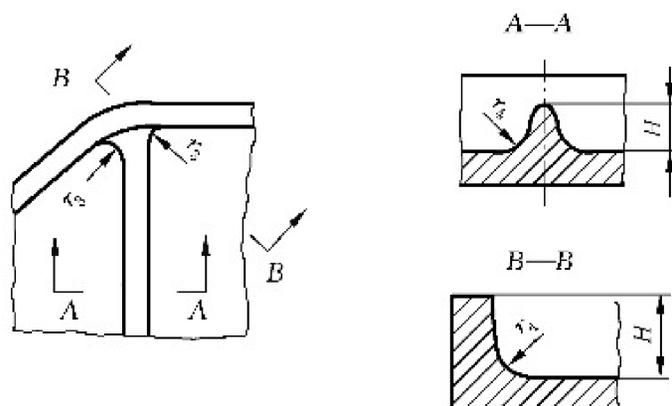


图 B.29 筋/腹板

表 B.4 最小过渡圆角半径

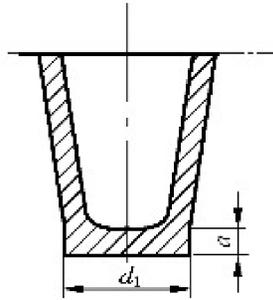
单位为毫米

过渡圆角半径	材料组	公称尺寸 H						
		$0 < H \leq 4$	$4 < H \leq 10$	$10 < H \leq 25$	$25 < H \leq 40$	$40 < H \leq 63$	$63 < H \leq 100$	$H > 100$
外圆角半径 r_2	I	0.50	1.00	1.60	2.50	4.00	6.00	10.00
	II	0.75	1.50	2.40	3.75	6.00	9.00	15.00
	III	1.00	2.00	3.20	5.00	6.00	9.00	15.00
外形半径 r_3 内圆角半径 r_4	I	2.50	4.00	6.00	10.00	12.00	16.00	16.00
	II	3.50	6.00	9.00	15.00	18.00	24.00	24.00
	III	5.00	8.00	12.00	18.00	18.00	24.00	24.00

B.2.8 精加工用的装卡长度、装卡面和装卡点

B.2.8.1 如果需要夹紧零件,特别是在难于卡紧的锥形零件上,尽可能在工件的内部或外部设置具有最小斜度的装卡面,该装卡面应限制在最小可能的尺寸 a 上(见图 B.30、图 B.31 和表 B.5)。

单位为毫米

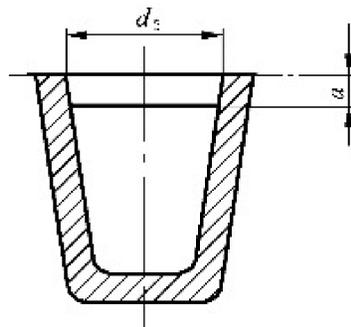


标引符号说明:

d_1 ——外装卡面直径。

图 B.30 外装卡面示意图

单位为毫米



标引符号说明:

d_2 ——内装卡面直径。

图 B.31 内装卡面示意图

表 B.5 精加工用的装卡长度

单位为毫米

材料组	公称尺寸 d_1 或 d_2				
	$0 < d_1$ 或 $d_2 \leq 25$	$25 < d_1$ 或 $d_2 \leq 50$	$50 < d_1$ 或 $d_2 \leq 100$	$100 < d_1$ 或 $d_2 \leq 200$	d_1 或 $d_2 > 200$
	最大装卡面尺寸 a				
I	4	6	8	10	12
II	6	9	12	15	18
III	8	12	16	20	24

