

新材料新工艺在新型汽车开发中的应用

刘天湖, 孙友松

(广东工业大学, 广东 广州 510090)

[摘要] 讨论各种新型材料, 包括铝合金、镁合金、高强度钢、超高强度钢和塑料等, 在汽车制造业中的应用现状和前景。新型材料的推广应用离不开新工艺的发展。亦介绍了液压成形、发泡铝材技术、充液拉深、多点深拉深和拼接技术等新的成形工艺在新型汽车开发中的应用概况。

关键词: 综述; 材料; 制造工艺; 汽车

中图分类号: TG304; TG306 **文献标识码:** B **文章编号:** 1000- 8446(2001)01- 0049- 03

Application of New Materials and Manufacturing Processes in Development of New Generation of Cars

L IU Tian-hu, SUN You-song

(Guangdong University of Technology, Guangzhou 510090, China)

Abstract Steels and irons are the traditional materials in car industry. Currently, with the emergence of some new materials their position is challenged. This paper discusses the application of some new materials in car industry, including aluminum alloys, magnesium alloys, plastics, high-strength and ultra-high-strength steels. The application of new materials depends on development of new manufacturing processes. This paper also introduces some new processes, including hydroforming, aluminum-foam-sandwich technology, hydro-mechanical forming, multi point drawing technique and tailored blanking etc.

Key words: summary; materials; manufacturing processes; car industry

汽车的排放要求越来越严格, 用户对汽车的要求不再仅仅局限于速度、加速度、油耗等指标, 同时也要考虑安全性、舒适性等。这些因素决定了未来汽车的发展趋势: 一方面将追求豪华和舒适; 另一方面又有轻便性要求。为此必须通过采用新型材料和新工艺实现汽车结构新型化。新型材料的采用离不开工艺创新, 而制造工艺和技术的发展也推动了新型材料的应用。

最近几年汽车制造业中工艺和材料的发展特点可概括为以下几方面。

(1) 传统加工工艺和传统的低碳钢、铸铁材料仍然占有主导地位, 钢制件在汽车中所占平均比重为 50% ~ 60%。

(2) 新材料在汽车中所占比重越来越大, 例如铝

材、镁材、塑料等已经成了不可缺少的材料。据统计铝制件平均占汽车比重的 3% ~ 7%, 塑料件约占 11% ~ 15%。

(3) 随着科技的发展, 一些新的制造工艺逐渐应用于生产汽车零部件, 例如液压成形技术、发泡铝材技术、型材滚压技术等先进工艺已用于生产车架、车身立体构架、承载构架、保险杠、发动机支承和排气管等, 而且成本也大为降低。

下面将分别讨论各种新材料和新工艺的特点。

1 新型材料

广泛使用轻质材料是降低汽车重量的关键, 而车

收稿日期: 2000-06-05

作者简介: 刘天湖(1974-), 男, 江西上饶人, 在读硕士研究生。

身要求有高的强度、抗撞性和精度,其质量占汽车总质量的 20%~25%,如果它能采用轻型材料,将明显降低车重。在目前的大批量生产中净车身的材料主要还是钢材,其它材料如镁、铝合金材料也占有一定比重(如表 1),而且将会越来越大。

表 1 高强度钢、铝、镁和塑料在汽车中所占比重

	铝合金	镁合金	高强度钢	塑料
密度/ ($\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$)	2.6	1.18	7.8	1~2
应用范围	车盖、车门等	仪表板等	保险杠、车身钣金件等	内板、车顶
使用比例	3%~7%		30%~50%	11%~15%

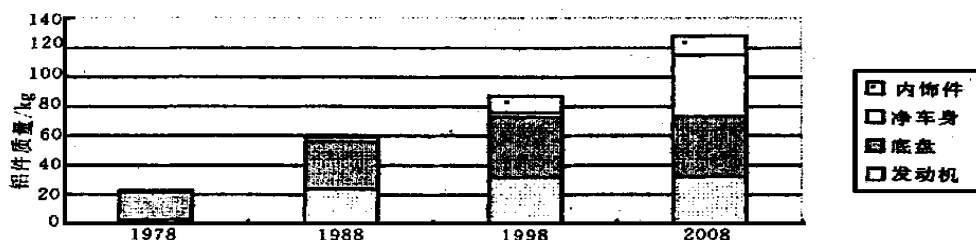


图 1 铝合金零件在汽车各部分所占比重^[1]

