

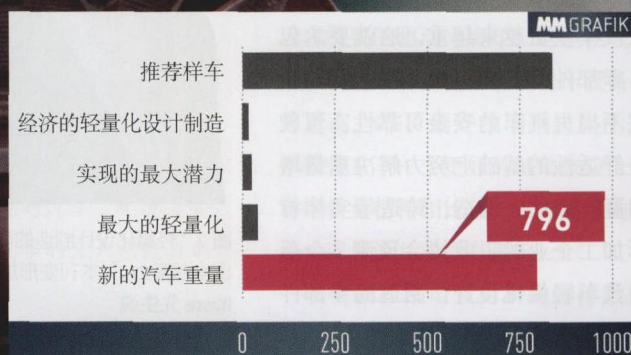


图1 轻量化能够实现许许多多，根据创新性轻量化设计制造的一项调查：新的汽车样车的重量从 838 kg 降低到了 796 kg。但在实践中，轻量化的理念也能帮您节约资金

轻量化制造

还可以更加轻便

当运动的质量越小，所消耗的能源也就越少。而节能是尽可能地减少能源消耗量，因此这也促进了轻量化设计的不断发展，尤其是在汽车工业和航空航天工业领域中的不断发展。而在轻量化设计与制造中，材料始终是人们关注轻量化的焦点。但现在，设计方法和生产工艺也在轻量化设计中有着越来越重要的意义了。

文 | Stephane Itasse 和 Victoria Sonnenberg

欧盟对汽车工业的规定是非常清楚且不可动摇的：在今后的几年里，大批量生产的汽车 CO₂ 平均排放量最高为 130 g/km，到 2021 年时应降低到 95 g/km。实现这一排放目标的“钥匙”之一就是减轻汽车的重量。而在近十几年来，汽车则是向着更加安全、更加宽敞、更加舒适的方向发展，从而也就可能导致汽车重量越来越重，这就要求包括汽车零部件供应商在内的整个行业领域，在不损失汽车的安全可靠性、驾驶和乘坐舒适性的基础上努力解决重量增加的问题。因此，锻造、铸造等实体材料变形加工企业的工业协会预测：今后两年内汽车轻量化设计、制造的零部件数量将会翻一番。

从上世纪 90 年代开始，在汽车制造领域就开始了第一波的轻量化浪潮。World Auto Steel——汽车生产厂的国际性协会，从 1994 年年底开始了 Ulsab 超轻钢制汽车车身项目的研发，1997 年又开始了 Ulsac 超轻钢制汽车悬架项目和 Ulsac 超轻钢制汽车覆盖件的研发项目。在阶段初期，汽车生产厂家们都把精力集中在板材变形加工和车架等的轻量化设计、制造方面。

越来越多的领域进入到轻量化之中

从那时开始，汽车车架生产制造领域中的新材料和新工艺不断涌现，而其他行业领域则不断地开发更好的材料：例如 MTU Aero Enines 公司与其合作伙伴开发出了新的轻量化设计制造用的 TiAl 基合金。它由半陶瓷、半金属构成，重量更轻、抗蠕变、耐高温，它的首次应用就是空中客车 A320 中的发动机叶片。借助于 TiAl 基合金材料制造的叶片，减少了离心力，并实现了节约燃油等优点。

适合于驱动装置承载零部件的耐高温材料新等级标准用了 6 年时间终于制定出来了，根据有关人士计算：航空航天工业领域每 20 年就会出现一种新材料。

而新材料的开发仍在继续：材料技



图 2 “轻量化设计制造的可能性还远远没有挖掘出全部潜力。”本刊变形加工技术编辑 Stéphane Itasse 先生说

术专家已经开始研究性能更好的 TiAl 基合金了。进一步地减少涡轮机叶片的金属用量。为了更加有利于环境保护，可以利用 TiAl 基合金来制造更加节约资源、节约燃油、更加干净和更加低噪音的飞机发动机。“这种材料将能够进一步地减轻飞机发动机的重量。” MTU 公司的技术总经理 Rainer Martens 博士肯定地说道。

TiAl 基合金材料是一种含有陶瓷和金属特性的合金材料。它比迄今为止所使用的非金属材料密度更低，却有着很好可比性的机械性能，有着很高的熔点，比钛合金有着更好的抗蠕变性能。这些特性都是建立在特殊的合金成分和自主研发的多级热处理基础之上的。

