

圆柱直齿轮闭式锻造有限元分析

合肥汽车锻件有限责任公司 (安徽 230031) 陈国强

【摘要】 圆柱直齿轮切削加工生产效率低, 能耗大, 常温下闭式锻造可以有效地改善这些缺陷。本文利用三维有限元分析软件 Deform-3D, 模拟齿轮成形过程。通过对成形阶段等效应力、等效应变和行程载荷曲线的分析, 归纳金属流动规律, 为圆柱直齿轮的生产提供理论参考。

圆柱直齿轮作为传递运动和动力的最基本的零件之一, 在机械行业里得到较为广泛的应用。传统的切削加工或采用热模锻坯与切削加工相结合的方法来制造圆柱直齿轮, 存在生产成本低, 效率低, 强度低, 耐磨性和抗冲击性差等缺点。在常温下采用闭式锻造, 利用金属本身的流动性能充填齿形型腔, 成形齿轮, 得到的齿轮齿部不需进行切削加工或只留极少的切削加工余量, 保证了较为完整的齿部纤维流线, 性能得到了提高, 而且生产效率也可极大的提高。本文基于刚塑性有限元理论, 利用三维有限元分析软件 Deform-3D, 对圆柱直齿轮在常温下的闭式锻造工艺展开研究, 分析齿轮成形规律, 为其后续生产应用提供理论参考。

1. 有限元模型建立

为简化研究对象, 忽略工具的弹性变形, 设模具为刚性体, 坯料为塑性体。模拟分析时选取材料为 A11100; 摩擦方式定义为剪切摩擦, 摩擦系数为 0.12; 忽略温度效应, 取模具和坯料温度同为 20℃; 齿轮参数为: 模数 $m = 2\text{mm}$, 齿数 $z = 18$, 压力角 $\alpha = 20^\circ$; 坯料外径取略小于齿根圆直径, 坯料的高度根据塑性变形体积不变原则计算得到。为了提高有限元分析效率, 选取整个齿形的 1/4 作为本文的研究对象。采用浮动凹模工艺。上凸模和浮动凹模的向下运行速度均为 5mm/s。图 1 为建立的有限元分析模型。

2. 有限元模拟结果分析

金属成形过程中应变场、应力场是综合反映齿轮成形时金属流动规律的重要依据, 决定了其成形的质量。

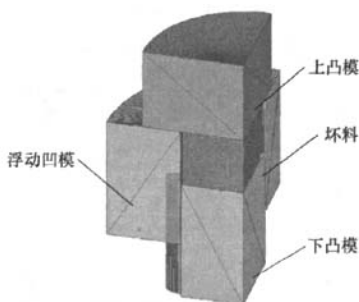


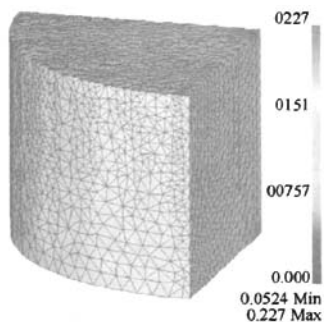
图1 有限元分析模型

本文提取了圆柱直齿轮成形过程中三个阶段的等效应变和等效应力, 以期能更为准确的反映金属流动特点。

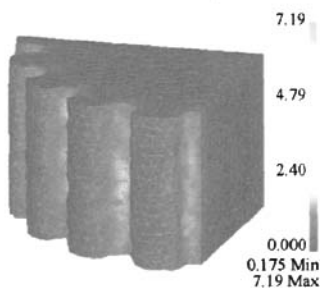
图 2 所示为成形过程中三个阶段的等效应变分布图。可以看出在压下量为 0.5mm 时, 材料开始流入凹模齿腔, 当经过齿腔转角部位时, 该处的应变值略微增大; 当压下量达到 3mm 时, 材料流动加剧, 更多的材料向齿腔部位流动, 然而齿腔转角增大了材料流动的阻力, 使得等效应变值继续增加; 随着凸模的继续下行, 在成形终了阶段, 如图 2c 所示, 齿形已完全充满, 齿腔处由于金属变形量较大, 应变值达到了 7.41。

图 3 为等效应力分布, 与图 2 对应, 其分布规律和等效应变场分布规律基本一致。可以看出应力最大的部位仍在齿腔转角处, 最大值为 38.3。图 4 为该齿轮在常温下闭式锻造行程载荷曲线, 可以看出其成形分为三个阶段: 第一个阶段, 载荷呈直线上升, 因为坯料外径略小于齿根圆, 故其与模具留有微小间隙, 变形时, 没有发生剧烈的塑性变形, 该阶段类似于镦粗; 第二阶段,

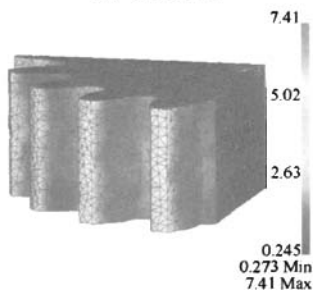
载荷上升较为平缓,此阶段材料开始流入齿腔,随着坯料自由流动面积的减少,成形载荷逐渐上升,该阶段持



(a) 压下量 0.5mm

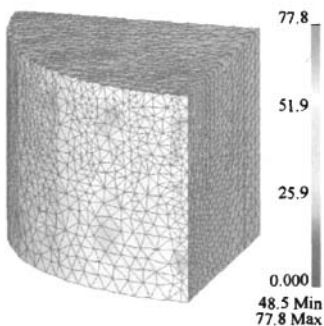


(b) 压下量 3mm

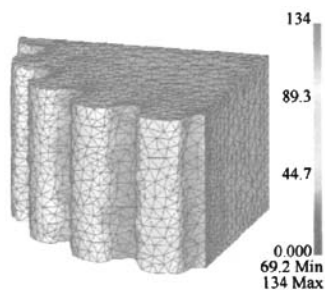


(c) 压下量 4mm

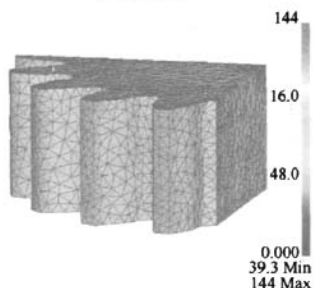
图2 等效应变分布



(a) 压下量 0.5mm



(b) 压下量 3mm



(c) 压下量 4mm

图3 等效应力分布

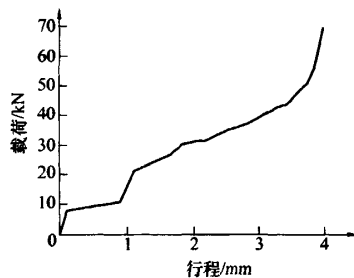


图4 行程载荷曲线

续时间较长;第三阶段,载荷在较短的行程下,呈直线上升,增加非常迅速,此阶段是最后成形阶段。因为在第二个成形阶段,大部分材料已流入齿腔,剩下的自由面非常小,齿轮要最终成形需要克服三向静水压力,必然需要极大的成形力。

3. 结语

(1) 有限元分析软件的使用,可以极大地提高金属塑性成形工艺设计效率。

(2) 圆柱直齿轮在常温下闭式锻造时,最难充填的部位是齿腔角隅处,在最终成形阶段,载荷会在较短的行程内达到很高的峰值,这会对模具的使用寿命带来很大的影响。**MW**

(20100413)