

曲轴常见的锻造缺陷及解析

■ 吴傲宗, 陆长青, 尹松森, 刘金蕾

曲轴是发动机的核心零件, 大马力和高性能的发动机大多使用锻钢曲轴。在曲轴模锻生产过程中常产生各种锻造缺陷, 这些缺陷轻则增加了制造成本, 降低了锻件质量, 重则产生批量的质量问题, 甚至造成批量报废。本文针对锻钢曲轴模锻生产过程中常见的锻造缺陷进行归纳和解析。

1. 充不满缺陷

充不满是金属在变形过程中由于各种原因未充满模具型腔而形成的缺陷。

(1) 平衡块充不满 曲轴平衡块锻造时充不满主要发生在平衡块上下模最深处(见图1、图2)。由于曲轴平衡块又高又窄金属流动距离较远, 依靠挤压成形填充, 金属流动阻力大, 是最后成形部位, 极易产生充不满缺陷。当带有平衡块的部位坯料体积分配不足或金属外排阻力较小及预锻设计不合理是曲轴平衡块充不满的主要原因, 同时坯料加热温度偏低、不均匀及模具温度偏低也会产生平衡块充不满缺陷。

曲轴锻件属于长轴类锻件, 在锻造成形时, 金属沿锻件长度

方向不能作长距离的大量流动。曲轴锻造坯料规格 D 应根据体积最大的曲柄单元(见图3)平均截面积选择

$$D = 1.13 \sqrt{F_{\text{平}} + F_{\text{飞}}}$$

$$F_{\text{平}} = \frac{V}{L}$$

式中 $F_{\text{平}}$ ——曲轴锻件的平均截面面积;

$F_{\text{飞}}$ ——曲轴锻件相应处飞边截面面积。

计算出坯料规格 D 后应按照国家标准规格, 并尽可能选用工厂常用的规格。同时, 要考虑平衡块配重部分占整个曲柄总面积比例, 要满足坯料面积/(2×配重块面积)≥0.6。

解决曲轴锻件充不满的常见方法是减小桥部高度和增加桥部宽度等来增加金属外排阻力, 从而改善锻件的充满性。有预锻工步的情况下可在预锻型槽增加储料连皮, 储存尽量多的金属用于终锻时平衡块填充。适当提高坯料的加热温度和料温均匀性也能提高锻件的充满性。当平衡块型槽相对深度大于5时, 金属充填困难, 要对坯料进行合理匹配, 模具设计时要考虑采用阻力较大的桥部结构形式, 如半闭式模锻结构, 同时要增加排气孔, 防止

模具平衡块尖端部分形成闭合气室, 阻止坯料流动。

图4为减少节材时又要避免平衡块充不满而采用的半闭式工艺形成飞边。图5为半闭式模锻工艺的结构形式。



图 1

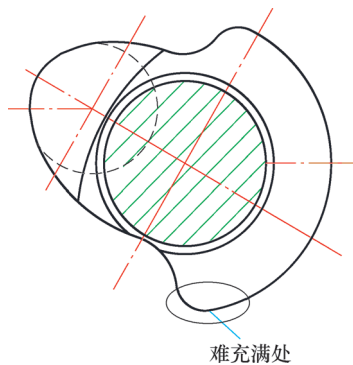


图 2

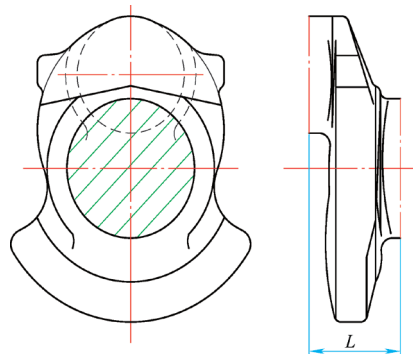


图 3

(2) 止推颈充不满 通常止推颈部位模具型槽很窄, 易于堆积氧化皮和石墨, 容易造成止推径充不满(见图6)。生产过程中需注意模具此处氧化皮的清理和石墨的全理配比及使用, 并要定期对该处氧化皮和石墨进行清理。同时在设计时可将此部位加宽或进行深度补偿, 其中加宽方式能有效减少氧化皮和石墨在此处的堆积, 尽可能避免狭深结构, 同时合理的预锻设计也会有效减少此类缺陷的产生。

2. 折叠缺陷

折叠是金属在变形流动的过程中, 氧化的表层金属汇合重叠在一起而形成的缺陷。这种缺陷在工作时会产生应力集中, 成为疲劳源。因此, 锻件上一般不允许有折叠缺陷存在。经过氧化皮清理后, 一般折叠用肉眼就可以辨识。用肉眼不易检查出的折叠, 可用磁粉探伤或渗透探伤进行检查。折叠较浅时增加了打磨工作量, 较深时造成锻件的报废。

(1) 连杆颈折叠 连杆颈折叠是模锻锤直接终锻工艺常见的一种成形缺陷。产生于开档内侧分模面偏上部位。形态呈横向的“一”字或“八”字形(见图7), 也有纵向“一”字或未重合的凹槽形态。锻压机成形工艺中, 因有预锻工步, 很少有此类缺陷的情况, 当预锻开档储料、分料结构不合理时, 在终锻时会产生纵向“一”字或未重合的凹槽缺陷(见图8)。