B.2.8.2 应避免使用中心孔作为装卡点,对材料流动有不良影响且促使工具过早磨损。设计装卡点需供需双方协商一致。

B.2.9 截面形状设计

推荐的截面形状设计及高度 H 、厚度 S_1 和过渡圆角半径 r 之间的关系见图 B.32 和图 B.33。

注 1: 分模面方向上的延伸区域可设计成不带斜度。

注 2: S_1 见 B.2.2; H 、 S_3 和 r_1 见 B.2.4; r_2 和 r_3 见 B.2.7。

单位为毫米

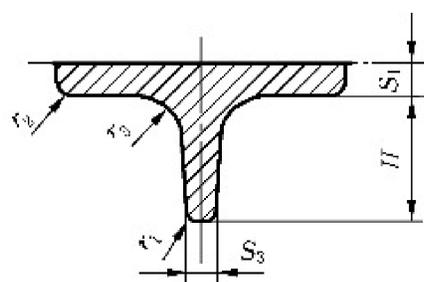


图 B.32 T形截面

单位为毫米

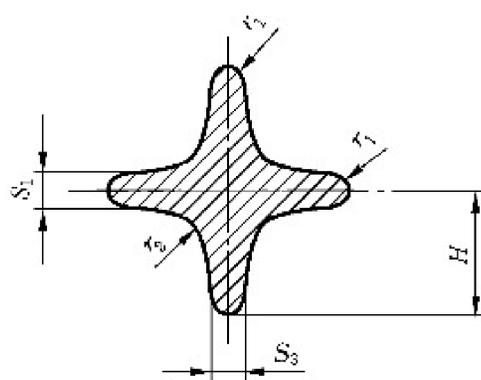


图 B.33 十字形截面

B.2.10 推荐的加工余量和总余量

加工余量与锻件形状、尺寸和机加工装卡方式有关,因此需方应在提交图样上标出,尤其是第一次粗加工工序的装卡面或点。

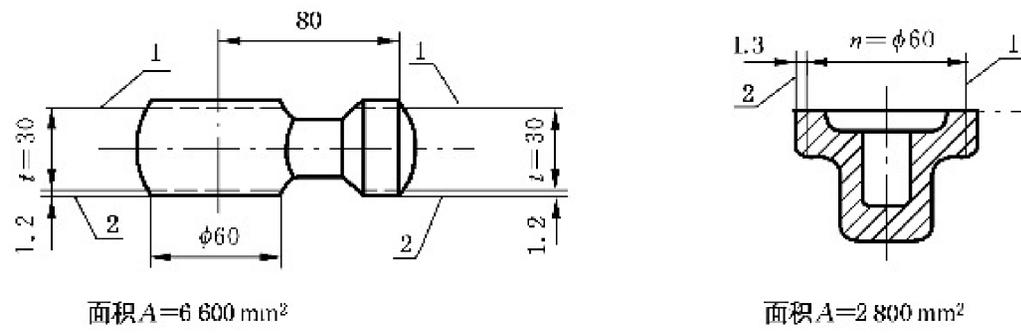
加工余量见表 B.6,实例见图 B.34。

锻件各面的总余量是加工余量(见表 B.6)与平面度公差(见 6.7.6)或错差(见 6.7.3)之和(见示例 1、示例 2 和图 B.35、图 B.36)。

表 B.6 自由锻或模锻的加工余量

公称尺寸 X mm	n 的加 工余量 mm	面积 A mm ²				
		$0 < A \leq 2\,500$	$2\,500 < A \leq 5\,000$	$5\,000 < A \leq 10\,000$	$10\,000 < A \leq 20\,000$	$A > 20\,000$
		t 的加工余量 mm				
$0 < X \leq 50$	1.0	1.1	1.1	1.2	1.3	1.4
$50 < X \leq 120$	1.3	1.4	1.4	1.5	1.6	1.6
$120 < X \leq 250$	1.6	1.8	1.9	2.0	2.0	2.1
$250 < X \leq 500$	2.0	2.4	2.5	2.5	2.5	2.5
$X > 500$	3.0	3.1	3.1	3.1	3.1	3.1