TiAl 基合金材料的涡轮机叶片的重量只有镍合金叶片的一半，但却有着相同的可靠性和使用寿命。很高的铝含量使得这种材料非常耐氧化和耐腐蚀。这使它能够在高温和高压下使用，就像它在快速旋转的低压涡轮机中的使用情况那样。

“当我们开始研发低压涡轮机时，我们就考虑使用 TiAl 基合金材料了。”MTU 公司负责新材料研发的 Wilfried Smarsly 博士回忆说道。TiAl 基合金的问世也开辟了一个新的设计途径与平台，因为涡轮机的其他零部件也可以制造得更轻，利用 TiAl 基合金设计制造的涡轮盘和涡轮轴比镍合金制造出的重量更轻、离心力更小。这样的结果就是：涡轮盘的重量可以制造得更轻。而每减轻一点重量都能节约燃油，并减少 CO₂ 排放。

3D 打印技术支持轻量化设计和制造

在航空航天领域中借助于 3D 打印技术设计、制造轻量化零部件已成为一种趋势。根据 Concept Laser 公司介绍：3D 打印技术比传统的铣削、铸造明显有着更高的结构设计自由度。例如零件的后锥面、内凹结构、内沟槽、零件内部的冷却通道等都可以利用 3D 打印技术生产制造出来。另外，利用 3D 打印技术可以制造出空腔零件，代替原来的实心零件。选择性激光熔化技术的优点在于内部的格栅结构能够减轻很高的重量。

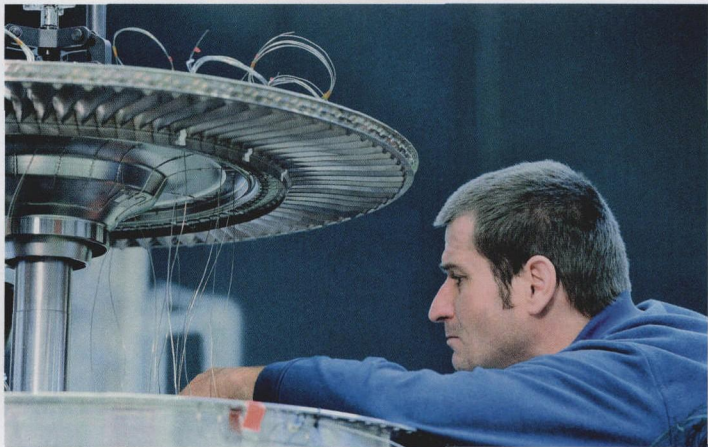


图 3 飞机涡轮机的轻量化叶片使用的材料是 TiAl 基合金

相关链接

“轻量化”到底能多么“经济”？

重量轻=节约=环保：至少在汽车工业领域内这一公式是成立的。较轻的汽车重量就意味着较少的燃油消耗，也就意味着排出较少的CO₂，尤其是当轻量化设计制造的车架配备了现代化的混合动力或者电力驱动之后。例如，最新的、小型发动机的中档俄罗斯轿车 Lada 排放的温室气体明显要高于大型的梅赛德斯混合动力豪华轿车 S-400，尽管梅赛德斯的动力始终在 300 hp 以上。

几乎所有人都希望可以变苗条些。汽车的数据表中油箱的深度要浅些，OEM 汽车生产厂家可以用有吸引力的标签标明“蓝色”或者“生态”等标记。但对于石油大亨和大型石油企业的管理者来讲，这样的节约会让他们拉长了脸。但重量轻=节约=环保，这一公式真的成立吗？当看了汽车生产过程的价值增值链前端和后端之后，您就会陷入沉思。对于现代化的轻量化设计制造的汽车，尤其是合成材料成分很高的汽车，有可靠的回收再利用方案吗？这种汽车的生产制造真的像人们想象的那样节约资源、节能高效吗？

回到问题的“根”——从原材料上来看，一切都变得复杂了。有着“独特”标签的现代化轻质材料和性能强大的混合动力，电力驱动常常离不开稀有元素。您想过没有：为什么中国对这种元素采取了准垄断的措施？非常简单：开采稀土元素会带来环境污染。轻量化和新的驱动技术方案，才是向正确方向迈出的一步。但到底有多环保，整个价值增值链会告诉您。

