汽车转向螺杆的精密塑性成形工艺

郑州机械研究所　（河南　450052）　孟令先　宋学进　张元国
鹤壁职业技术学院　（河南　458000）　王德俊　刘　洁

一、工艺分析

转向螺杆是汽车转向器中的一个关键零件，其质量的好坏直接决定着汽车方向机的可靠性和安全性。图 1 所示为某轻型车方向机中的转向螺杆。

该转向螺杆切屑加工困难，材料利用率低。采用精密塑性成形技术及工艺显然符合金属的塑变原理，但因变形量大、内腔渐开线花键齿多、齿顶尖，所以塑性成形时齿形的充满比较困难，需要采取有效的工艺方法及措施。

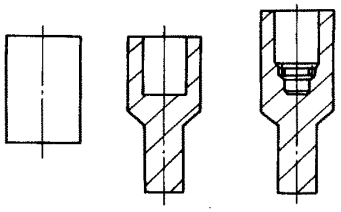


图 1　转向螺杆挤压件图

该转向蜗杆的现行工艺是：

（1）用棒料直接切削加工。

（2）热模锻制坯然后机加工。

热模锻制坯然后机加工工艺比棒料直接切削加工工艺的材料利用率和生产率有所提高，但质量和数量仍远远满足不了日益发展的汽车工业的需要。为了最大可能地提高生产效率，使内花键及内孔尺寸达到净成形，我们采用了冷挤压成形工艺。

根据零件的结构特点，我们确定用复合挤压的方式制坯（见图 2），即采用反挤压的方式将转向

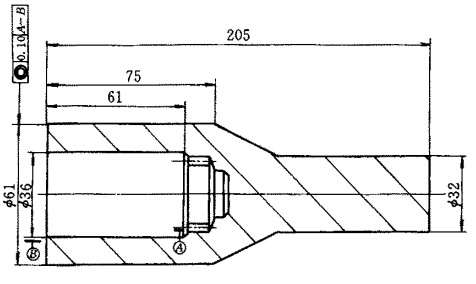


图 2　转向螺杆塑性成形工序图

螺杆的内花键挤压成形。工艺流程为：下料→退火→润滑→复合挤制坯→挤压内花键→成品。

实践证明，冷挤压成形工艺特别适于该转向螺杆的大批量生产，而且产品的质量和精度均比机加工好，取得了显著的经济效益。

二、模具的设计、加工和制作

1. 挤压力

挤压力的计算，是模具设计的基础，也是选用模具材料和挤压设备的重要依据。影响挤压力的因素很多，主要包括金属的变形抗力（变形抗力与挤压方式、挤压材料、变形程度和变形速度等因素有关）、摩擦与润滑、毛坯高径比和模具的结构形式等。根据诺模图（图算）法可得出，转向螺杆毛坯复合挤压的挤压力 F 近似为 4500kN，这与经验公式 $F=2K_f(\ln d_0/d_1+2\mu h_1/d_1)\cdot e^{2\mu h/d}\cdot F_0$ 计算所得结果 4320kN 近似。因此，我们选用 5000kN 油压机来成形该转向螺杆。

2. 挤压件

冷挤压件的精度在很大程度上取决于挤压模具的精度。所以模具设计时，不但要依据冷挤压工艺方案，而且还应根据零件的同心度要求，综合考虑后续机加工等事宜，使所设计的模具既简单实用，又便于加工制作。为此，我们精心确定冷挤压的工艺参数，设计了一套结构新颖的成形凹凸模，如图 3 所示。根据挤压件的结构特点，我们将凸模、凹模均设计成分体组合式，以保证模具的加工精度及更换的便利。因为组合凹模各层的配合具有一定的过盈量，所以装配后内层产生切向压应力，此切向压应力与冷挤压时引起的切向拉应力方向相反，从而抵消或降低了凹模内层的切向拉应力，达到了提高凹模强度和寿命的目的；凸模分体是为了便于线切割加工时避免采用电火花加工，同时又利于模具更换。在模具加工过程中，针对线切割精度等影响模具精度的问题，采取有效措施得以保证质量，

