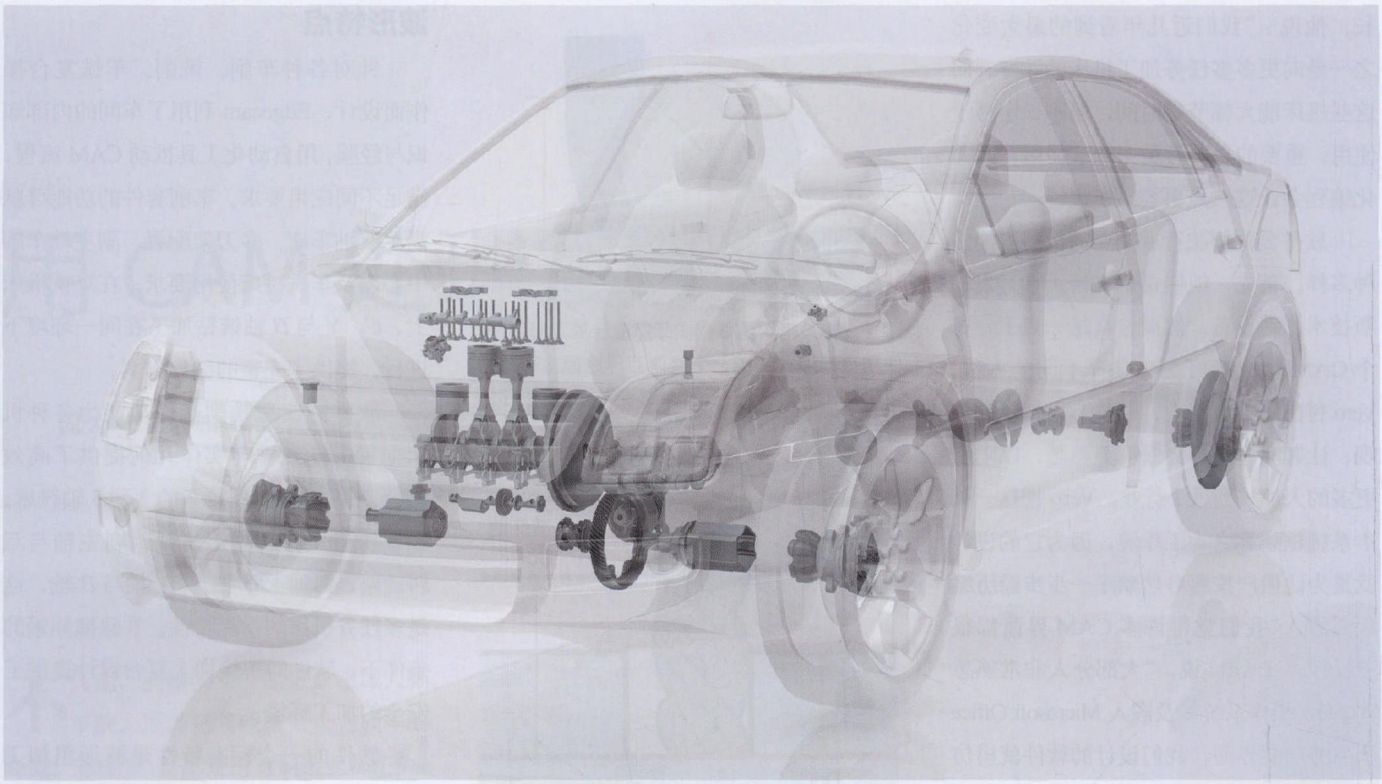


汽车中实体零件轻量化的发展潜力，在完成了车架减重的攻关之后，现在又开始迎接下一步的挑战了

轻量化制造

实体变形让零件重量更轻

为了减轻汽车的重量，人们继续在车身上挖掘潜力。因此，把汽车的驱动系统和底盘做为轻量制造的焦点——因其大量部件采用整体成型工艺制造。

文 | Stephane Itasse

这听起来有点自相矛盾，但恰恰是实体零件有着非常大的减重潜力。这里的关键就是如何保持其强度和承载能力不变，只是使用的金属材料比原来更少。要达到这样的目标主要是依靠新型材料、在设计中改变零件的局部结构、对整体结构进行优化以及在生产制造过程中保证最佳的纤维流向和新的表面处理工艺。