纯度和工艺稳定性要求很高。在制造 AUDI A8 时采用了连续退火热处理工艺以提高其强度,连续退火生产线的费用及热处理能耗都很大^[2]。为了进一步降低铝车身成本,要开发新的铝合金材料。

1.2 镁合金

镁合金的主要优点是比强度和比刚度高,其密度为 $1.18\text{g}/\text{cm}^3$ 。其尺寸稳定性比铝合金好。

镁合金加工成本和能耗都很大,且在冶炼时要使用 SF_6 保护气,而 SF_6 的温室效应比 CO_2 强 24900 倍,环境污染严重,因而制约了它的应用。但该材料在回收过程中能耗较小,如果充分回收各种切削和报废件,将能克服能耗大的缺点。

利用“生命周期评估”理论对镁制件在从原材料生产到汽车报废整个生命过程对环境的影响进行评价后发现,镁所占比重较大的汽车开始阶段对环境的影响非常显著,然而因镁的比重小,减轻了汽车的重量,使油耗更小。当行驶里程超过 40,000km 以后,它则显示了明显的优越性^[3],如图 2 所示。因一般汽车行驶里程都超过 100,000km,在汽车中采用镁制件是合算的。

目前,主要的车用镁制件包括:仪表底板、坐椅架、

1.1 铝

尽管早在 1913 年 AUDI 公司就曾首次尝试设计铝车身并制造了一些样件。但一般来说,铝仍是汽车工业相对较新的材料,对铝车身而言更是如此。表 1 为目前高强度钢、铝、镁和塑料在汽车中的应用情况。

图 1 所示为 1978、1988 和 1998 年铝制件在汽车中的应用状况及对 2008 年应用状况的预测^[1]。铝材的比强度和比刚度很高,其密度只及钢的 $1/3$,抗腐蚀性良好。铝的成本较高,制造难度大是阻碍其应用的主要因素。

国外开发的 6000 系列和 2000 系列铝合金在成形性能方面有了很大改进,其中 6000 系列铝合金是铝镁硅合金,2000 系列铝合金是铝铜合金。AUDI A8 的车身钣金件,即是采用了 6000 系列铝材,这些铝合金的

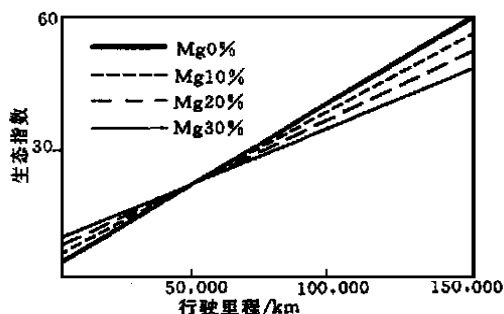


图 2 镁材的使用比例对环境影响作用的生态指数^[3]

发动机盖等。最近几年已经成功开发了高强度高抗腐蚀性的镁铝锌合金 (AZ91D 和 AZ91E) 和高塑性镁铝锰合金 (AM 20 和 AM 50)。

1.3 塑料

塑料的主要特点是比重小,但在成形大面积、高精度零件时其制造成本较高。目前,塑料已被广泛选用作为汽车材料。用于生产车身内外板的聚合物塑料,包括 SMC (一种纤维增强复合材料,主要含有热固性树脂、

玻璃纤维增强物、填料)和GM T(一种热塑性高强度塑料)。SMC已经用于生产侧门、保险杠和车顶盖等饰板。GM T一般用于制造一些板件和复合件。其它应用较广的热塑性塑料包括PP、PA和CF等。

