

粉末冶金汽车零部件最新进展

□ 中机协粉末冶金分会顾问/韩凤麟

粉末冶金汽车零部件的开发与应用，对于汽车产业具有无法替代的作用。据MPIF（金属粉末工业联合会）的最新调研资料报告，美国生产的乘用车中每车使用的粉末冶金零件已达到235种，约1 000件。

进入21世纪以来，中国的汽车产量急剧增长，2014年的产销量双双超过2 300万辆，因此，汽车产业的节材、节能、减排以及降低生产成本，成了汽车产业的头等大事。粉末冶金汽车零部件的开发与应用，对于汽车产业具有无法替代的作用。据MPIF（金属粉末工业联合会）的最新调研资料报告，美国生产的乘用车中每车使用的粉末冶金零件已达到235种，约1 000件。

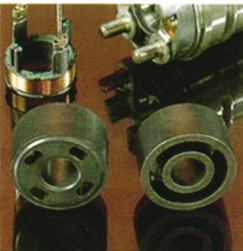
为促进粉末冶金产业发展，美国MPIF从1995年开始，每年举行一次粉末冶金零件设计大赛，竞赛设大奖与优秀奖两个奖项（本刊2010年曾连续刊登过从1999~2008年获奖的粉末冶金汽车零部件）。2009年以来，从获奖的粉末冶金汽车零部件中，可明显看出，粉末冶金零件正在向高密度、高强度、形状复杂、组合件及成组零件方向发展。现将2012~2014的获奖粉末冶金汽车零部件，分为发动机零件、变速器零件及底盘零件列出如下，供相关业者参考。

发动机零件



零件名称：密封座
生产厂家：Solid Micron Technologies Pte Ltd.
最终用户：Magnet Marelli S.p.A. Powertrain
奖项：优秀
获奖年份：2012

说明：这个奖项授予直喷燃料喷嘴组件的MIM440C不锈钢密封座，这个形状复杂的零件具有多角度槽与顶部孔，需要设计与制造精密模具。这个近终形零件的密度为7.54~7.65 g/cm³，抗拉强度为1 618.6 MPa，屈服强度为1 416.3MPa。MIM工艺使其比替代的工艺节约成本30%~40%。



零件名称：螺线管铁心
生产厂家：Burgess North Mfg. Co.
最终用户：Cummins Inc.
奖项：优秀
获奖年份：2012

说明：这个用于高压柴油机喷嘴中的软磁螺线管铁心，有一个难成形的槽壁上，有一道高宽比高的深凹槽，而且，要压制到最终密度为7.5g/cm³。粉末冶金技术采用颗粒表面涂覆无机物电绝缘层的高纯铁粉，利用有专利的压制与热加工工艺制造出了磁性能优异的高强度铁心。



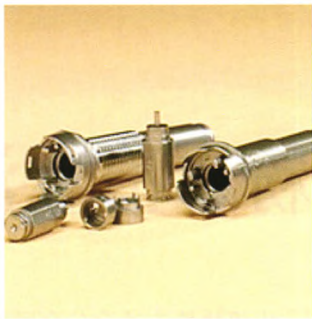
零件名称：VVT转子连接器组件
生产厂家：GKN Sinter Metal
最终用户：未说明
奖项：大奖
获奖年份：2012
说明：这个由粉末冶金钢转子与连接器组成的VVT转子连接器组件是用一种粘合剂连接在一起的，其是在切削加工横向孔与内径的其他特征，以及对他们之间的连接进行密封时连接他们的。这种组件用于Chrysler V6发动机的凸轮轴上。成形密度为6.8g/cm³，转子的极限抗拉强度为418.6MPa，屈服强度为383.7MPa，疲劳极限为160.5MPa。连接器成形密度为6.9g/cm³，最低极限抗拉强度404.7MPa，屈服强度369.8MPa。转子只进行精整与磨削加工，不进行其他切削加工。连接器在组装前不需要切削加工，但要将其制成有加油用的垂直油槽的最终形状，加油的横向孔需要客户自己加工。



零件名称：齿扇
生产厂家：Indo US MIM Tech Pvt Ltd., India
最终用户：Bosch Ltd., India
奖项：优秀
获奖年份：2013
说明：这个奖项授予了控制燃料的齿扇——用于调节燃料进入发动机的燃料控制装置。这个零件原来是切削加工的，现在改为用MIM工艺，由低合金钢制造，比以前的方法可节约材料80%，可成形为终形，不需要后续加工。零件的密度为7.5g/cm³，极限抗拉强度322MPa，屈服强度133MPa，伸长率25%及硬度最高为100HRB。生产厂家每年交付近300万件。



