

冷/温锻复合成形技术及其应用(下)

重庆大学 (400044) 马 斌

重庆工商大学 (400067) 伍太宾

四、温锻制坯、冷挤压成形加工实例

以某型摩托车起动机构中的主动齿轮温锻制坯/冷挤压成形加工为例。

图4所示的起动主动齿轮是某型摩托车起动机构中的关键零件。它是一种典型的多台阶宽法兰轴类零件,其形状复杂、精度要求高、成形工艺性差,尤其是锯齿状内齿的加工极其困难。该内齿轮一般采用插齿加工方法,不仅需要订制特殊形状的内齿轮插刀,而且生产效率低、工艺流程长、生产成本低;同时金属切削加工方法的材料消耗大,其材料利用率仅有40%左右,难以满足摩托车工业的生产需要。

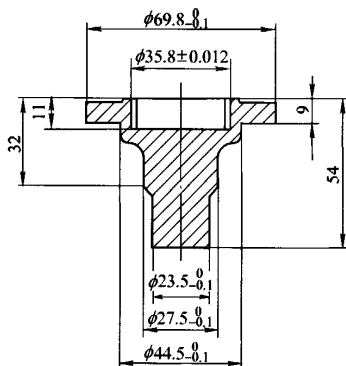


图4 起动主动齿轮简图

对于起动主动齿轮这种多台阶宽法兰类零件,其工艺流程为:棒料→冲床下料→温锻制坯→车坯→退火→表面处理→冷挤压成形,如图5所示。

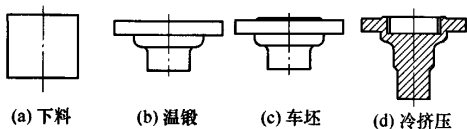


图5 起动主动齿轮的成形加工过程

1. 原始坯料直径的选定

从起动主动齿轮的形状可知,选择其中间杆部的直径作为坯料的直径比较适宜。它在温锻成形过程中既锻粗成形宽法兰部分,又用正挤压方法形成台阶轴杆部分。本工艺所取坯料为 $\phi 42$ mm热轧棒料。

2. 温锻加热规范的确定

加热设备为中频感应加热炉,其功率为100kW,坯料加热温度为 $(850 \pm 50)^\circ\text{C}$ 。

3. 车坯

温锻成形的预制坯不仅有飞边存在,而且还存在着氧化皮等热锻缺陷,且表面粗糙度高。因此在冷挤压成形之前应增加一道车削工序,车光所有外表面,以消除温锻时的飞边及氧化皮等。

4. 退火软化处理

为了减少挤压变形抗力,必须对预制坯进行退火软化处理,使其硬度控制在125~145HBW;为防止坯件氧化脱碳,将坯件装在具有内外盖的铁箱内,用砂子和铸铁屑密封后装入箱式电阻炉内进行退火。

5. 表面润滑处理

对坯料进行良好的润滑处理是获得表面质量良好、成形容易、充填饱满,以及内齿轮粗糙度低的冷挤压件所必须的。本工艺采用磷化皂化处理工艺,对温锻预制件进行表面处理;同时在冷挤压成形过程中,涂 MoS_2 于冲头工作部分,保证冷挤压内齿轮的尺寸精度和表面粗糙度。

6. 冷挤压模具的结构特点

该冷挤压工序是在YC32-315A型四柱液压机上进行的。为了控制冲头的行程,保证冷挤压内齿轮的深度,在机架两旁的工作台上各安装一个可以调节高低的刚性限位器。

其冷挤压模具结构如图6所示,它具有如下特点:

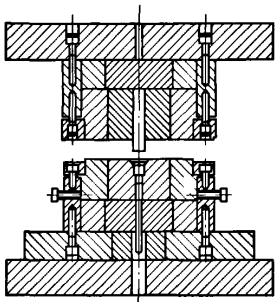


图6 冷挤压模具结构

(1) 采用了组合凸模结构,凸模与凸模套采用热压配,不仅使凸模制造容易,凸模更换方便,从而缩短了生产周期,降低了制造成本,而且还消除了模具尖角的应力集中,使模具承载条件得到改善,从而提高了凸模的使用寿命。