1.4 高强度和超高强度钢

高强度和超高强度钢的主要优点是强度明显高于普通低碳钢,如BH和IF钢等高强度钢的屈服强度高达280MPa。目前它们已用于制造防撞件。

超高强度钢如复相钢(CP)、双相钢(DP)、铁素体-贝氏体钢(FB)等,主要用于制造重要的高强度零件,但它们的制造成本高、工艺难度大。

2 新工艺

各种新型材料在汽车中的应用离不开工艺技术的发展。一些新型的结构可能采用传统工艺无法加工,它们必须采用新的制造技术,这些技术的应用可能大大减小部件的组成零件数目,简化加工工艺,从而大大节约制造成本。下面将讨论这些先进的加工工艺。

2.1 液压成形技术

液压成形技术通过液体压力的直接作用使材料变形。它用于制造一些结构和截面形状复杂的零件,在高质量、轻型汽车部件的生产中占有日益重要的地位。采用液压成形技术后结构得以改进,使一些薄壁件的重量减少了30%,部件的零件数目亦进一步减少,优化了其性能。

传统的液压成形工艺生产率较低,难于适应大批量生产的要求,但这一问题正在解决,舒勒公司等研制了用于液压成形的专用设备,不少欧洲公司液压成形单件产量已达每天1万件以上。

由于液压成形时良好的应力状态,它可以比其它成形方法获得更大的变形程度,还可以与弯曲、压印、冲孔等工序复合,取得更大的经济效益。它还可以采用反向液压预成形的方法来增加箱类拉深件底部的变形以产生冷作硬化,解决传统拉深件底部强度不足的问题^[4]。

液压成形技术已用于生产排气管、车桥、发动机支架和车身构架零件。

2.2 发泡铝材技术(三明治式发泡铝材技术)

三明治式铝材共分3层:2层坚实的外层(钢板或铝板)加中间层(发泡铝材层)。在工艺上,先把材料拉延成板材半成品,接着在模具中加热使其膨胀。

这种结构的优点在于重量轻且能吸收各种能量,隔音、隔热及耐高温,但材料成本和制造成本都较

大^[5]。

2.3 充液拉深成形技术

充液拉深属于液压成形的一种,它具有如下特点:允许的一次拉深量大,加工残余应力小,加工精度高,能成形大表面。它的工艺过程为在凸模推动下液压力从各个方向作用于工件。一般这种工艺分成2类:一类为有隔离拉深,称之为液模或液囊成形;另一类为无隔离拉深称为充液拉深成形。

充液拉深成形工艺所需的工具和模具费用低,生产准备时间短。工具成本只包括冲头、垫模和压边圈的费用。该技术特点适合于加工样件和小批量生产^[6]。

2.4 多点拉深技术

多点拉深技术的优点在于可通过调节压边圈各处的压力来使材料获得适当的拉伸应力。这些拉伸应力有助于提高零件的刚度,提高零件的形状精度和尺寸精度。

2.5 型材成形技术

滚压成形技术一直用来加工各种型材,这种技术的特点是加工速度快,超过100m/min,它还是连续成形工艺,停机时间少。在加工批量很大的此类零件或半成品件时,可采用该工艺。目前,还须研究如何把滚压成形的型材焊接成封闭截面。有2种焊接方式:带法兰面和不带法兰面,一般采用激光焊或真空电子束焊。但是焊接与快速的滚压成形须保持同步。

若一些型材在成形后还要进行压力加工,载荷较大则可能在后续加工时出现裂纹,这时可考虑采用挤压成形工艺。

2.6 气压-机械拉深技术PM T

这是以工作介质为基础的金属板料成形与常规拉深结合的成形工艺。在该工艺中,采用气体介质(如压缩空气)产生预成形,然后由刚性冲模决定其最终形状。

气压-机械拉深最主要的优点是可生成更加合适的预成形几何形状,因而可以增加工件的加工硬化改善工件的机械性能,特别适合于加工大型盒形件,它可以解决传统拉深件底部因变形程度小,强度、刚度不足的问题。

2.7 拼接技术

拼接技术通过激光焊或缝焊技术把若干单个板料焊成一个板件。这些单个板料件可以是不同种的钢制件,也可能有不同的厚度和涂层,最终达到使产品的结构配置最优化。

3 结 论

汽车的轻型化是解决环境污染的一个重要途径,也是目前汽车工业发展的一个重要方向。采用新材料及新工艺则是实现汽车轻型化的必由之路。

钢材目前仍然是汽车的主要材料,但轻金属(铝、镁等)及塑料等新材料的比重会日益增加。新的成形工艺如液压成形等使构件进一步优化,充分发挥材料的潜力,从而降低成本,减轻重量。它们将在汽车发展中发挥重要的作用。