单位为毫米



标引序号说明：

1——精加工部分；

2——加工余量。

图 B.34 不同装卡形式的加工余量

单位为毫米

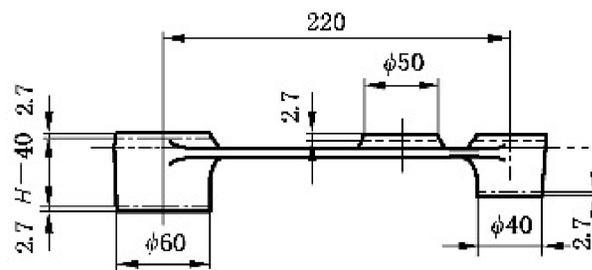


图 B.35 考虑平面偏差的总余量

单位为毫米

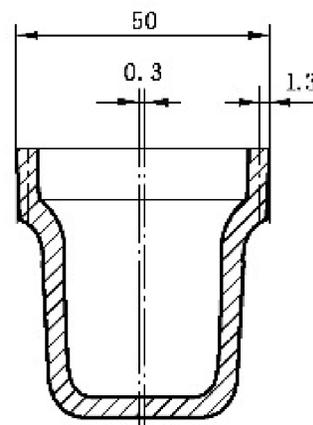


图 B.36 考虑错差的总余量

示例 1：

锻件面积 $A = 16\,200\text{ mm}^2$

最大尺寸 $n = 220\text{ mm} + 30\text{ mm} + 20\text{ mm} = 270\text{ mm}$

根据表 B.6 ($H = 40\text{ mm}$, $A = 16\,200\text{ mm}^2$) 加工余量： 1.3 mm

根据 6.7.6 平面度公差 (见表 14)： 1.4 mm

每面的总余量： 2.7 mm

示例 2：

锻件面积 $A = 1\,964\text{ mm}^2$

最大尺寸 $n = 50\text{ mm}$

根据表 B.6 ($n = 50\text{ mm}$) 加工余量： 1.0 mm

根据 6.7.3 错差： 0.3 mm

每面的总余量： 1.3 mm

B.3 自由锻件设计指南

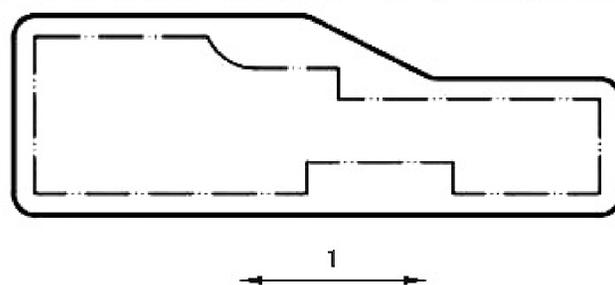
B.3.1 总则

本指南作为自由锻件的设计工作基础。

B.3.2 一般原则

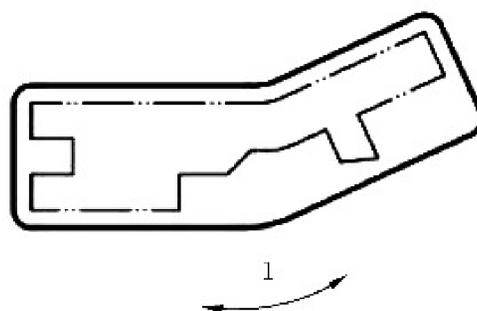
使用自由锻件时：

- a) 选定在使用中可增强实际应力强度的晶粒流动模式(见图 B.37 和图 B.38)；
- b) 需要单个零件或少量相同的零件；
- c) 因配置、成本或其他原因,不适合用轧制、挤压、拉伸或铸造生产的零件(见图 B.39 和图 B.40)。



标引序号说明：
1——晶粒方向。

图 B.37 推荐的晶粒流动模式 1



标引序号说明：
1——晶粒方向。

图 B.38 推荐的晶粒流动模式 2

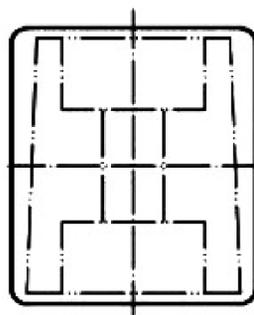


图 B.39 不适合其他方式成形的对称结构零件

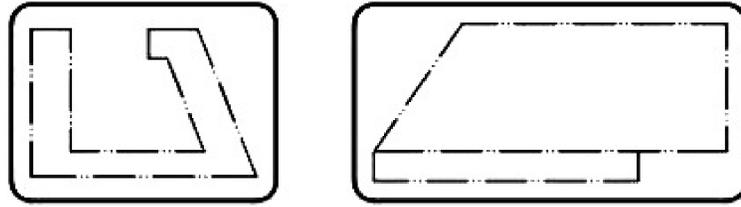


图 B.40 不适合其他方式成形的非对称结构零件

大多数自由锻件是用简单的标准工具,如平砧,仿形胎膜获得确保的锻造结构,自由锻件具有制造工艺特有的表面。自由锻件需进行机加工。大面积的和很薄的自由锻件需要精校和机加工。

