



热锻件缺陷分析及对策研究

黄石高等专科学校机械动力系 (湖北 435003) 陈功振

锻件的缺陷可分为两种：一种是不可消除的缺陷，使锻件成为废品；另一种是可部分或全部消除的缺陷，锻件可返修使用。

锻件的缺陷是在生产过程中形成的，下面按照生产过程来说明缺陷产生的原因及预防的方法。

一、由原材料引起的缺陷

1. 原材料的缺陷

原材料的缺陷很多(见图1)属于轧制钢材的缺陷，如裂缝、发裂、贴皮、折叠、刮伤、非金属夹杂和白点等，而钢锭的缺陷则有缩孔、疏松、杂质、偏析、结疤、气泡、夹渣及沙眼等。

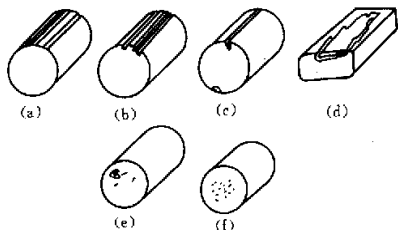


图1 钢材的常见缺陷

(a) 刮伤 (b) 细裂缝 (c) 折叠 (d) 薄膜
(e) 非金属夹杂 (f) 白点

原材料的缺陷应在锻造前或锻造过程中加以消除，经检验确定属于无法消除的缺陷则不许投产，否则浪费锻造加工费用，提高生产成本。

(1) 对于原材料表面的缺陷，如折叠(又称夹缝，在轧制中因孔形不正确形成的)、刮伤(在轧制过程中被擦伤深度为0.2~0.5mm的划痕)及发裂(由锭皮下气泡辗长而形成深度0.5~1.5mm的发状裂纹)等，均应在锻造前磨去或铲掉，否则在锻造中易形成表面裂纹。如果不能在锻造前除去，必须在有缺陷部分加大余量。

(2) 钢锭的缩孔、疏松和飞溅等，一般通过在锻造前切除冒口及底部来消除。

(3) 如果原材料中有白点(白点是指钢锭中含有大量的氢气，而在冷却过快时形成的压力使钢锭或钢材内部出现的细小裂缝)或内部存在大量的裂纹与非金属夹杂等缺陷，则这种材料不能使用。

2. 裂纹、夹层、夹渣缺陷

对于因原材料的缺陷，在锻造时引起的纵向或横向裂纹、夹层、夹渣等缺陷，可根据缺陷情况(能否在加工中除去)和所在位置(对产品性能的影响)，考虑能否使用或返修使用。

3. 原材料化学成分

一般对大批生产的原材料，应抽样进行化学分析，以防止大批产品因化学成分不符而报废。

二、开料产生的缺陷

1. 端面粗糙不平(见图2a)

由于用剪床剪料时剪刀之间的间隙太小，材料被刀片撕裂，形成端面凹凸不平；用氧乙炔火焰切割(气割)材料时，由于操作技术不当也往往形成端部的凹坑、凸起等。对端面粗糙的毛坯通常在锻造中可以适当考虑加大余量或用气割等方法来解决。或者通过调整剪刀间隙和改进气割的操作方法来防止端面粗糙。

2. 端面倾斜和长度不足(见图2b)

在用锯床开料时，由于锯床的精度、锯条及材料放置的偏斜等因素影响，或剪料时毛坯倾斜，气割时划线及操作不好，均会使材料端面发生倾斜，这种倾斜往往引起坯料长度不够。一般来说，有这种缺陷的坯料，如果材料质量够，还可以使用。

3. 端部裂纹

在剪切或用氧气切割某些合金钢或工具钢时，由于端部受到很大的内力(内应力)，且钢材性质较脆，在端部易形成裂纹(见图2c)。对这种缺陷必须清除(风铲、砂轮磨等)后才能使用，否则在加热及锻造过程中会扩大裂纹。为了预防端部裂纹的产生，对工具钢或某些合金钢进行剪切或氧气切割时要预热300~500℃，最好采用热剪或热切的方法。

4. 端部毛刺和夹层

在剪切毛坯时，由于剪切间隙过大，材料末端会弯曲而形成毛刺(见图2d)。而剪刀刃口变钝，间隙不当则会形成端部夹层；在锯切或气割材料时，也会因钢材直径过大，在翻转材料锯切或气割时错移而形成端面夹层(见图2e)。对于毛刺和夹



