精密锻造齿轮技术的应用

江苏太平洋精锻科技股份有限公司 （姜堰 225500） 赵红军 陶立平 王耀祖

齿轮作为传递动力的关键零部件，齿轮质量、性能及使用寿命直接影响整台机器技术、经济指标，而齿轮的加工方法又直接影响其质量、性能及使用寿命。从一定意义上说，齿轮的加工技术是衡量我国机械制造业水平高低的一个重要指标。

齿轮传统的加工方法是利用锻造毛坯通过滚齿、插齿、铣齿、刨齿等方法切削而成，此方法材料利用率低、加工工时长、生产成本高，且具有一定的环境污染，产品性能难以满足传动零部件在工作中长期承受周期性载荷、对抗疲劳性能的要求。采用精锻成形工艺能快速生产高质量的齿轮，不仅解决了齿轮传统加工方法的诸多不足，同时充分满足了齿轮在传递动力过程中长期承受的周期性载荷对抗疲劳性能的要求，并对齿轮轻量化、高强度化产生了较好的推动作用。

1. 变速器齿轮一体化锻造的应用

为实现变速器小型化，汽车变速器齿轮要求具有高强度和小型化的个体，尤其是与变速器轮齿啮合传递动力，前端具有倒棱的同步齿环配合时，要求有很好的换档顺畅感，带负荷运行时能够可靠地防止齿轮打滑。传统齿轮如图1所示，多采用机械加工成形，先制造高速齿轮和带圆锥的同步齿环，然后压装，再通过电子束焊接成整体的方法；或通过压装花键构成整体的方法。最近高强度、换档感良好的精密锻造工艺（见图2）成为主流。特别是一些轴类零件（见图3），通过锻造一体化零件，轴部的流线未切断，使得强度大幅提高。

近年来，随着汽车轻量化、小型化、节能化的发展，同时要求不增加汽车发动机的横向尺寸实现多档化。将原有的低速1～3档结合齿设计成沉头齿轮，如图4所示。齿轮宽度方向可以节省5～10mm，使得发动机可以节省15～30mm的空间，便于安装6、7速齿轮。这种结合齿采用原有的焊接、压配加工方法很难或无法实现，且强度达不到设计要求，这就需要锻造来实现。这种齿轮锻造的主要难点是模具寿命低，原因是模具相对应的齿部突起较高，热锻、精整模具齿部一旦受侧向力，模具易断裂。如何使得热锻、精整齿部充填完好，同时模具不开裂是我们迫切需要解决的问题。通过DEFORM模拟调整热锻预成形几个工步的形状，使最终齿部成形工步大部分齿部料的流动呈轴向方向，减少径向流动。冷精整工序齿部整形只有呈轴向方向流动。通过改进，模具寿命大幅提高，目前该产品已经批量生产。

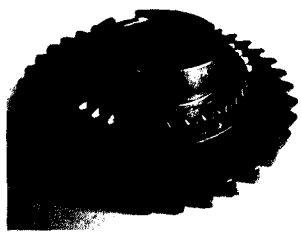


图1 切削加工齿轮



图2 锻造齿轮

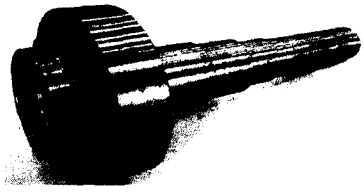


图3 输出轴

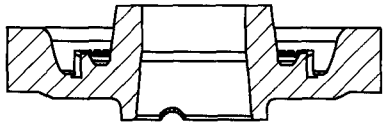


图4 沉头齿轮

2. 锻造工艺在倒档齿轮上的应用

倒档齿轮是一种汽车后退时啮合、旋转的齿轮，齿面具有30′左右的防打滑倒锥，属于圆柱齿轮范畴。为了能够容易地嵌合到对应的齿轮上，在单侧端面设有倒棱楣角，这种齿轮只在后退时使用，但对齿轮精度、噪声有一定要求，一般需要采用剃齿加工保证齿面精度。