零件名称：铝制后凸轮盖
生产厂家：GKN Sinter Metals LLC
最终用户：未说明
奖项：优秀
获奖年份：2013
说明：用于汽车发动机的后凸轮盖，有两种使用功能：将凸轮轴固定在某位置与固定附带的真空泵。这是第一次用粉末冶金压制—烧结工艺制造具有独特几何形状的铝凸轮盖。一直到现在的的设计，其中的反向压制部分特征也只有压铸才能成形。
将这个零件成形为近终形，最终只有凸轮盖的密封区需要使用CNC切削加工。该铝凸轮盖密度2.55g/cm³，极限抗拉强度254MPa，屈服强度119MPa，最小表面硬度60HRE。



零件名称：敏感元件、螺纹管道及支承环
生产厂家：Indo US MIM Tec Pvt Ltd., India
最终用户：Sensata Technologies Holland; B.V., the Netherlands
奖项：大奖
获奖年份：2013

说明：敏感元件、螺纹管道及支承环是用于测量乘用车发动机每个气缸的空气燃料混合物进口压力的传感器组件。较长螺纹管道的制造错综复杂，如制造薄壁与易碎特征以及客户对外观方面的严格要求都增加了制造的难度。
这些由MIM7-4PH不锈钢制造的、经过热处理以后的零件，屈服强度为1 120MPa，极限抗拉强度为1 246MPa，伸长率为7%，硬度为35~40HRC，密度为7.6g/cm³。将零件成形为近终形，3个零件都要进行精度与钝化处理，只有螺纹管道要增加CNC切削加工螺纹。与所替代的技术制造成本相比，用MIM工艺制造的零件，可节约成本50%。



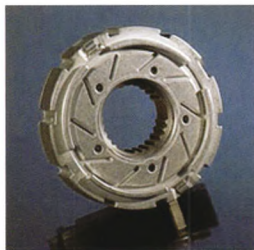
零件名称：GDI泵零件
生产厂家：Indo US MIM Tec Pvt Ltd., India
最终用户：Stanadyne Corporation
奖项：大奖
获奖年份：2014

说明：这个奖项授予了四个MIM零件：断开喷油止动、停止喷油单向阀、阀喷油止动及CRV弹簧密封。这些零件都用于Stanadyne Corporation制造的汽油直喷（GDI）泵中控制燃料流动的装置。

前三个零件是440C不锈钢制造的，第四个是17-4PH不锈钢制造的。由于孔的位置相互交叉，断开喷油止动的几何形状非常复杂，这需要模型有六面型芯，其中三个要在不同的正时逸动。

制造厂家断言，这种设计或许是金属注射成型制造过的最复杂的大量生产的零件，节约成本约35%。由于改变了孔的几何形状，改进了泵的使用性能，增强了流动动力，因此燃料的节约提升10%~20%。

变速器零件



零件名称：单向离合器组件
生产厂家：GKN Sinter Metals
最终用户：Chrysler Group LLC
奖项：大奖
获奖年份：2012

说明：这个奖项授予了组合的单向离合器（OWC）组件。这个组件是由4个粉末冶金钢零件（粉末锻造座圈、凸轮和2个压制—烧结的定位器板）和22个附加零件（卡子、弹簧及滚子元件）组成的。

这个产品是第一个自动自由转动滚子OWC组件，用于所有使用粉末冶金与粉末锻造零件为主要零件的液力变矩器定子。定位器板具有最终形特征，用其他制造方法无法成形，也不需要太多后续加工。用粉末冶金工艺，可减少生产成本20%，并可增高产量50%。在现场用107件以上保证索赔为0，这证明了粉末冶金零件的可靠性。



零件名称：扁形齿轮与固定环
生产厂家：Cloyes Gear & Products Inc.
最终用户：Magna Powertrain
奖项：优秀
获奖年份：2014

说明：由扁形齿轮与固定环组成的球滑道致动器，功能是施加转矩于参与各种BMW平台的BMW高性能X-驱动的分动器中的前轮。零件是用温压技术由混杂低合金钢成形的。零件的球滑道密度为7.2g/cm³，在滑道与齿之间的密度为7.0 g/cm³。抗拉强度一般为1 330MPa，屈服强度通常为1 144MPa，滑道表面的硬度为50HRC。这个零件替代了在较早设计的分动器中使用的锻钢零件，与锻件相比可节约成本35%。制造厂家每年全球计划交付的致动器超过70万台。



零件名称：同步器齿毂
生产厂家：PMG Group
最终用户：Aichi Machine Industry Co., Ltd.
奖项：优秀
获奖年份：2012

说明：这个奖项授予了为日本Aichi Machine Industry Co.制造的粉末冶金钢同步器齿毂。这种形状复杂的五台面零件是用于双离合变速器中的第一挡与倒挡齿轮。粉末冶金零件比拉削的钢零件可节约成本25%。