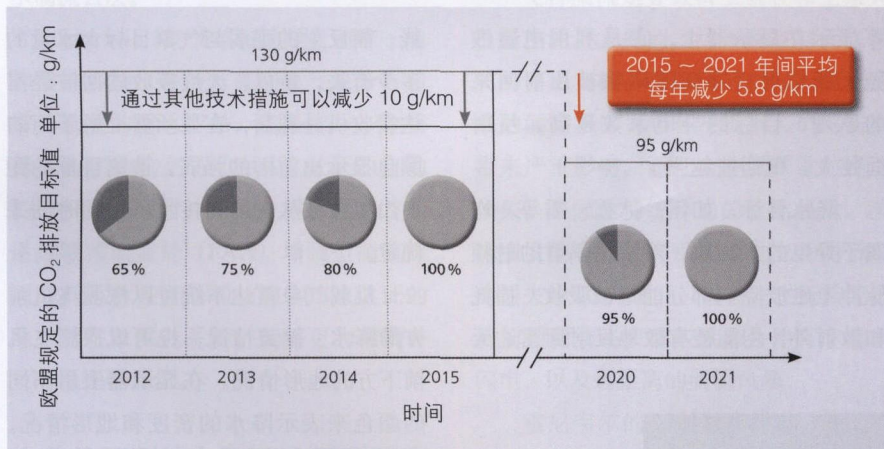


图4 时间表：汽车生产厂家必须达到欧盟规定的CO₂减排规定，因此汽车就要制造得更轻一些

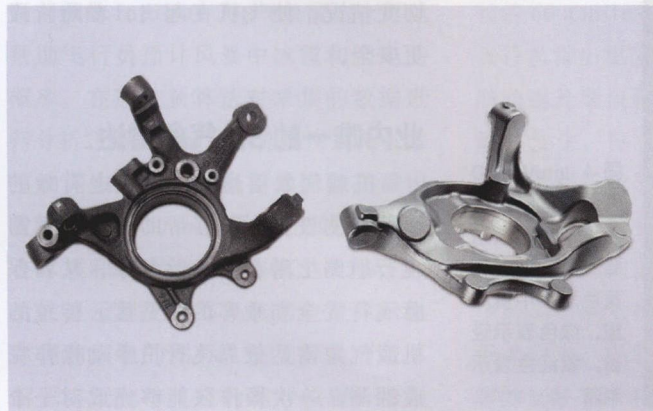


图5 来自实践的轻量化设计制造实例：左图是钢质的轿车后轴支架，右图是重量轻的铝合金材料后轴支架

在机床设备制造领域中，也越来越多地使用碳纤维增强材料 FVK 了，德国跨行业的轻量化材料供应商利用这种材料生产制造机床设备的零部件。减轻重量的零部件结构设计方案对机床设备生产厂家来讲也是令人非常感兴趣的，因为机床设备的部件，例如横撑、横梁或者壳体类零件采用碳纤维增强材料之后动态性能更好，或者需要的驱动力更小。这也就减少了机床设备的能源消耗，也使机床设备生产能力更高。CFK 碳纤维增强材料的热膨胀系数带来了一个更好的辅助效应：与钢或者铝合金材料相比较，它受温度的影响更小，或者说几乎没有影响。

当碳纤维增强材料的零件数量很大时，则 3D 打印技术和碳纤维增强材料零部件的制造工艺技术就遇到了成本费用问题。尤其是汽车工业领域中的大批量生产仍然要采用钢材，但要理性地使用好钢材。此时，强大的变形加工技术就有了用武之地：一个有 13 家变形加工的企业和 9 家钢材生产厂组成的工业集团已于 2013 年开展了“创新性轻量化变形加工”的合作项目。这一项目的宗旨是：通过材料技术、变形加工工艺技术、切削加工工艺技术等措施来减轻汽车制造领域中钢质零部件的重量。

合作项目中的协调负责单位是变形加工企业协会 IMU 和钢材研究所 VDEh。“变形加工的实体零件有着很高的轻量化设计、制造潜力可以挖掘，与其他加工工艺方法相比较也有着明显的竞争优势。利用创新性的理念和技术方法可以明显降低汽车的燃油消耗和材料消耗。”Automotive 集团公司下属 Advanced Engineering 公司的副总经理和工业集团的发言人 Hans-Willi Readt 博士说道。在工业集团工作的框架内，亚琛汽车技术研究有限责任公司 fka 研究了“汽车中实体零件轻量化变形加工的潜力”。可以透露的一点是：实体零件的创新性轻量化加工研究的成果非常鼓舞人，因此也要求马上开始货车零部件的轻量化设计制造潜力研究。[MM]