(2) 采用预应力组合凹模,既增强了凹模的强度又缩小了凹模的尺寸,从而提高了模具寿命,降低了模具材料消耗,便于后续的热处理及精加工。

(3) 为了保证冷挤压过程中凸模与凹模的同轴度在0.10mm以内,在下模座上设计了4个对称分布的调整螺栓,调节X轴和Y轴方向上凹模的位置,以保证凸模和凹模的同轴度。

五、温挤压制坯、冷变薄拉深成形加工实例

以某装备的薄壁壳体的温挤压制坯、冷变薄拉深成形加工为例。

图7为某装备上的深不通孔薄壁壳体,它是一个内孔高径比 $H/D > 7.0$ 的细长零件,其材质为超高强度钢30CrMnSiNi2。某工厂在该产品的研制初期,曾采用分三段切削加工、再焊接组合的方法制造,由于焊缝强度达不到壳体的技术要求,壳体在使用过程中出现早期断裂;同时该工艺的刀具消耗量大(需要采用大量的成形铍

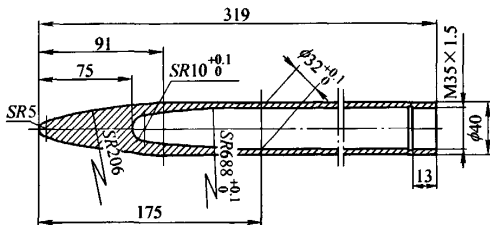


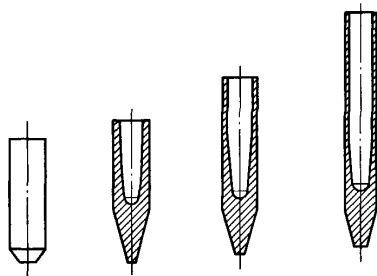
图7 某薄壁深不通孔壳体

刀),材料利用率仅有40%左右,生产工序多,工艺流程长,生产率极低,不便于组织批量生产;而且该工艺加工的壳体的内孔始终有刀痕存在,从而影响壳体的安全性。

1. 变形工序的合理安排

对图8a所示的弹体,其最佳的成形工艺为:中间预制坯+变薄拉深。为了达到弹体的尺寸精度和表面质量要求,必须采用冷变薄拉深成形工艺。由于该零件高径比 $H/D > 7.0$,且材料具有强度高、形变强化严重等特点,因此每次允许的变形程度小;同时为了便于中间预制坯的制造,采用了两次冷变薄拉深成形工艺。

关于中间预制坯的制造,采用温挤压成形工艺比较适宜。因为温挤压成形兼顾了冷挤压成形和热挤压工艺的优点,又避免了冷挤压和热挤压存在的缺点,因此特别适合变形程度大的中、高强度钢零件的成形。在温挤压成形过程中,由于塑性好、变形抗力较低,而且变形过程中的回复和部分再结晶减弱了形变强化作用,因此它可以采用大变形的成形工艺;同时温挤压时毛坯温度不高,其氧化烧损较少,因此温挤压制品的内孔精度和表面质量高。本工艺的变形工步如图8所示。



(a) 制坯 (b) 温挤压 (c) 一次冷拉深 (d) 二次冷拉深

图8 变形工步

2. 原始坯料形状的确

根据中间预制坯的形状特点,采用了圆柱体带锥台的原始坯料(如图9所示),靠圆柱体外径定位,其锥台部分的锥角比温挤压件的锥角大。这种坯料在温挤压成形过程中,温挤压的内孔型腔部分和端部锥台部分均可以顺利成形,且充填良好。

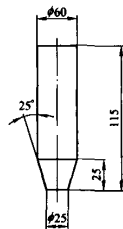


图9 坯料形状及尺寸

3. 温挤压工艺参数的确定

(1) 坯料的加热温度规范 30CrMnSiNi2 钢的再结晶温度为 750 ~ 760℃, 考虑到 30CrMnSiNi2 钢的形变强化特性及中间预制坯的内孔挤压深度要求, 温挤压采用的加热温度规范为 (950 ± 10)℃, 保温 60min。

(2) 温挤压的润滑剂及模具润滑方式 温挤压采用的润滑剂为水基高分子石墨高温润滑剂, 它具有成膜良好, 可以浸涂和喷涂, 保证预制坯顺利成形的特点, 而且这种润滑剂粘在温挤压件上容易清除, 无污染。