B.3.3 截面变化或过渡

自由锻件应无任何突然的横截面变化或过渡,应提供足够大的过渡半径并避免严格的尺寸要求。

B.3.4 推荐的机加工余量

自由锻件仅能近似于成品件的最终形状,推荐的机加工余量见表 B.7。这些数值适用于所有尺寸的自由锻件,锻件的机加工余量由其最大的公称尺寸 n_{\max} 和重量决定。

表 B.7 自由锻件加工余量

单位为毫米

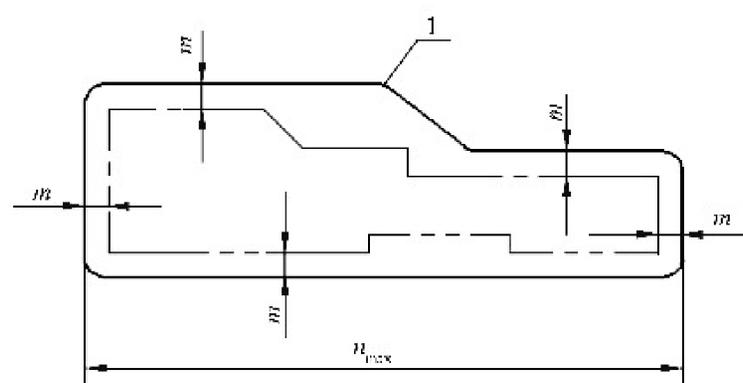
单件重量 M kg	最大公称尺寸 n_{\max} 的加工余量				
	$0 < n_{\max} \leq 250$	$250 < n_{\max} \leq 400$	$400 < n_{\max} \leq 630$	$630 < n_{\max} \leq 1\,000$	$1\,000 < n_{\max} \leq 1\,600$
$0 < M \leq 20$	3	5	6	8	10
$20 < M \leq 50$	4	5	8	8	10
$50 < M \leq 100$	—	8	8	10	12
$100 < M \leq 250$	—	10	10	12	15
$250 < M \leq 500$	—	10	10	12	15

B.3.5 锻件每边的总余量

为保证成品件的尺寸,锻件每边的总余量(见图 B.41 和图 B.42)是机加工余量(见表 B.7)和平面度公差(见 6.9.3)和表 19 之和。

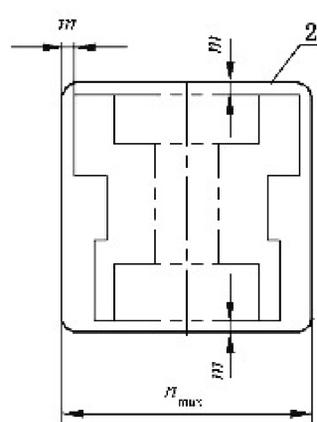
示例:

一个重量为 30 kg、长度为 800 mm 的锻件,按表 B.7 机加工余量为 8 mm,按表 19 平面度公差为 4 mm,每边的总余量为 12 mm。



标引说明：
 1 —— 锻件轮廓；
 m —— 总余量。

图 B.41 锻件 1 总余量



标引说明：
 2 —— 锻件轮廓；
 m —— 总余量。

图 B.42 锻件 2 总余量

B.4 标识指导原则

缺陷经常影响标识区域。为了避免此类缺陷,标记位置、尺寸、形状、厚度和/或压痕深度等应在供需双方达成协议后进行适当设计。

参 考 文 献

- [1] GB/T 1182 产品几何技术规范(GPS) 几何公差 形状、方向、位置和跳动公差标注
 - [2] GB/T 19001 质量管理体系 要求
-