对于模锻锤工艺, 产生连杆颈折叠的主要原因为无预锻工

步, 曲轴模锻在最初变形时, 连杆颈开档处模具的凸出部分先成形, 坯料会形成凹坑形状, 随后这个凹坑横向发生偏移, 最后其相邻部位金属回流填充未充满的凹坑, 凹坑较明显时, 最后在这个凹坑处形成折叠。解决方式是控制好不同成形阶段打击的轻重, 但对操作要求较高, 或在模具的连杆颈开档处的凸出部分棱角处做较大的圆角, 并加大开档处的连皮厚度, 以改善金属的流动, 后者是常用的解决方法(见图9)。锻压机生产的曲轴因有预锻工步的存在通常不会产生此类缺陷, 但当预锻结构及参数不合理时会产生如图8所示的凹槽或折纹, 通常存料连皮过厚或上下连皮厚度差过大, 在终锻时成形时此部位坯料偏离过多或上下部分的坯料上下错位移动而形成, 对于锻压机模锻工艺, 这类缺陷只要针对原因修改一下模具就很容易解决。

(2) 油封折叠 油封折叠是具有油封法兰的曲轴在调试中遇到的一种成形缺陷, 有闭合和不完全闭合两种形态。图10为呈未完全闭合状态。其形成机理主要是此处成形初期成形了部分形状, 随后的成形因发生了较大的轴向移动, 而使已成形的部分形状发生了明显的轴向偏移。在成形后期的补料过程中产生了折叠缺陷。

有预锻的成形工艺可改变此处预锻的形状, 弱化台阶, 即可兼顾后端的材料成形利用率又可解决折叠缺陷。在没有预锻的成形工艺中, 可适当加长后端部分坯料长度即可解决此类问题。



图 4

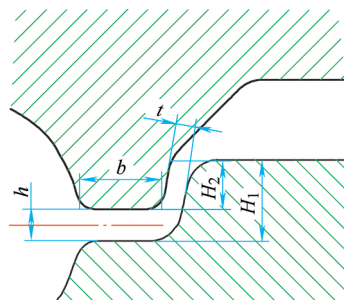


图 5



图 6



图 7

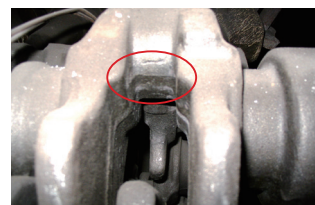


图 8

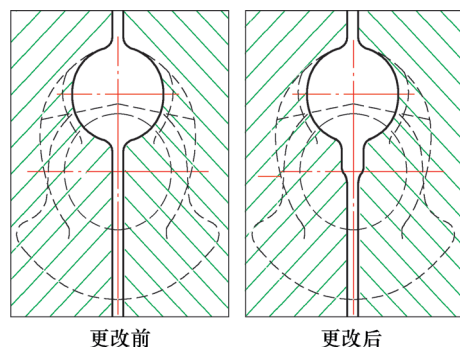


图 9

在批量生产时也要注意坯料的定位，防止偏向一端而产生此类问题。

(3) 前端端头折叠 前端端头折叠产生部位如图11打磨处，常位于下模部分。产生的原因为 l_s (见图12)取值过大，无预锻工步时更易产生此类缺陷。

当 l_s 过大时，料流动接近端头模壁时，端面产生明显凹陷(图13)，近分模面部位产生贴合模壁的尖角形状，当尖角部分接触到型槽末端时，沿根部工艺圆角回圈形成折叠。因上下模坯料流动的差异，产生部位一般位于下模部分。在模锻锤上生产时，由于锤的高速打击和存在很大流动惯性的特点，此现象更为明显。

有预锻工步时，常将预锻端头部位做如图14的改变，以利于折叠缺陷排出锻件本体或在终锻成形时挤入飞边。

(4) 平衡块分模面折叠 图15为未完全成形的锻件，平衡块分模面处已产生深入锻件本体的折叠，完全成形后会有部分锻件本体残留部分折叠。产生的主要原因为坯料规格偏小。对于易成形的曲轴，虽然坯料规格偏小也能完全充满成形，但易产生平衡块分模面折叠，轻微的折叠可通过加大此部位相邻的模具圆角进行改善，较深的折叠可通过预锻结构的倾向性分料设计解决此问题，在没有预锻工艺的情况下，常通过加大坯料规格或有可能采用半闭式工艺的方式解决。

(5) 毛刺压入的折叠 切边拉出的较高的纵毛刺的经后序校正压入锻件本体形成的折叠，扭

拐成形的曲轴在校正时更易出现此类折叠，切边后水平分模面位置的毛刺经扭拐后转到校正模的上下模的型槽内的位置，热校正后较长的毛刺压入锻件本体，形成折叠(见图16)。及时更换或修理老化的切边凹模，避免拉出较高的纵向毛刺就可避免此类缺陷。

