

粉末冶金与汽车零部件

粉末冶金的优越性

(1) 节约资源, 节省工序 由于直接从金属粉末成形, 无需切削加工就可以达到高的精确度, 可以在短时间内以较低的成本进行大规模生产。

(2) 高强度 选择适宜的混合、成形、烧结、后处理技术, 可以生产高强度的零部件。

(3) 零部件的复合 对于齿轮、凸轮、齿轮和齿轮, 凸轮和凸轮进行一体成形, 能够将两个或三个部分复合。

(4) 自润滑 由于烧结体材料可以具有孔隙而含油, 所以能够得到机械零件和轴承具备的优异特性。

(5) 复合材料的性能 能够将不同特性的材料, 如铁、铜、石墨和陶瓷进行复合, 可得到耐热性和耐磨损性优异的材料。

汽车中的粉末冶金零部件

汽车上大量应用了粉末冶金零部件, 如图1所示。

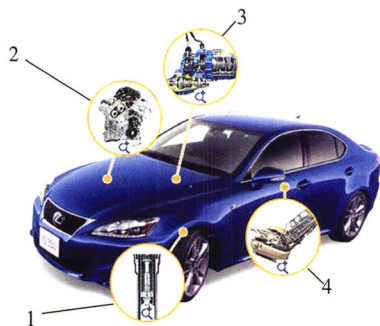


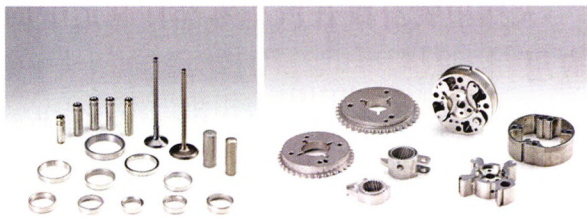
图1 汽车中使用的粉末冶金零部件

1.减振器零件 2.发动机零件 3.变速器零件 4.其他汽车零件

1.发动机部件

为了提高燃油经济性与控制排放, 汽车发动机的工作条件变得更加严酷。使用粉末冶金的阀座、阀导向、VCT和链轮等, 能够具备高强度、高耐磨损性和优良的耐热性。

汽车中粉末冶金发动机部件主要有: 传动系统零部件(气门座、气门导管和阀)、可变阀门定时零部件、控制杆等(见图2)。



(a) 传动系统零部件 (气门座、气门导管和阀)

(b) 可变阀门定时零部件



(c) 控制杆

(d) 其他

图2 粉末冶金发动机部件

2.变速器部件

将近终成形的同步器齿环与双重摩擦材料和高强度材料相结合, 制作了世界上第一个离合器毂。此



外，通过高温烧结的方法，制造了高强度的零部件，如手柄式换挡齿轮和换挡拨叉。

汽车中粉末冶金变速器部件主要有：同步器轮毂、同步器环、泊车部件、列移位部件和控制杆等（见图3）。



图3 粉末冶金变速器部件

3.减振器部件

汽车、摩托车的减振器中，活塞杆及活塞导向阀等都是重要的零部件。考虑到减振器的稳定阻尼力，使用粉末冶金零件，具有高精密薄板表面，能够减少摩擦，保障操纵的稳定性，提高乘坐舒适性（见图5）。

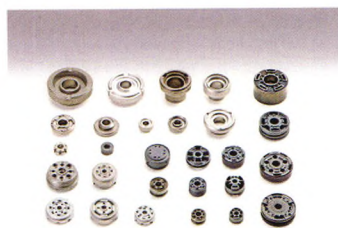


图4 粉末冶金减振器部件

提高粉末冶金汽车零部件性能的措施

1.原材料

将金属粉末烧结部件用于汽车零部件，如叶片的转子和同步器毂等，对于汽车的轻量化、降低油耗等都有很好的效果。作为原料金属粉末，通常有钼（Mo）和镍（Ni）作为强化元素。例如，将铁粉、石墨、钼铁粉、润滑剂进行混合，在610MPa的压力下成形，烧结后得到 $7.5\text{g}/\text{cm}^3$ 以上的高密度，与常规工艺相比，力学性能得到明显改善。另外，在铁粉中加入0.5%Ni，0.5%的Mo和0.2%的Mn，另外含有0.2%的铜和石墨，在600MPa的压力下成形，烧结后热锻，拉伸强度与组合性能都有显著提高。

近年来，由于有些非铁金属的价格上涨，使得含有Mo和Ni烧结部件的制造成本上升，所以行业迫切需要开发合金元素的廉价高强度钢粉末以取代Mo和Ni等。例如，在铁基粉末中添加Fe-Mn粉、Cu粉、石墨粉，Fe-Mn粉的含锰量为60%~90%（质量分数），粒度为 $45\mu\text{m}$ 或更小，添加量为0.5%~3.0%，Cu粉的添加量为1.0%~3.0%，石墨粉的添加量为0.3%~1.0%。