层,也必须在锻造前清除(风铲、砂轮磨),否则毛刺和夹层会变为锻件夹层、裂纹结疤等缺陷。

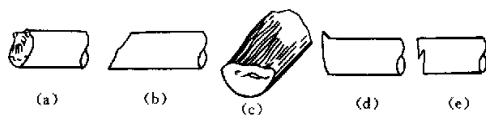


图2 开料产生的缺陷

(a) 端面粗糙不平 (b) 端面倾斜 (c) 端面裂纹
(d) 端面毛刺 (e) 端面夹层

三、加热造成的缺陷

1. 裂纹

当较大毛坯的加热速度过快时,金属表面受热会急剧膨胀,而热量尚未传入内部,故内部金属受到外面金属的张拉。如再加上金属加热时的组织改变或金属内部原有残余应力的影响,特别是材料脆性较大的合金钢或工具钢,就易形成裂纹。如果加热时出现这种裂纹,锻件就很难挽救。因此对较大的合金钢锻件,都必须按照加热规范进行。

2. 氧化和脱碳

金属在炉内加热高温时间(保温)过长,会使表面形成很厚的氧化皮,并造成表面脱碳(含碳量减少),氧化使锻件烧损增加,形成材料不足,而且氧化皮在炉底结渣时,与金属粘结而不易清除,形成表层麻面、凹坑等缺陷,脱碳结果也会降低锻件表面的硬度。为了减少氧化和脱碳,必须减少坯料在高温时的停留时间。每次入炉加热时的坯料不宜过多,在炉内高温区放置的坯料减少,尽可能做到顺序出炉。

3. 过热或过烧

加热温度过高,且在高温时间停留过长,会形成坯料的过热或过烧。过热则毛坯内部晶粒组织粗大,脆性大,锻造时容易开裂,影响产品的力学性能;过烧是坯料加热温度太高,当晶粒边界形成氧化时,坯料喷射火花,并且一锻就碎,锻件断面颗粒粗大,呈浅灰蓝色。

过热的锻坯可以通过锻造来打碎粗大晶粒,或者通过热处理细化晶粒来消除,但过烧的金属是无法挽救的废品。

4. 加热不均匀

坯料加热不均匀,在锻造时易出现裂纹,特别是合金钢锻件加热不均匀,中心未烧透,锻造时中

心就会出现裂纹,这往往是不可挽救的废品。为了防止加热不均匀,对坯料应按规范进行预热、保温,并适当翻转锻件,使之热透。

四、锻造中产生的缺陷

1. 裂纹或裂缝

(1) 锻造塑性低的合金钢或工具钢,由于锤击力过重,坯料变形程度过大,易引起锻件的裂纹或裂缝。

(2) 由于工具未预热而锻造某些塑性差的合金钢锻件,产生局部的冷却,或在终锻温度以下进行墩粗、冲孔等,均易引起裂纹或裂缝。

(3) 由于锻造工艺不合理,当拔长圆料时,不是由锻造方再滚圆,而是由圆锻造成圆,这样经过反复锻造,形成曼乃斯曼效应,中心出现裂纹。

(4) 由于工具不当,如摔子、砧块周边圆角不够,而形成锻造的裂纹或裂缝。

分析锻造中出现裂纹或裂缝的原因,从而有效控制锻造温度。对低塑性的合金钢或工具钢,更应控制其变形程度,使变形量不致太大,且操作中应注意各种工具的使用等。对锻造中已出现的裂纹,若在表面不深处且不影响机加工,可以使用;若裂纹或裂缝深度较大,但通过铲去和磨削能清除,应清除缺陷后锻造修整;若裂纹或裂缝较深且无法修复,应予报废。

2. 夹层

夹层形成的原因:

(1) 墩粗时出现弯曲而未及时校正,继续墩粗时而出现夹层(见图3a)。

(2) 拔长时每次的送进量小而压下量大,易形成夹层(见图3b)。

(3) 已局部墩粗后的毛坯再墩粗(见图3c),或在局部墩粗时使用垫环不当(见图3d),均可形成夹层。

(4) 由于切肩过深或切削不当而形成的夹层(见图3e)。

(5) 滚压时出现飞边形成的夹层(见图3f)。

夹层往往是不可挽救的废品。只有少数表面夹层在不影响机械加工的情况下可以使用,部分浅的夹层可铲去(磨去、气割等)后修整锻造。要防止夹层的产生,应在刚可能产生之前立即纠正,而对已产生的夹层则无法纠正。