零件名称：凸轮滑道板
生产厂家：Burgess Norton Mfg Co.
最终用户：未说明
奖项：优秀
获奖年份：2013

说明：这个奖项授予了欧洲轻型商用汽车电子启动锁止式差速器中用的凸轮滑道板。这些差速器能在不利的条件下，将100%驱动转矩同时作用于2个车轮，可显著改进需要的车辆牵引力。

这个零件由FL-4400预合金化钢制造，其生产工艺包括压制、烧结、软车削、热处理（淬火与回火），之后硬车削加工背面的凹形特征。独特的生产工艺与零件密度使其能生产出在滑道表面具有FL-4405-125HT强度与耐磨性能，而在背面具有软磁性的零件。

和具有同样使用功能的切削加工零件相比，用粉末冶金制造的零件可节约成本20%~40%。

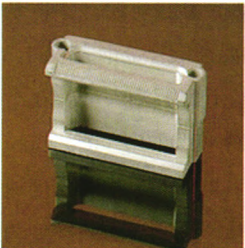


零件名称：行星齿轮架组合件
生产厂家：Keystone Powdered Metal Co.
最终用户：Ford Motor Company
奖项：大奖
获奖年份：2014

说明：这个奖项授予了HF35混合动力变速器中使用了32个零件的行星齿轮架组合件。这种变速器用于Lincoln MKZ、Ford C-Max和Ford Fusion hybrid vehicles。十字轴与底板都是压制的，在与轴连接前将其烧结钎焊在一起。螺旋小齿轮必须能旋转，而且与齿轮的24.5°精确配合的模具，必须烧结锻造到全密度。在汽车变速器应用中，这是第一次使用烧结锻造齿轮。

用这种方法生产，可为客户节约成本25%。过去的两年生产的这种行星齿轮架，交付了约25万个组合件，没有出现现场退货。

底盘零件



零件名称：间隔管
生产厂家：ACL Bearing Company
最终用户：Fturies Automotive Interiors (Australia) Pty Ltd.
奖项：优秀
获奖年份：2012

说明：这个奖项授予了用于转向管柱倾斜/拉杆组件的粉末冶金烧结钎焊的间隔管。成形到密度6.8g/cm³。这个形状复杂的零件的抗拉强度为453.5MPa，屈服强度为348.8MPa，伸长率为7%，硬度为60HRB。用粉末冶金工艺比用拉削工艺可节约成本40%。



零件名称：螺旋齿轮与圆柱直齿轮

生产厂家：Capstan Atlantic

最终用户：未说明

奖项：大奖

获奖年份：2012

说明：用于动力上翻式车门致动器的，用粉末冶金钢制造的形状复杂的二级螺旋齿轮与圆柱直齿

轮，标称密度为 6.85g/cm^3 。为了使致动器能精确定向，将精密枢轴和螺旋齿轮与圆柱直齿齿轮结合在了一起。这个零件的抗拉强度

453.5MPa，屈服强度387.3MPa。精密的基本齿轮数据公差使齿轮运转平静，减小了噪声及振动。



零件名称：压缩机离合器

生产厂家：AMES S.A., Span

最终用户：未说明

奖项：大奖

获奖年份：2013

说明：压缩机离合器是重型货车与公共汽车刹车系统中一个组合件的零件。在达到需要的空气压力的情况下，系统可使压缩机停止，这可节约能源和有助于减小车辆的燃料消耗7%。这个零件由扩散合金钢制造，而这个形状复杂的零件是在400t的CNC压

机上，于超过609MPa的压力下压制到零件任何一点的密度都必须大于 7.0g/cm^3 。其他性能包括：屈服强度4 620MPa，极限抗拉强度7 210MPa，伸长率1%，硬度85HRB。这个零件原来的设计是2个单独的零件——与曲轴联接的前面的锥形零件和与压缩机及联轴

节联接的对面的零件。现在粉末冶金设计将2个零件整体化成了一个零件。除了外部的凹槽外，大零件（接近1kg）整个形状都是压制成形的，后续加工有精整、车削、钻2个盲孔及一些精加工。

按照客户的成本目标，粉末冶金是惟一能生产这个零件的技术。



零件名称：直齿圆柱齿轮

生产厂家：Indo US MIM Tech Pvt Ltd., India

最终用户：Magna Closures

奖项：优秀

获奖年份：2014

说明：SUV车型后门组合件使用的直齿圆柱齿轮，能够在汽车丧失自动控制功能的情况下将后门打开。零件的密度为 7.5g/cm^3 ，极限抗拉强度600MPa，屈服强度

235MPa，伸长率10%，最大硬度100HRB。零件由4605低合金钢制造，所替代的齿轮原先是切削加工的，和联接销通过焊接连接，估计可节约30%的生产作业。这个齿轮

是MIM制造能力的一个突出例子，表明MIM对于齿轮齿廓如此长的零件，其同心度与垂直度都能达到精密公差，制造厂家每年交付72万个零件。