

汽车轻量化结构件内高压成形技术与装备最新进展

□ 哈尔滨工业大学材料科学与工程学院 / 韩聪 苑世剑

本文主要介绍哈尔滨工业大学近年来在内高压成形工艺模具及装备和工业应用等方面取得的最新进展。

随着汽车工业的发展，对汽车的节能和废气排放提出了更高的要求，这使得汽车的轻量化显得日益重要。内高压成形技术是一种制造空心轻体构件的先进成形技术，已广泛应用于汽车轻量化结构件的生产。其基本工艺原理是以管材作坯料，通过在管材内部施加超高压液体使管坯发生变形，并贴模成形为所需的工件。根据成形零件的不同，从20世纪80年代开始，随着汽车行业的高质量和大批量生产的需求，内高压成形工艺首先在德国和北美开展研究，并逐渐被应用于汽车零部件的生产，先后被各大汽车公司用于生产汽车底盘和排气管件，宝马、奥迪、大众和美国三大汽车公司已在多个车型上应用了内

高压成形零件。欧洲建成多条副车架等零部件内高压成形生产线。

哈尔滨工业大学系统开展了内高压成形机理、工艺、模具及装备关键技术的研究。2002年成功研制出国内首台内高压成形设备，经过10余年的努力，攻克了大型数控内高压成形装备和液压冲孔复杂模具等多项关键技术，研制出第三代内高压成形装备，形成了大型内高压成形装备系列化和标准化。开发出内高压成形复杂模具技术，实现了大批量内高压成形产品的应用，突破了国外对内高压成形设备的垄断和技术封锁。本文主要介绍哈尔滨工业大学近年来在内高压成形工艺模具及装备和工业应用等方面取得的最新进展。

内高压成形工艺技术最新进展

1. 轻合金内高压成形

目前德国、美国和日本是在汽车上采用铝合金最多的国家，随着对减重的需求越来越高，铝合金轻量化结构件内高压成形技术引起广泛关注。从应用范围来看，5XXX系铝合金在内高压成形件上主要用于吸能的零件，6XXX系铝合金主要用于对强度要求较高的零件。图1为哈尔滨工业大学为红旗轿车开发的内高压成形铝合金副车架，实现减重40%。

2. 高强钢内高压成形

高强钢最大的优势就是提高

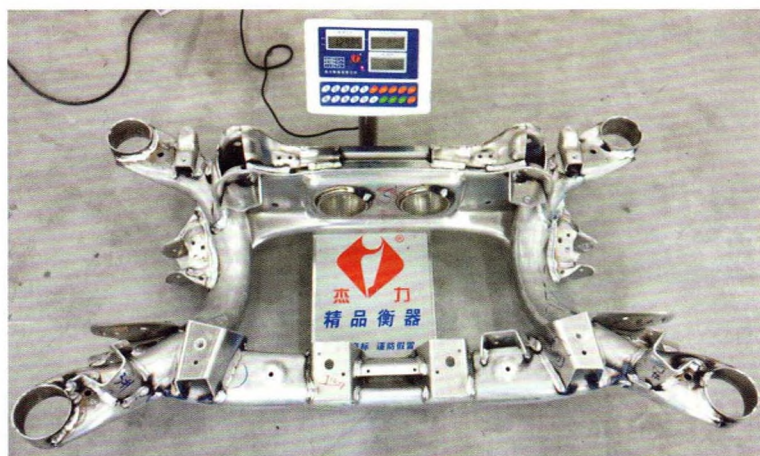


图1 铝合金内高压成形副车架

材料的强度，在所要求的性能不变或略有提高的前提下，减薄构件的厚度，因而降低构件的质量。近几年，我国汽车高强钢的应用也大幅度增加，随着材料强度的提高，未来车身用软钢将大幅度下降，强度等级大于1000MPa 级的超高强钢将显著增加。图2为由哈尔滨工业大学开发的780MPa高强钢扭力梁内高压成形件。

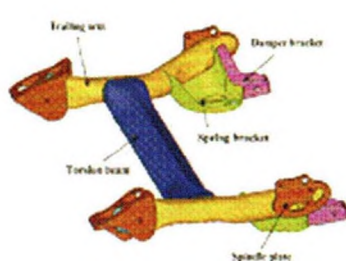
大型复杂内高压成形批量生产模具研制

针对内高压成形技术对孔加工方面的局限，采用多孔同步液压冲孔技术实现孔的加工，解决了该类内高压成形产品存在的技术难题。采用液压伺服控制和单向同步控制等关键技术，解决了后副车架模具液压冲孔过程中多个孔成形过程中的不同步问题，避免了多路液压冲孔过程中出现的时间差、内压差、冲孔力差等一系列差异问题，保证了多个孔成形时间、成形内压及成形力的一致性，从而保证最终成形质量的一致性。如图3所示，为国内多种轻量化结构件开发的大型复

