



本文通过对异形键槽的粉末冶金齿毂生产工艺过程的分析，从模具的选材、模具结构、模具间隙、模具尺寸等方面，对同步器齿毂压制模具进行优化设计，使模具具有高使用寿命；同时，生产出来的同步器齿毂具有高精度、高质量的特点。

浅析汽车变速器同步器关键零部件制造

□ 兴城市粉末冶金有限公司 / 谷文金

工艺难点分析

第一，本公司生产的汽车同步器齿环材质是特种铜合金，精密锻造需要进行毛坯加热，普通的旧式电阻加热炉对毛坯加热的温度误差大，而且毛坯整体温度不均匀，致使锻造后冷却塑性变形不规则，径向变形大，后续加工无法弥补，无法满足技术要求和使用要求。

传统锻造操作是通过人工使毛坯落入锻造模具型腔内，位置无法

保证精确，经常导致锻造飞边填充不均匀，使产品径向变形大，无法满足技术要求和使用要求。摩擦压力机在使用过程中，由于能量不能精确控制，也没有配置打击力的显示仪器，都处于超载运行状态，造成机身、螺杆等机械部件很容易损坏，摩擦螺旋压力机打击压力变动误差大，没有打击下限，使锻件受力不均，影响锻件成形质量和精度的控制，且使模具在不同交变载荷

的作用下，极易损伤和开裂。传统设备需要多人操作，增加公司运行成本，且相互配合不统一，直接影响产品质量和精度，难以控制和管理。

第二，粉末冶金同步器齿毂工艺优势在于能生产最终形状零件，具有高效率、高精度；同时具备节材、省能的显著特点，只要少量切削加工，大大减低生产成本。同时，随着汽车工业的快速发展，同

所示。

坯料在模具中定位圆环面的改变如图4所示。

同步器齿毂工艺分析

如图5所示为粉末冶金同步器齿毂产品简图，此产品为混合动力自动变速器同步器齿毂，替代进口。该产品采用粉末冶金D39原材料，压制密度 $7.0\text{g}/\text{cm}^3$ ，烧结后硬度在 300HV 以上；外齿齿向公差 $F_{\beta}=0.02\text{mm}$ ；齿形公差 $F_{\alpha}=0.025\text{mm}$ ；齿距累积公差 $F_{\text{p}}=0.072\text{mm}$ ，精度要求高。

根据产品的齿形精度、形状和技术性能分析，确定生产工艺流程为：压制→烧结→精整→金属加工→淬火→清洗→包装。

粉末压机选用和模架选用：先用creo三维软件建模，查询齿毂的压制投影面积为 72cm^2 ，压制毛坯质量为 430g 。根据经验计算，压制齿毂产品需要 410t 压力；根据产品

形状结构，应采用上三下三模具压制；故选取 500t 上三下三模架粉末油压机。

模具设计分析

粉末冶金齿毂模具设计的工艺参数包括D39材料的松装密度、压坯的回弹率、烧结收缩率、精整余量和回弹量。同步器齿模设计难点是成品齿形精度和尺寸要求高，尺寸公差一般在 0.08mm 以内，D39材料的松装密度、压坯的回弹率、烧结收缩率、精整余量和回弹量等都会直接影响到压制模具设计的准确性。

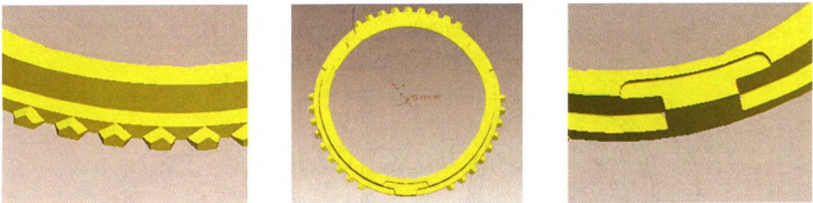
根据长期的生产经验，图6所示中的三处异形键槽，在烧结后键宽会向内收缩，预计 $(15.2\pm0.05)\text{mm}$ 处收缩量为 0.05mm ；芯部高频淬火后，也会引起键槽处收缩，预计收缩量为 0.03mm 。同时，外齿齿形也会向键槽方向变形，变形严重，如果不