模具润滑方式为: 冲头采用浸涂方法, 凹模采用喷涂方法。

(3) 温挤压设备 温挤压加工是在 J53—300 型 300t 双盘摩擦压力机上进行的。

摩擦压力机具有较高的打击速度, 可以尽量减少冲头和高温金属坯料的接触时间, 从而减少冲头的热变形和热应力, 有利于提高冲头的使用寿命, 且摩擦压力机价格低廉, 设备投资小。

(4) 温挤压模具结构 本工艺采用的温挤压模具结构如图 10 所示, 它具有如下特点: ①采用组合式凸模结构, 不仅消除了模具尖角的应力集中, 使模具承载条件得以改善, 从而提高模具寿命; 由于温挤压成形过程中凸模最容易失效的部分主要是冲头, 采用这种结构可以使凸模制造容易, 冲头更换方便, 从而缩短了生产

周期。②采用单层预应力圈组合凹模, 增加凹模强度, 从而提高凹模使用寿命, 同时由于凹模尺寸小, 节约了优质模具材料, 便于加工和热处理。③采用凸凹模口定位, 不需要复杂的导柱、导套定位系统, 使模具结构简单, 制造成本低。

4. 冷变薄拉深坯件的前处理

(1) 坯件的软化退火处理 经过温挤压成形的中间预制坯, 其晶粒粗细不均匀, 碳化物成片状不均匀分布, 若不经过退火处理, 则要达到大变形的冷变薄拉深成形工艺的要求是十分困难的。

为了降低材料的变形抗力, 提高塑性指标, 应对中间预制坯进行适当的软化处理, 以获得细小、均匀的球状晶粒组织。球化退火后的中间预制坯硬度应在 220HBW 以下。

(2) 坯件的表面处理 对中间预制坯进行良好的净化和润滑处理, 是获得表面质量高、成形容易的冷变薄拉深件所必需的。本工艺采用磷化皂化处理工艺对中间预制坯进行表面处理, 表面处理后的坯料表面上有一层均匀、细腻的保护膜, 它与坯料表面紧密结合形成润滑层, 在冷拉深成形过程始终起着良好的润滑作用。

(3) 冷变薄拉深模具结构 本工艺中, 冷变薄拉深成形均是在 YX32—100 型四柱液压机上进行的, 所采用的冷变薄拉深模具如图 11 所示。

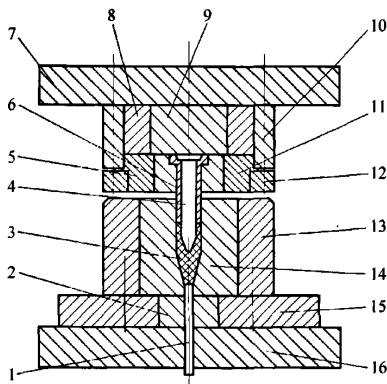


图 10 温挤压模具结构

1. 下顶杆 2. 下模承载块 3. 温挤压件 4. 冲头
5. 凸模固定套 6. 冲头套 7. 上模板 8. 上模垫模块
9. 上模垫板 10. 上模座 11. 上模外套 12. 上模压板
13. 下模外套 14. 凹模芯 15. 下模板 16. 下模垫板。

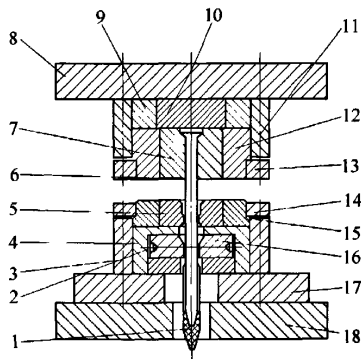


图 11 冷变薄拉深模具结构

1. 冷拉坯件 2. 拉簧 3. 下模座 4. 下模垫板
5. 拉深凹模 6. 冲头 7. 凸模固定套 8. 上模板
9. 上模垫模块 10. 上模垫板 11. 上模座
12. 上模外套 13. 上模压板 14. 下模压板 15. 下模外套
16. 剖分式斜料板 17. 下模板 18. 下模垫板

(下转第 57 页)

使用寿命。

附表是几组比较参数（一套支架）。

旧 模 具	新 模 具
需用焦炭烧红压弯	不加热, 节省焦炭 1.5t 左右
人员 3 名, 2.5 天压制 330 副	人员 1 名, 1.5 天就可压完, 效率高
操作人员受火烤较厉害, 工作环境差	操作人员不受火烤, 工作条件较好
因无互换性, 制作成本高 (材料 1t 左右)	互换性加强, 制作降低 (材料 0.3t 左右)