汽车驱动系统和底盘的重量占据整车全部重量的41%。为了减少这部分零部件的重量，15家实体变形加工领域中的企业和新型钢材生产厂家携手成立了实体变形加工工业协会和钢材研究所，共同努力开展实体零件轻量化的科研攻关。来自生产企业的专家们在亚琛汽车技术研究有限责任公司FKA中对3500多种材料制造的零部件进行了分析，购置了样车、构思了399种轻量化设计制造的方案。在总重量1740 kg的参考样车中实现了减轻重量42 kg的目标，其中有些重量级的车辆零部件没有进行减重潜力分析，因为把它们当作采用实体零件变形加工工艺方法是不经济的、在技术上也是不能实现的。在这类零部件中首当其冲的是发动机的机体、排气系统和后副车架。

进一步研发新材料

在实体变形加工的部分试验中使用新型材料，例如铝合金，但也有进一步开

发出来的新钢种。在新研发的钢种中，机械性能和可以接受的价格是最重要的。目前开发的 HDB 高强度韧性贝氏体钢的机械性能与价格较贵的调质钢相当，但它的加工费用则与经济型的 AFP 沉淀硬化铁素体 - 珠光体钢相当。在已经上市的 20MnCrMo7 1300 型新钢种，在受控的降温过程中可以得到贝氏体晶格。另一个例子是 900 16MnCr5Mod（H2）钢，这种钢材是一家钢厂和一家变形加工厂合作研发的新产品。这两种钢材的共同特点是：它们的机械性能都由热变形加工工艺过程所决定，在变形加工过程中要严格遵守规定的工艺流程，热变形加工之后要严格遵守规定的冷却速度，正如协会所介绍的那样。

为在机构设计中也挖掘轻量化设计制造的潜力，在实体零件的变形加工工艺过程中采用了 FE 安全系数计算法。作为实例，协会列举了锻造曲轴的例子，通过 13.9 kg 重的曲轴几何结构的优化可以在曲轴的连杆轴径处锻出缩径来减少曲轴的重量。这样也就可以减少曲轴配重的重量了。若补充改进连杆轴承的连接件结构，也可以改变这里的几何形状，在保证所需的壁厚强度下可以将连杆制造得更窄、更薄。

驱动轴的重量减轻 30%

Chemnitz 市霍伦霍夫 IWU 研究所列举了另外一个例子：驱动轴主要是用来传递力矩的，因此它的芯部几乎是不承受载荷的，因此使用空心轴时可以减轻 70% 的重量且保持其刚性和抗弯强度不变。结构优化了的轴在对内腔加工时会对其外形产生一定的影响作用。因此就要求有新的加工工艺方案：在这一加工工艺方案中，一步步的实体变形加工是利用滚轧工具来完成的。另外，利用压孔技术也可以在热变形加工温度下按照 6 ～ 12 s 的节拍横向滚轧，准确地加工出驱动轴的基本形状。

据 IWU 研究所介绍，空心轴的末端可用 CNC 数控径向锻造机锻细。为了能够加工出空心驱动轴所需的表面结构或者像轮齿类的结构，空心驱动轴还要经过切削加工，然后是热处理和淬火淬硬。

节约费用的半成品管材

Karlsbad-Langensteinbach 市 Ifutec 工程设计室的 Eberhard Rauschnebel 教授和 Osnabrück 大学 LUW 变形加工技术和加工机床实验室的 Berhard Adams 教授在杜塞尔多夫冷变形加工技术年会上介绍了另一种变形加工技术：为汽车驱动系统生产制造有齿的轴类零件，以管材半成品为原料的超轻空心轴变形加工工艺技术。

