



齿轮精锻生产线加工过程中的建议

江苏苏标电炉有限公司材料测试中心主任 金林奎

齿轮精锻成形技术，是在传统齿轮生产工艺的基础上发展起来的少无切削加工方法。与普通模锻相比，该工艺具有提高锻件表面质量，机械加工余量少和尺寸精度高的特点。在应用方面，齿轮精锻技术还可依据齿轮产品精度要求，选择精锻工艺实施范围，使精锻件最大限度地接近产品轮廓，以取代切削加工工艺，提高材料利用率。通过精锻工艺，取得最佳生产效益和最低生产成本。

1. 齿轮精锻生产线工艺流程

齿轮精锻生产线工艺流程为：下料→制坯→加热→预锻→精锻→清理。

(1) 下料过程 对于直径20mm以下线材，可采用冲床剪切下料，直径20mm以上圆钢采用带锯床下料。条件好一点的厂家可用圆盘刀片锯床下料，下料速度快，长度尺寸精度高，可减少制坯过程中的车端面这道工序。

(2) 制坯过程 料坯必须车外圆，料坯外表面应无氧化脱碳，外圆尺寸符合要求；车料坯两端面，确定长度尺寸符合要求；料坯两端面必须倒角，以利于增加材料表层锻造流变。料坯尺寸精度应保证锻件加工后无缺角、飞边。



微电脑感应加热设备

(3) 加热过程 齿轮锻造料坯，在锻造前采用透热炉感应加热。为保证料坯在较短时间内完全热透，且工件不易过热。根据不同直径选择不同加热频率，直径80mm以下圆钢采用中频加热，直径100mm以上圆钢采用工频加热。感应加热特点是加热速度快，晶粒不易长大，工件表面氧化层较浅。



热锻加工预锻机床

(4) 预锻过程 料坯锻造采用螺旋压力机进行锻造，小型料坯选用6000kN以下压力机，大型料坯选用10000kN以上压力机。常用齿轮材料为低碳低合金结构钢，这类钢始锻温度通常在1000~1150℃，加热温度过高时晶粒极易粗大，加热温度过低则不能保证锻件延展性，以及影响锻后组织回复与再结晶功能。

(5) 精锻过程 尽量缩短预锻与精锻之间的间隔时间，保证终锻温度在再结晶温度以上，使材料组织能够回复再结晶，形成细小的等轴状组织。在预锻后应采用高压气枪，吹尽工件表面的氧化皮，以保证精锻后产品的表面质量。

(6) 清理过程 对精锻后工件进行表面修整，用磨光机或金刚石锉刀修理锻件毛边，用



热锻加工预锻机床

钢丝刷清理锻面残留氧化皮等表面缺陷。用检测器具定时检查锻件外形尺寸精度,当锻件外形尺寸有偏差时,应及时修整或更换模具。

2. 设计要求

齿轮精锻生产线设计要求。



热锻加工机械手操作过程

(1) 在保证料坯外形尺寸的同时,应将料坯重量控制在规定范围内,料坯重量必须控制在设计要求的1~1.05倍内,保证锻件既饱满且无飞边。料坯重量检查,必须采用精度为千分之一以上的电子天平进行称重。

(2) 在制坯过程中,应控制料坯表面粗糙度,以免锻造时产生折叠和皱折,影响工件表面质量。锻坯表面折叠和皱折较严重时,后期热处理淬火时极易形成应力集中开裂,工件只能报废。

(3) 锻造加热时,应保证料坯整体加热均匀,从而使料坯锻造加工整体流变顺畅,形成与锻件外形平行的纤维状组织,使材料表面的各项应力合理分布,显著提高锻件强度。

(4) 锻造用模具设计,采用下模固定式精锻凹形模具,材料一般使用3Cr2W8V钢或4Cr5MoSiV1钢,以保证模具的耐蚀性、抗氧化性和热硬性。上模为辅助模具,材料一般使用5CrMnMo钢或5CrNiMo钢,保证模具使用强度与韧性。

(5) 下模用凹模是齿轮精锻的关键零件,为了保证齿轮表面尺寸精度,要求电脉冲机床加工制造。电脉冲机床加工制造后,必须进行抛光磨面,去除电火花加工的变质层。该变质层虽然只有几十微米,但表面硬度低,将严重影响齿轮模具耐磨性,极易形成疲劳裂纹源。去除变质层,恢复材料耐磨、耐蚀、耐热性能,提高模具使用寿命。