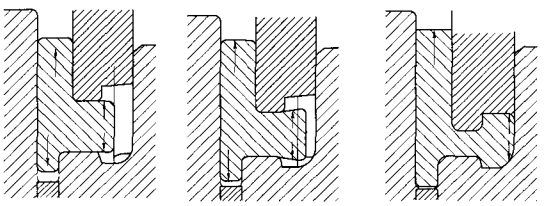
随着近几年锻造技术、锻压设备及模具加工、制造技术的发展，批量锻造倒档齿轮无须剃齿加工，与切削齿轮相比，弯曲疲劳强度提高20%～30%，金相组织具有连续性（见图5），通过喷丸硬化提高压缩残余应力。一般来说，轿车变速器上最为薄弱的齿轮是倒车用倒档齿轮，如果为提高该齿轮的强度而改变模数，由于齿轮比问题、中心间距问题等不进行大幅度的设计变更是不可能解决的，通过采用锻造倒车用倒档齿轮则很容易地解决了这一问题。



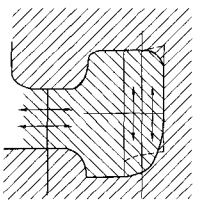
(a) 锻造齿轮　　(b) 切削齿轮

图5 锻造齿轮与切削齿轮金相

目前采用的锻造工艺大致有两种：一是冷锻分流锻造成形后倒锥；二是温锻预成形+冷精整+倒锥成形反锥，如图6、图7所示。通过合理的分流，保证倒棱处充填饱满。



(a) 温锻分流锻造倒档齿轮



(b) 齿部温锻分流锻造

图 6

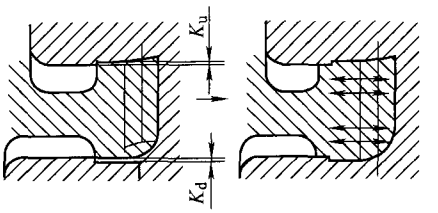


图7 冷整形齿部分流锻造

采用锻造工艺时需考虑事项：① 针对提高发动机转矩的要求，在不改变齿轮各种参数的前提下利用锻造工艺提高强度，为了避免齿根部位压力集中，不得有台阶，采用圆滑过渡的圆弧形状，如图8所示。② 为了提高操作性，倒棱楣角形状采用三维曲面，在各棱边设置0.5R左右的圆角，如图9所示。③倒棱面、齿面、齿根部位的表面粗糙度值不大于R_a1.6μm，不允许有粘模拉毛现象。④齿面齿向方向有0.003～0.006mm鼓形。⑤必须考虑热处理变形对成品齿形、齿厚的影响。通过锻造，齿形无需切削加工，产品检查达到7级精度要求。

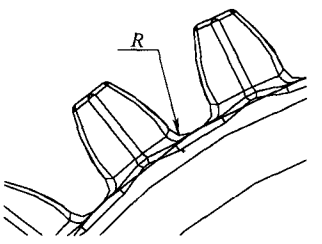


图 8

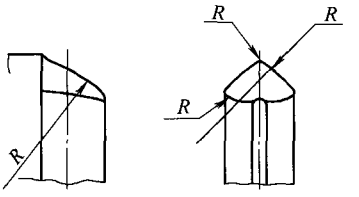


图 9

3. 结语

随着技术的发展，今后对接近最终形状或净成形的需求会越来越广泛，高精度齿轮及一体化齿轮正逐步由切削加工转向锻造，热、温、冷复合锻造成形技术越来越应用广泛。近年来，斜齿轮的精密成形正在努力开发中。随着自动变速器的发展，利用热锻与旋压组合、热锻冷锻复合工艺与旋压组合，实现离合器壳体无切削化生产的工艺技术正逐步推广。**MW**　　(20120315)