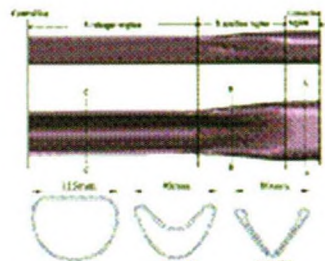
杂液压冲孔内高压成形模具。

大型内高压成形装备研制

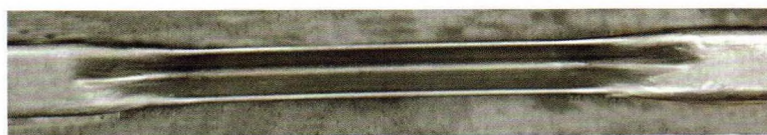
国外内高压成形设备价格昂贵，限制了内高压成形技术在国内的推广，同时国外内高压成形产品工艺的开发费用也很高。由于国内自主品牌的大部分车型存在着车型种类多，年批量不大的问题，这样高昂的设备和产品的开发费用，分摊到每件产品当中造成成本急剧上



(a) 扭力梁总成



(b) 扭力梁内高压件及典型截面



(c) 内高压成形副车架

图2 780MPa高强钢内高压成形扭力梁

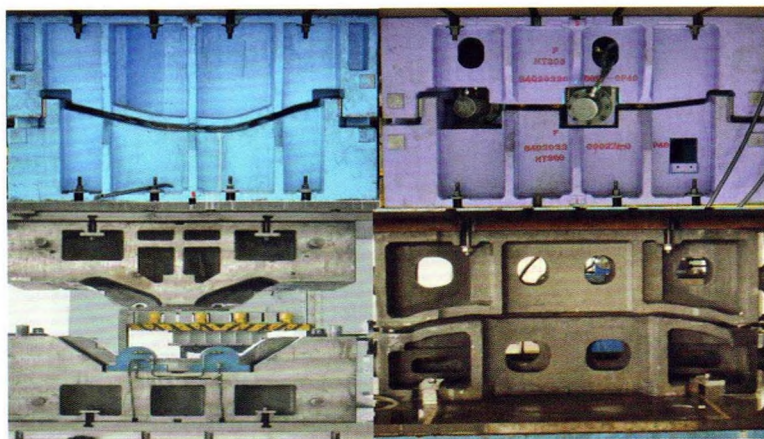


图3 大型复杂液压冲孔内高压模具



图4 哈工大研制内高压成形机

升，失去和国外进口产品竞争的优势。

根据国内液压机制造技术基础，哈尔滨工业大学将内高压成形机分为合模压力机和内高压成形系统两大部分。在总结经验的基础上，研制出第三代内高压成形装备，先后开发了具有400MPa高压系统的20MN、30MN、50MN以及60MN等系列的内高压成形机（见图4）。为国内某汽车零部件厂交付的55MN内高压成形机，于2009年投入使用并通过大批量生产检验，实现全自动控制，生产节拍为45秒/件，单机采用两班制年生产量超过50万件。

轻量化结构件内高压成形产业化应用

近年来，为国内自主品牌轿车底盘和车身零部件生产企业提供了多套内高压成形装备和批量化生产模具，促进了国内自主品牌轿车的整车竞争力的提升。截止2016年12月，在全国9个省建立了12个产业化生产基地，建成了16条内高压成形生产线。主要应用包括一汽、北汽、宝马、大众和长城等主机厂，实现了300多万件内高压成形批量化产品应用（见图5），主要产品包括发动机支架、扭力梁、仪表板支架、吸能盒、散热器支架、车身支架、排气管、发动机管等。



图5 内高压成形产品批量应用

结语

（1）内高压成形技术是制造汽车轻量化零件及实现车体减重的主流技术之一，随着铝合金、镁合金、工程塑料及高强钢材料等轻质高强材料在汽车上的用量将进一步提高，内高压成形技术将得到进一步的发展和突破。

（2）哈尔滨工业大学自主掌握了内高压成形工艺、模具和设备等关键技术，在工艺和仿真方面有所创新，具备全尺寸零件和设备研制能力。通过自主技术建立大吨位内高压成形生产线，实现了内高压成形零件的国产化，提高了自主品牌轿车的竞争力和零部件企业的技术水平，为合资品牌轿车降低了成本。 **AUTO1950**



韩聪

男，1973年出生，副教授，博士生导师。哈尔滨工业大学材料科学与工程学院，主要研究方向为内高压成形及数值模拟。获得国家科技奖2项，省部级奖3项，发表论文40篇，授权发明专利4项，参编著作2本。