一般来说，为了提高烧结部件的强度，会在铁基零部件中添加石墨等合金元素。这里，采用相对廉价的石墨等取代高价的通过控制特定的添加量、添加形式与工艺，可以提供相对廉价的高强度烧结零部件。元素以Fe-Mn合金的形式加入，与添加纯Mn相比，能够减少在烧结及后续的热处理过程中Mn的氧化。同时添加Cu元素的作用在于，当烧结温度高于Cu的熔点时，Cu溶化后向Fe-Mn合金中扩散，形成Cu-Mn合金，而Cu-Mn合金的熔点低于纯Mn，所以相当于增大了Mn在Fe中的扩散速度，有利于烧结合金的组织均匀化与性能的提高。另外，形成的Cu-Mn合金，能够防止在烧结与热处理过程中的Mn氧化。Mn的添加量一定要适度：添加量过低时不能充分发挥其提高合金强度的作用，添加量相对于Cu元素过高时，未生成Cu-Mn合金的Mn元素会发生氧化，从而导致材料的性能下降。

上述Fe-Mn合金粉末的最佳添加量为0.5%~

3.0%。小于0.5%时，难以体现出其提高强度的效果；超过3.0%时，会引起烧结体的密度下降，从而对强度产生不良影响。并且，烧结体可能会发生膨胀，这对控制产品的尺寸精度非常不利。而且，当Fe-Mn合金粉末的粒度大于 $45\mu\text{m}$ 时，Mn在Fe中的扩散会不充分，影响Mn元素的强化效果。所以为保证制件的精度与强度，希望Fe-Mn合金粉末的粒度为 $30\mu\text{m}$ 以下，最好为 $10\mu\text{m}$ 以下。

使用纯铁粉末作为原料，添加Fe-Mn粉、Cu粉、石墨粉，按照上述配方与工艺，烧结体的拉伸强度都能超过580MPa，实现了不采用昂贵的Mo与Ni，也达到了同等的高强度。

2.具有复杂形状的同步器轮毂的开发

本同步器轮毂（以下简称轮毂）是倒挡用轮毂，是同步器环与锥体仅在轮毂一侧存在的样式。由于同步器环（以下简称环）以及套筒仅在轮毂的一侧动作，所以在其相反一侧有必要设置阻止结构，在轮毂本体与主轴之间也设置有阻止结构。

根据上述结构，综合考虑了空间的不足与成本的上升等问题，确立了成形的样式，设计了能够批量生产的烧结体形状。但是，满足功能要求时需要多台阶复杂形状，其成形的难度增大，为此，需对模具进行优化，使用数控压机，确定成形条件，实现批量化生产。

开发内容包括：

(1) 键入形状 包括两部分 要求的形状由外齿与内齿组成，而且对于键销进入无牙沟槽，也赋予阻止用台阶形状。外齿与内齿的台阶形状，按照客户的要求进行，但对于无牙沟槽的突起部分，考虑到成形方面的问题，提出采用代替形状。作为替代方案，并不是部分的突起，而是覆盖沟槽全体的顶棚形状。该提案得到了认可。

(2) 模具结构 外齿与内齿的台阶形状，采用一般的方法。关于沟槽部的顶棚部分，使用了模具插入件的台阶结构。之所以没有采用冲压穿孔结构，是因为如果采用了该结构，这一部分与其他部分相比是细小且独立的部分，会与其他部分之间产生较大的偏

差，且调整困难。

由于使用模具插入件的模具台阶部分会承受较大的粉末压力，所以相应的零部件要有足够的强度。

(3) 制造条件的确立 采用数控压机成形，特别是要注意避免模具插入件部分的密度过高。经过多次试验研究，得到能够稳定生产的工艺条件。

开发成果 提出了能够满足制品的功能要求，且利用数控压机特性、温度批量生产的烧结体形状，实现了多台阶复杂形状制品的批量生产（见图5）。

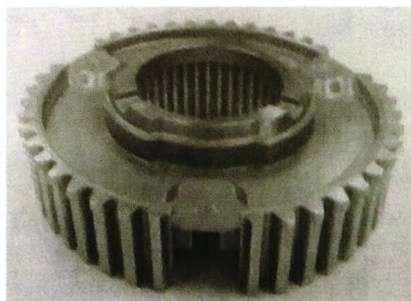


图5 制品外观

高精度同步器轮毂的开发生产程序为：项目计划→设计与开发→制造控制→金属加工→焊接→涂装→制品组装→最终检查→出厂。

结语

粉末冶金在汽车领域的应用前景广阔，在今后相当长的一个时期，开发、制造、完善汽车零部件是粉末冶金领域的重要任务。

日本非常重视粉末冶金汽车零部件的开发与改进。在原材料粉末方面主要表现为：以廉价、易得的合金元素取代高价、稀少的元素；成形方面主要是模具与成形工艺的优化；烧结方面主要是工艺的严格控制。这些值得我们借鉴。

关键词：

天然植物纤维 超声波 制动器

(收稿日期20130712)