(6) 齿轮精锻模具,经过正常热处理淬火、回火后,如果条件允许,还应进行表面强化处

理。表面强化处理方式很多,有渗氮、渗碳、渗硼、渗硫、渗合金,以及气相沉积和激光热处理,使模具具有极强耐磨性,较高热强性和热稳定性,防止模具表面产生坍塌和变形。同时内部组织具有较高韧性,在工作过程中能够承受较高冲击载荷,即具有较高冲击韧度和抗断裂韧度。模具表面具有一定的化学稳定性、抗氧化性和抗液态金属冲蚀性能,因此可极大程度地提高模具的使用寿命。

3. 拓展项目

齿轮精锻工艺主要以热精锻工艺为主,对精度高齿轮再配以冷精整或温精压。直接温锻成形的产品在逐渐增多,冷锻齿轮产品的规模也在不断扩大。温锻、冷锻工艺的应用,与模具材料、大型专用锻压设备密切相关。对于冷锻、温锻齿轮锻坯,为了保证工件有足够的延展性,必须进行球化退火处理。未经球化退火处理的锻坯,组织为层片状珠光体及铁素体。其中的渗碳体片硬而脆,不仅难以切削加工,且更难冷塑性成形,在冷变形加工时极易开裂。低碳钢球化退火方面,经过实践和摸索,我们已经形成独特的工艺,并在2004年申报国家专利,于2006年3月在国家知识产权局注册登记。



冷锻加工预锻机床

4. 发展方向

齿轮精锻技术的发展,一方面必须进行技术革新,实现集成化、专业化大批量生产,节约成本,提高效益;另一方面是基于精锻技术基础,向应用范围方面和深层次的温精锻、冷锻方面拓展,使之更加完善。由局部不完整的竞争转向国际化、全方位的立体化竞争;由单个



冷锻加工精锻机床

企业竞争转向组团企业之间的竞争；由单一的产品竞争转向强调品牌与服务一致性和对称性的竞争；由单纯追求市场份额的竞争转向忠诚用户拥有率的竞争。

精锻齿轮行业还应借鉴国外齿轮精锻技术发

展的经验，在技术进步方面，学习先进的模具制造、冷成形工艺等方面专业技术，将齿轮精锻材料利用率从80%提高到90%以上，逐步向应用型的深度和广度拓展。在生产方式上形成专业化、规模化，以适合汽车行业发展的需要。



多工位齿轮热模锻 自动化锻造线

江苏太平洋精锻科技股份有限公司生产设备部部长 石小荣

近年来，随着齿轮行业装备及技术发展，以及生产制造过程人力成本的上升，原有多机台组线手工锻造生产线已经越来越不被大家所接收，企业要想提供更有竞争力的产品，从质量稳定及成本角度考虑，实现自动化锻造无疑是今后大家选择的方向。

目前，国内自动锻造装备主要体现在多工位热模锻自动化压力机生产线，具有机械手（步进梁）、自动送料装置、自动模具冷却润滑装置、脱模剂自动回收、自动装框及自动快速换模系统（QDC）等，实现了多工位自动化锻造。

下面就以我公司的一条C2F—25自动化锻造线为例，阐述多工位热模锻自动化线的加工流程：

（1）上料 选用步进式自动化上料料斗，实现毛坯自动化上料，使用注意事项为毛坯长径比要大于1.2。

（2）毛坯加热 选用自动化中频感应加热设备，中频加热工艺具有设备能耗和故障率低，寿命长，操作、维护方便，以及运营成本低等优点，使用时要注意选用具有双路温度监控及三路毛坯分选系



齿轮毛坯中频感应加热

统，以及具有温度自动控制调节闭环系统，以适应自动化的锻造。

（3）自动进料系统 由送料输送带和料杯组成，可准确地将毛坯送到压力机准备工位。

（4）锻造系统 由压力机、步进梁、模架及自动润滑系统等组成，其中压力机要具有多工位单独顶出机构和单工位闭合高度调整机构，步进梁实现工件压力机中多工位自动锻造、搬运，模架为子母模架结构，为实现快速换模提供了方便。自动冷却润滑装置，对于自动线来说，此系统显得尤为重要，其直接关系锻造产品质量以及锻造模具寿命。

（5）自动快速换模系统（QDC） 由换模小车、导轨、门架及模架翻转机构组成，在一副模具正常加工的同时将另一副模具准备好，但模具到达使用寿命时，启动QDC系统可实现30min内完成换模，提高生产效率。

（6）自动装框系统 由出料输送带、机械手、



多工位齿轮热模锻生产线