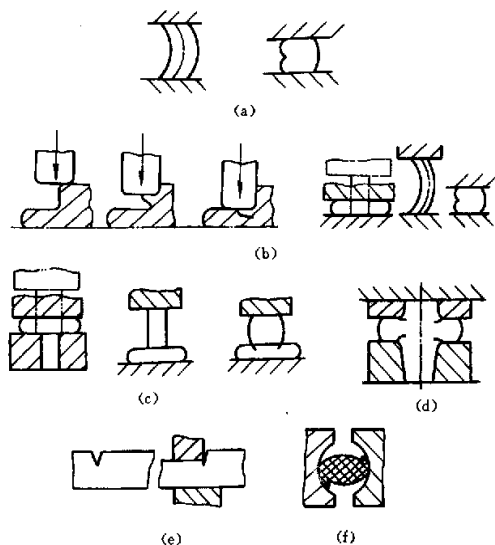


图3 形成夹层的多种原因

- (a) 锻粗弯曲未经校正
(b) 拔长时送进量小而压下量大
(c) 已局部锻粗后的毛坯再锻粗
(d) 锻粗时使用垫环与坯料配合不当(两端过长)
(e) 切肩过深 (f) 滚压时出现飞边

3. 末端凹陷

当拔长较大截面的坯料为小截面的端部时,局部切出的坯料短,这时将形成末端凹陷(见图4a)。当拔长所用的砧块太窄,或设备能力过小时,变形往往形成端部凹陷(见图4b)。为了防止端部凹陷的产生,可以在端部先锻成球面凸起(见图4c)或采用合适的砧块、设备,适当的加长端部并切除端部凹陷部分。

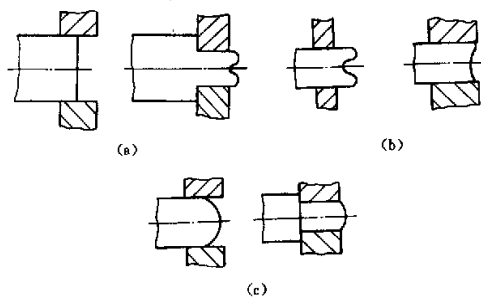


图4 锻造中的末端凹陷

- (a) 拔长大截面坯料为小截面时,切出坯料过短
(b) 砧块过窄和设备能力不足
(c) 防止端面凹陷而先锻出的球面凸起

4. 尺寸不足及形状不符

一般在下料足够的情况下,尺寸不足、形状不符往往是由工作中粗心大意造成的。

- (1) 料分配不合理。
(2) 长锻件在拔长时截面锻得过小。
(3) 切去余料太多,切肩过深,锻件各台阶之间错移,中心线偏斜。
(4) 锻件的轴线弯曲,或弯曲锻件的形成不符合等。

(5) 氧化皮清除不好,被压入锻件,因而在清除氧化皮后形成表面凹陷。

为了防止尺寸不足与形状不符的情况,在锻造前必须对锻件的各部分进行计算,从而合理分配锻料,认真做好变形工艺的分析,选择好每个工步,使工具准备、排列、火次和操作均有次序,并认真在各工步中进行检查,防止操作中出现差错,已出现的变形可通过校正的方法纠正。

五、锻后冷却与热处理中产生的缺陷

1. 裂纹与白点

对塑性差的合金钢及工具钢,如锻后置于潮湿的地上或遇水冷却过快,均易造成裂纹;对含氢量较高的合金钢,因冷却过快还会产生白点。

因为冷却过快所造成的裂纹与白点,一般都是不可挽救的废品。为了防止冷却过快,锻件应按钢材的冷却规范进行。

2. 变形

因锻后冷却不均匀或热处理时加热与冷却方法不合理,均可引起变形。常见的变形为长轴线锻件弯曲,可通过调质予以纠正。对低碳合金钢锻件而言,变形的弯曲度小于10mm以下的,可以冷校正;变形大的锻钢件或各种合金工具钢、中碳合金结构钢锻件均应热校正,或校正后再经过退火消除应力。

3. 硬度不符或晶粒粗大

锻后锻件热处理不当,对应退火工件加热温度过低,冷却过快,会形成锻件硬度过高,加热温度过高,保温时间长易形成锻件内部晶粒粗大;热处理前锻件清理不好,会形成锻件表面硬度不均匀。

属于这类的缺陷,均可通过再次热处理加以消除,并可以通过执行锻件的冷却与热处理工艺规范来防止。

(20030826)