在压制模具中加以修正，会引起同步器齿毂外齿精度严重超差，不能与相应的同步器齿套配合，必须加以修正；修正方式为在压制阴模上（外齿齿形），从键槽侧的第四个齿起，沿每个齿法线方向，向外移动 0.01mm 。

在以前生产过程中，如图5中键槽形状，如按正常压制模具上三下三制作，压制阴模配合间隙 0.02mm ；在压制生产过程中，压制阴模键子处（ 7.2mm 尺寸）开裂，压制阴模损坏。更改压制阴模与压制下二冲键槽处配合间隙，如图7所示，尺寸 $R11\text{mm}$ 、 $R1.8\text{mm}$ ，角度 20° 处配合间隙改为 0.05mm ，其余不变。

模具材料选择

常规压制阴模选择材质为硬质合金，耐磨性好，使用寿命长。图5所示产品，阴模键子处为异形键槽，易开裂，不能采用硬质合金材质。选用钢结硬质合金，与高合金模具钢相比，具有较高的弹性模量、耐磨性、抗压强度和抗弯强



(a) 齿部填充饱满 (b) 棱角处填充饱满 (c) 整填充均匀，变形小

图 4

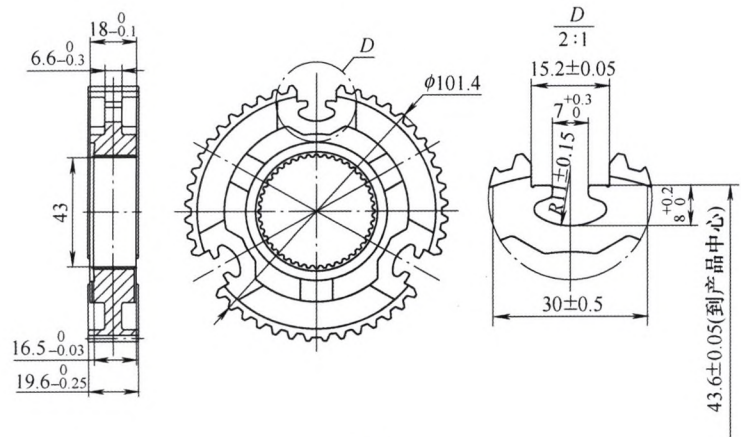


图 5

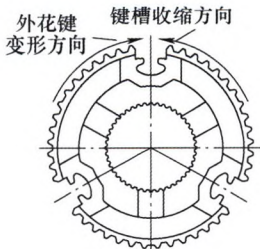


图6 产品图分析

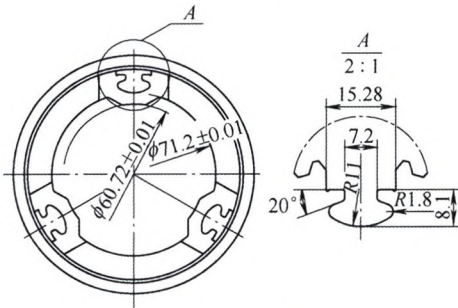


图7 压制下二冲模具图分析

度；与硬质合金相比，具有较好的韧性和具有良好的自润滑性、较低的摩擦系数、优良的化学稳定性。

芯棒直径较小，需要中间留出安装螺孔，同时受产品的挤压力作用，容易变形。芯棒材料采用硬质合金材质。

上、下外冲外齿齿形复杂，壁厚较薄，应选用弹性好的冷作模具钢，选用材料SLD，热处理硬度56~58HRC。

上、下二冲因为有异形键槽与阴模配合，形状较复杂，主要考虑因素为不能在键槽处开裂，应选用韧性较好的材料。选用材料为CALDIE，热处理硬度56~58HRC。

上、下三冲形状没有特殊，选用材料为SLD，热处理硬度56~58HRC。

同步器齿套工艺分析及改进

同步器齿套是同步器总成的重要零件之一，是使在换挡中相互接合的齿轮实现同步的装置。在换挡过程中，应当使准备啮合的那一对齿轮的接合齿圈的圆周速度达到相等，即同步，才能平顺地挂上挡。否则，两齿轮齿圈间会发出冲击和噪声，影响齿轮的寿命。为了便于换挡，汽车变速器在常用的各挡间都装有同步器，使相啮合的一对齿轮先同步，而后啮合。同步器的基本原理，是靠同步环的锥面在两个齿轮之间进行摩擦，使快的减慢，慢的加快。达到同步后，才能使齿圈接合。同步器有常压式、惯性式、自动增力式等种类。广泛采用的是各种形式的惯性同步器。