如：线切割编程时不但要精心设计、计算差额补偿量，而且还要严格控制放电间隙和导轮的走丝速度，尽可能地提高模具零件的表面粗糙度，以便后续抛研时能够取得均匀一致的几何尺寸及齿形。凸模渐开线花键线切割加工后，经研磨抛光，然后以齿形面为基准配磨固定套。只有这样才能保证挤压模具同心，从而保证挤压件内腔的同心度，满足零件的使用要求。

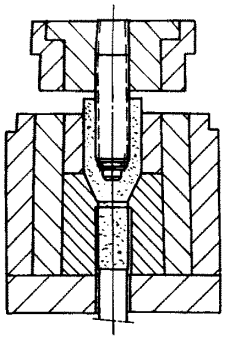


图3　转向螺杆的挤压成形模具图

3. 模具材料的热处理

为了满足挤压件量大精度高的要求，我们选用新型模具材料 LD（7Cr7M02V2Si）钢，LD 的淬火温度较宽，一般在 1100～1180℃范围内，回火温度范围也较宽，可在 510～620℃之间选择，但要充分发挥 LD 钢的高强度、高韧性之优势，必须选择合理的热处理工艺。淬火与回火温度的选择与 LD 钢的硬度、晶粒度残留奥氏体数量和力学性能等有关。工艺试验和经验总结认为，汽车转向螺杆挤压用模具材料 LD 钢的热处理规范为：1100～1150℃淬火，550℃回火，其综合性能较好，使得模具寿命较高。

三、工艺试验及批量生产

1. 毛坯软化

为了降低坯料的变形抗力，提高金属塑性，需要在冷挤压前对毛坯进行适当的软化处理，以改善金属坯料的内部组织。而退火软化工艺如果选择不当，会使坯料的硬度高低不一，造成压力猛增或模具磨损，直接影响设备及模具的使用寿命及制品的表面粗糙度。为此，我们进行了反复的工艺试验和生产验证，得出了转向螺杆毛坯（20CrMnTi）的软化退火规范，如图 4 所示。随机抽样，硬度在 125～140HB 之间，适宜于冷挤压变形。

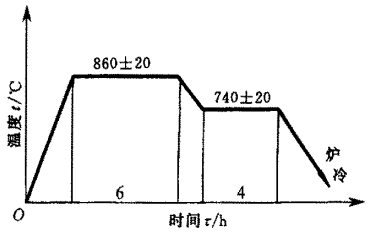


图4　毛坯软化工艺曲线

2. 坯料润滑处理

挤压毛坯表面的润滑处理是冷挤压工艺的一道重要工序，润滑的好坏对冷挤件的表面质量及模具寿命有很大的影响。黑色金属的冷挤压，长期以来一直是采用传统的磷化皂化方法，但这种处理方法，场地占用面积大，生产费用高，污染环境，工艺质量亦难以控制。因此，我们采用了一种新型的水基高分子润滑剂润滑。该润滑剂使用方便、操作简单：将软化后的毛坯去除氧化皮后直接放入高分子润滑剂中浸涂，然后自然干燥或烘干，使润滑剂附着在坯料表面，形成一层黑灰色的润滑膜。金属挤压变形时，既可大大减少摩擦阻力，又使得挤压件的表面光滑、发亮，满足了零件的使用要求，同时又保证了模具的高寿命。

3. 工艺试验及批量生产

工艺试验时应小心谨慎地将模具装配好，以便保证冷挤件的尺寸精度。试验发现：该转向螺杆冷挤成形的模具设计合理，工艺方案正确，从而使得冷挤压件的内花键充满良好，未有微裂纹产生，内花键及小孔无需再机加工，达到了零件图样的设计要求。经用户检测、加工、装机跑合试验，认为我们所提供的经挤压成形的转向螺杆质量好，精度高，性能优越，完全满足使用要求。

四、结语

（1）采用精密塑性成形技术——冷挤压工艺生产的汽车转向螺杆，由于缩短了工时，节约了原材料，提高了材料的利用率，减少了人力物力的浪费，又提高了产品的精度和质量，因此使得生产成本大大降低，利润提高。

（2）经过冷挤压的转向螺杆，材料组织致密且纤维不被破坏，耐磨损，零件的尺寸精度高且同一性好，提高了方向机部件的使用寿命，减少了意外事故的发生，从而具有良好的社会效益。

（20040926）