[参 考 文 献]

- [1] Hoffmann H, Toussaint A. Strategies & future development in the manufacturing process of light-weight[J]. Advanced technology of plasticity, 1999, 2: 1165~ 1170

- 2: 1129~ 1140
- [2] Leitemann W. Innovative forming technology for space frames[J]. Advanced technology of plasticity, 1999, 2: 1165~ 1170
- [3] Sano T. Reduction of environmental impact attained by magnesium alloys for automotive components [J]. Advanced technology of plasticity, 1999, 1: 589~ 584
- [4] 孙友松 面向新世纪的塑性加工技术——第六届塑性技术国际会议综述[J]. 锻压技术, 2000, (2): 59~ 60
- [5] Neugebauer R. Light weight construction by innovative forming technologies [J]. Advanced technology of plasticity, 1999, 2: 1119~ 1128
- [6] Bobbert D. Product innovation with internal pressure forming[J]. Advanced technology of plasticity, 1999, 2: 1161~ 1164

(上接第 46 页)

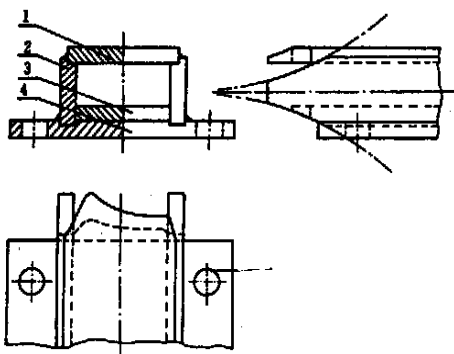


图 3 导轨

1. 上导板 2 侧板 3 下导板 4 底板

(上接第 48 页)

侧后板、门板、顶盖这些大零件,稍小一点的零件很少。有时候,不管数冲时怎样排样,总有边余料无法消化掉。针对这种情况,建议设计部门在开发新的小产品时,尽可能选用 $\delta 1.5\text{mm}$ 的材料。在不影响零件的结构性和装配性的前提下,对一些零件进行材料代用。例如,PRS5000 机架、PRS1500 机架中, $1\mu, 2\mu, 3\mu$ 散热板原用 $\delta 0.8\text{mm}$ 的材料,提议将其改为用 $\delta 0.8\text{mm}$ 或 $\delta 1.5\text{mm}$, 当有较多的 $\delta 1.5\text{mm}$ 边余材料时,这些零件便可使用这些材料。又如,PRS5000 的模块左、右导轨中的零件,原用 $\delta 2\text{mm}$ 厚的材料,发现其在装配位置中并不是重要的受力件,用 $\delta 1.5\text{mm}$ 厚的材料代替完全没有问题,便建议设计人员将其改作 $\delta 1.5\text{mm}$ 厚的

例的导轨(托板没有画出),与轧辊接近的一端应与轧辊的型槽、圆弧形状相同,其间隙不得大于 0.5mm , 过大会发生呛辊挤住现象。第 5 个型槽 e 的出口口导轨要特殊加长至 500mm , 以保证型材轧制的直线度。

5 结 论

550-17 压条的热轧制工艺在缩短生产周期,提高产品成品率和产品质量,降低生产成本上,解决了中小企业压条生产的难题,该工艺具有普遍意义,其它不同型号,不同截面形状的压条生产均可改为热轧制生产工艺。

板料。

在 PRS1800/-48V 电源系统机架中,模块左、右导轨的尺寸原为图 5 所示,数冲排样时,只能是单件排,费工又费料,后来建议设计人员将左、右导轨上 224.5 尺寸缩减为 223.5 ,这样零件数冲时便可对排,材料的利用率可比原来提高 30%。

4 结 论

运用数冲编程技巧,使每张板材都得到充分利用;改进加工方案,能更大限度地利用边余料;而改进结构设计,更减少了材料耗费。通过以上几种途径来提高材料利用率,效益显而易见。