“精密的空心轴也有着很高的减重潜力，而且管材也节约了大量的前期初加工工序。”Rauschnabel 先生说道。有时一些具有齿轮齿形的变形加工件突出了加工经济性和不破坏金属材料纤维走向的优点。另外，利用管材也减少了整个生产过程中的 CO_2 排放，因为生产制造管材所使用的钢材要少。

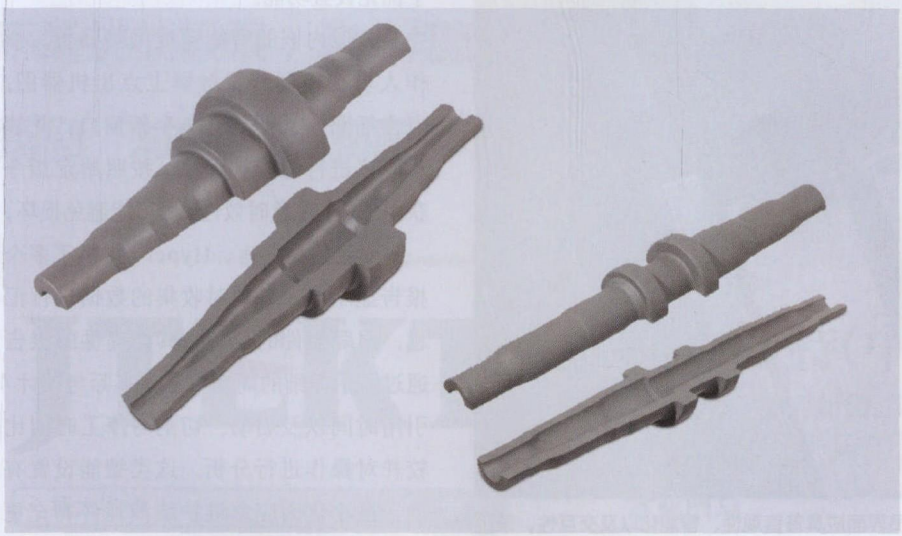
管材变形加工的工艺技术是建立在大批量生产、局部有凸缘结构形状对称回转体管材锻造技术基础之上的，具有很高的冷镦压缩容积比和严格的形位公差，就可能按照连接凸缘、铣削凸缘或者直接按照驱动齿轮啮合的要求、利用齿轮轧制技术方法制成有着微小加工余量的齿形。

总之，管材锻造技术有着广泛的应用可能性：虽然管材半成品的价格比钢材或者棒材要高一些，但它使用的金属材料要少。另外，管材还省去了钻孔加工的工艺过程，这种加工余量的减少也提高了管材应用的合理性。集成在管材锻造技术中的无切削齿轮制齿技术也是推动这一技术发展的有力杠杆。

变形加工技术提高齿轮的啮合

在变形加工过程中的齿轮制造技术也表示零部件有着更好的技术特性。变形加工的齿形有着符合受力方向的金属纤维走向，提高了变形加工齿形的疲劳强度，从而可以减小小齿轮的尺寸、减小齿轮啮合时的齿厚，这也就有利地帮助了高性能变速器的轻量化设计和制造。因为齿形的变形加工有着很高的局部变形率，因此采用了热墩锻造。管材半成品的热墩锻造过程与齿轮锻造有所不同，因为管材可用材料的横截面积较小因此它热墩时的轴向尺寸缩短量很大。

斯图加特大学 IFU 变形加工技术研究所的领导人 Mathias Liewald 教授在今年的冷变形加工技术年会的报告中清楚地介绍了实体变形加工件的轻量化所面临的挑战。据 Liewald 教授介绍，内齿和外齿两种齿形最终挤压锻造的同轴度误差与管材的误差关系不大。通过减少模具运动零部件之间的配合间隙还可以加工出精密挤压件。MM



实体变形加工的高强度驱动轴用管材，左图的重量减轻了 27%，右图的重量减轻了 38%