3. 氧化坑缺陷

由于曲轴锻件形状复杂，模具型槽较深，生产时不易将型腔内氧化皮吹净，或坯料本身形成粘性氧化皮不易脱落，压入锻件表面形成氧化坑缺陷。位于非加工面处会严重影响外观质量，或明显增加了打磨的工作量。位于加工面处，严重时造成曲轴报废(见图17)。

解决氧化坑的常用的有效方式为设计合理的吹风器结构，有效吹散和吹净型槽内的氧化皮；或通过机械式氧化皮剥离器去除坯料表面的氧化皮；或通过高压水冲击去除坯料表面的氧化皮等方法。产能的过剩和残酷的竞争已使表面质量较差的曲轴很难被顾客所接受。

4. 轴向长度超差

由于毛坯长度尺寸不合格引起曲轴加工余量不足而残留黑皮的一种缺陷。此类问题主要发生在长度较长的合金钢曲轴毛坯加工过程中，加工留黑皮位置一般发生在曲轴近两端附近的位置，更为敏感的部位为两端的轴肩台部位。曲轴属是长轴类锻件，受温度变化影响明显，通常是按热胀系数1.5%来计算热尺寸。但是在实际生产过程中发现合金钢



图 10



图 11

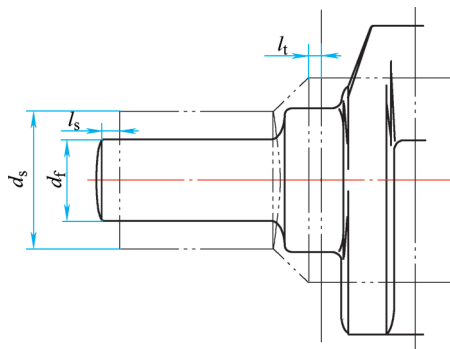


图 12

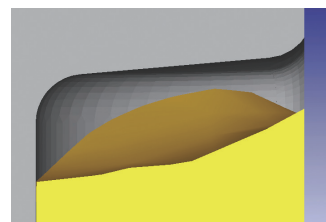


图 13

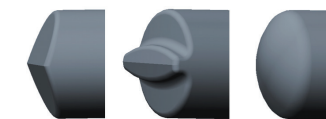


图 14

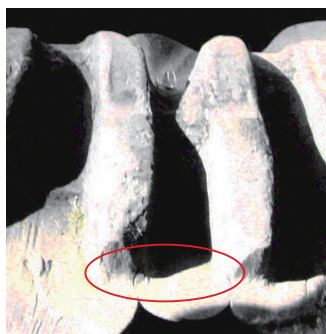


图 15



新型铝镁轮毂多向冲孔 模具设计

■ 杨金岭

锻造铝、镁合金轮毂是轿车、卡车上重要的关键安全件。锻造铝、镁合金轮毂，顾名思义为铝、镁合金材质，与传统钢材质轮毂比，锻造铝、镁合金轮毂特点是造型美观、重量轻、散热好、省油、低噪音、轻量化性能更高、更安全、更节能，故倍受欧美青睐。

我公司生产线将传统的锻造工艺与现代先进成形设备的完美结合，高效地生产高强度、高质量的锻造铝、镁合金轮毂。

1. 存在问题分析

在实际的铝、镁合金轮毂生产中，会遇到闭式锻造轮毂毛坯后续机加工时间和工序过多的问题。能否一次同时完成冲中心孔、冲螺栓孔、冲气门孔多个工序完成的任务，但由于模具结构和空间的限制一直没有人敢实际来提出方案。我公司通过常年设计思考和现场拆装模具感觉可以尝试一下。

2. 实用新型设计多向冲孔模具特点

设计本实用新型模具目的是针对闭式锻造铝、镁轮毂毛坯提供一种能同时一次垂直方向完成冲中心孔、冲螺栓孔，水平方向冲气门孔多个工序完成的多向模具。解决问题的目的是为了能够减少后续加工轮毂毛坯时间和不必要工序的，为国内轮毂锻造模具设计找到了新的提高工作效率的途径，大幅缩短了轮毂生产周期，也减少了设备和人

曲轴锻打冷却后总是偏短，新制模具每次生产时都需要较长时间的模具修磨，经过长期的生产实践，需要根据曲轴长度大小对长度方向尺寸做出适当的加大。

见的几类成形缺陷进行了例举和分析，简述了缺陷的形成机理和解决方法或预防措施，可作为曲轴模锻工艺设计和解决实际问题的参考与借鉴。

5. 平衡块变形

平衡块轴向尺寸发生明显变化的一种变形。机加后平衡块薄厚不匀（见图18），易造成无法动平衡去重的问题。此类明显的变形主要发生在切边工序，因切边力过大且两侧切边受力不平衡产生。及时修复或更换切边模；控制过切；采取分阶段切边等措施可有效避免此类问题的发生。

曲轴在生产中碰到的锻造成形缺陷种类很多，本文仅针对常



图 16



图 17



图 18

作者简介：吴傲宗、陆长青、尹松森、刘金蕾，第一拖拉机股份有限公司锻造厂技术部。

MW 20151113