3. 结语

新工装的研发, 是在企业“降成本, 增效益”的大环境下开展的, 我公司支架的制造能力连年攀升, 由过

MW (20090706)

(上接第 46 页)

冷变薄拉深模具的特点如下:

其一, 模具结构小巧而紧凑。由于冷变薄拉深的变形程度分配合理, 使每次冷拉深时的变形力较小(本工艺的冷变薄拉深力均 < 450kN), 因此模具的结构尺寸就较小; 同时模具(特别是细长的冷拉深冲头)的受力较小, 冲头不容易发生弯曲和变形, 从而显著提高了冲头的使用寿命。

其二, 采用单层预应力圈的硬质合金拉深凹模, 能显著提高拉深凹模的使用寿命, 而且硬质合金凹模的硬度高、耐磨性好、表面粗糙度低, 因此冷拉深件的尺寸一致性很好, 表面光洁。

其三, 采用带有弹簧机构的剖分式卸料板进行拉深件的卸料, 其结构简单而可靠。

其四, 不需要特殊的坯料定位系统。在本工艺中, 可以靠坯件前端的锥度与冷拉深凹模的入口锥度部分配合, 以及冲头前端的卵弧形与坯料内孔的空间就能很好地满足坯料的定位问题。

六、结语

冷/温锻复合成形工艺是一种高效率、高质量、高精度的少无切削加工新工艺, 它具有节省原材料, 节约能源, 节省机械加工工时, 以及成形件的力学性能较高等一系列优点。因此, 大力推广冷/温锻复合成形工艺是锻造行业实现“节能、减排”、“增效”的有效途径。MW

(全文完) (20090411)

去的每年 400 套上升至 600 套。随着公司的发展, 产能进一步提升, 将达到每年 800 ~ 1000 套的规模。对于每台支架 U 形耳座工件, 每套按 160 台计需 320 件, 传统的耳座压制一直采用固定胎膜下火压制完成, 每套支架由于耳座尺寸不同, 每次压制都需自制工装, 工件需用焦炭加热, 压制过程中存在工件过烧报废现象, 压制应力释放困难。另外, 工件反弹时有飞出现象发生, 存在安全隐患。据统计, 每套支架耳座下火压制约需 3t 焦炭, 每吨单价 2800 元, 按 6 套计算, 每年需焦炭成本约 50 400 元。由 4 人合作完成, 压制时间约需 4 天。采用新式冷压工装后, 不需加热, 压制时间由 4 天变成 2 天, 不存在压制报废现象, 新工装采用固定式上胎, 开式滚轮式下胎, 成形后工件应力自然释放, 不存在安全隐患。

(上接第 55 页)

(3) 将压弧工装利用 T 型槽螺栓安装在压力机工作台上, 并使压力机主轴中心线与工装中心线重合, 利用工装压圆弧。

(4) 压弧后加工时为尽量减少变形, 数控元车采用以下加工方式: ①上四爪, 工件凸面朝外, 找正工件, 车球凸面成, $\phi 65\text{mm}$ 中孔成。同时车平台面见平, 并在切口处切成 V 形环槽。②倒面, 以平台面定位, 将工件装在工装胎上, 车凹面成, 并按图样要求切成形。加工时吃刀量尽量小, 防止工件变形。

(5) 机加工后喷丸, 满足图样硬度要求。

(6) 最后为保证工件的粗糙度 $R_a = 32\mu\text{m}$, 工艺安排一道钳工抛光工序。

实践证明, 此工艺、工装方案切实可行, 满足了工件图样要求及装配要求。

4. 结语

在激烈的市场竞争中, 能有效地利用现有的机械设 备、加工能力, 在短时间内生产出高质量的产品是每个 工程技术人员的职责, 只有这样才能使企业在激烈的市 场竞争中立于不败之地。这次通过对磨耗板工艺及工装的 反复论证和修整, 最后满足了工件的精度要求, 保证了 产品质量及生产工期, 提高了生产效益, 解决了同一 类型产品的加工问题, 为今后的工作积累了宝贵的经验。MW

(20090418)