同步器齿套使用齿轮钢材，由

于属于薄壁件，采用渗碳淬火加回火工艺热处理工艺，容易产生零件轴向和径向变形，影响总成装配和整车使用性能，花键的精度一定程度上也影响最终使用效果。同步器齿套简图如图8所示。

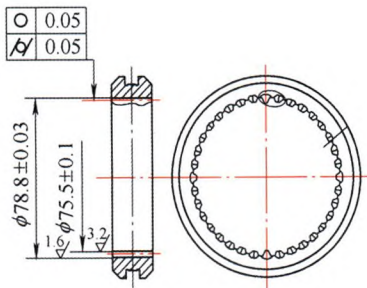


图 8

通过引进自动压淬生产，以内花键为基准，对轴向、径向变形超出公差的同时，对齿套的轴向和径向进行热整形，通过旋转加热炉，炉内冲入保护气体，防止齿套表面脱碳，加热到870℃，通过自动压淬生产线机械手，把零件送入整形模具内，合模后冲入等温淬火油，冷却后清晰进入回火炉，有效地对变形偏大的同步器齿套校正整形的效果，零件表面硬度达到58~63HRC，心部硬度：33~45 HRC。

同时对齿套花键加工工艺进行改进，由原来的一次拉削，改成粗加工和精加工，由于齿套花键属于高低异形花键，设计开发精拉刀和粗拉刀，采用高精度立式内拉床对齿套二次精加工，有效改善同步器齿套花键部分的齿型精度。

结语

根据我国现阶段汽车同步器生产规模和生产现状，随着产品结构的变化和质量要求的不断提高，还要面临环境保护和劳动成本上升的巨大压力，要想提高企业竞争力，

必须使用先进的设备和工艺，故我公司力求发展自动化生产事业，提高产品在行业内的竞争能力，给锻造企业提供跨越式发展机会。

经过使用同步器齿套压制模具进行产品生产，生产出来的产品，经过齿轮检测中心检测，外齿齿向公差、齿形公差、齿距累积公差、同轴度等技术指标，均达到了产品图的要求，模具的使用寿命也达到了预期的时间。

本文通过对异形键槽的粉末冶金齿套生产工艺过程的分析，从模具的选材、模具结构、模具间隙、模具尺寸和以往经验等方面，对同步器齿套压制模具进行优化设计，使模具具有较高使用寿命；同时，生产出来的同步器齿套完全达到了产品图样要求。又从齿套热处理进行了分析，对同步环工艺改进等，对其他的粉末冶金技术人员及变速器零部件技术人员具有一定的参考价值。AUTO1950



谷文金，中国汽车工程学会齿轮技术分会常委；中国机械通用零部件工业协会粉末冶金分会理事；现任兴城市粉末冶金有限公司总经理助理。主要从事粉末冶金、汽车变速器、发动机、车桥、转向器、离合器零部件市场开发、质量管控工作。在国家核心期刊发表30篇国家级论文。