铝合金型材挤压技术在新能源乘用车上的应用

王传武[1]，陈平[2]，王本海[3]，何庆[4]

1.蔚来汽车科技（安徽）有限公司　安徽合肥　230601
2.宝玛克（合肥）科技有限公司　安徽合肥　238000
3.安徽友升铝业有限公司　安徽六安　237000
4.安徽江淮汽车集团股份有限公司　安徽合肥　230601

摘 要：铝合金材料因其密度较小、耐腐蚀性极佳，逐渐成为汽车行业应用材料的首选，在汽车工业应用技术及其广泛。主要研究了铝合金型材挤压技术在新能源乘用车上的应用。

关键词：汽车；轻量化；铝合金；型材；挤压
DOI:10.16173/j.cnki.ame.2024.08.008

在地壳中，铝元素的蕴藏量占比约为7.73%，仅次于氧、硅，超过了蕴藏量4.75%的铁，是地壳中含量最多的金属元素。由于铝的化学活动性比较强，冶炼提取技术限制，被人类发现与开发应用上要远远落后于铁。

随着金属冶炼工艺的技术升级，与成形技术的持续创新，铝合金产品的加工制造成本在不断降低，工业化应用前景日益广泛。

进入21世纪以来，汽车作为基本交通工具进入千家万户，汽车保有量的递增带来的环境污染问题、能源危机也日益突出。健康与可持续发展，节能、减排，已经成为汽车行业材料工艺的研究方向。铝合金材料因其密度较小、耐腐蚀性极佳，逐渐成为汽车行业应用材料的首选。

铝合金在汽车工业应用技术及其广泛，本文主要是研究铝合金型材挤压技术在新能源乘用车上的应用。

材料优势

铝合金的密度小（2.70g/cm³），约为铁合金（7.86g/cm³）的1/3；吸收冲击载荷是钢铁的2倍；铝熔点660℃，不到铁的1/2（1539℃），熔炼成本相对较低。

铝合金材料具有良好的抗腐蚀性能，节省了昂贵的表面处理与防腐成本。通过添加合金元素与硬化工艺，可以改善铝合金材料的强度和硬度。目前已知强度最高的铝合金7Y69，屈服强度超过870MPa，抗拉强度超过910MPa。

行业应用

在汽车行业推广与应用铝合金材料，主要目的为替代钢材，实现轻量化。据研究数据，全世界铝合金材料的12%～15%用于汽车制造工业，工业发达国家已经超过了25%。钢材与铝合金材料优势互补，生产

钢铝材料混合连接的车身是汽车行业，尤其是新能源乘用车的发展趋势。

铝合金材料在汽车工业主要通过铸造技术、冲压成形、挤压成形以及3D打印等工艺实现。

工艺技术原理

铝合金挤压成形的原理类似于挤牙膏过程，属于铝合金挤压成形，属于热加工成形工艺（见图1），首先铝棒预热，接着进入挤压室成形，然后冷却，依据产品特性按需经历校直、切割分离等辅助工序，最后时效强化处理。

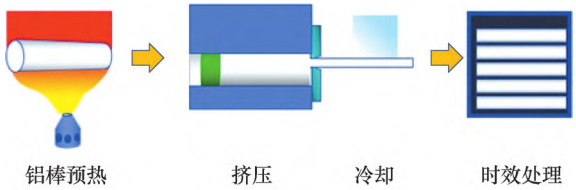

图1　铝合金型材生产工艺简易流程

铝合金型材新能源乘用车保险杠防撞梁及其挤压模具如图2所示。加热后的原材料（铝棒）在压力作用下，通过挤压模具的模芯和模孔之间的间隙流出，从而形成满足尺寸及性能要求的空心等截面型材。

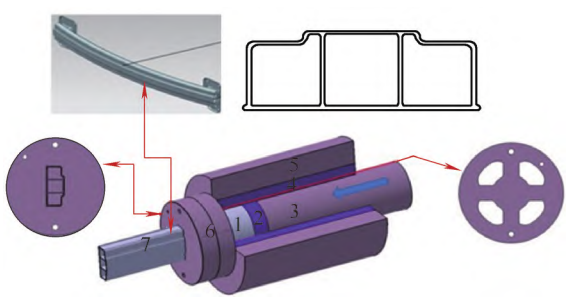

图2　铝合金制品挤压原理

1—原材料（铝棒）　2—挤压垫片　3—挤压轴
4—挤压筒（内衬）　5—挤压筒（外套）
6—挤压模具　7—型材制品

在汽车工业，挤压成形技术相对于传统车身冲压工艺，制品自成封闭断面结构，工艺流程集中，因而尺寸一致性优良且表面外观质量稳定，在新能源汽车领域，越来越受到设计工程师的青睐与首选。

应用优势

1.塑性优势

挤压成形技术最大限度改善材料的塑性变形能力。纯铝的挤压比（挤压系数）可达500，纯铜的挤压比可达400，钢的挤压比可达40～50。

挤压比λ，是指原材料铝棒横截面面积与铝合金型材制品横截面面积的比值，其计算公式

$$\lambda=F_t/\Sigma F_1 \qquad (1)$$

式中　F_t——铝棒横截面积；

ΣF_1——型材制品的材料断面面积。

2.应用广泛

铝合金型材挤压成形制品，在截面形状简单的管、棒、线型材，以及截面形状复杂的空心型材或者实心型材广泛应用。

挤压制品的尺寸范围也很广，从截面直径达1000mm的超大型管材与型材，到截面尺寸只有2mm小型精密型材（类似火柴棒大小）。

铝合金型材在工业各领域已经广泛应用，如图3所示，涉及建材、光伏、3D打印、新能源乘用车、轨道交通等行业。

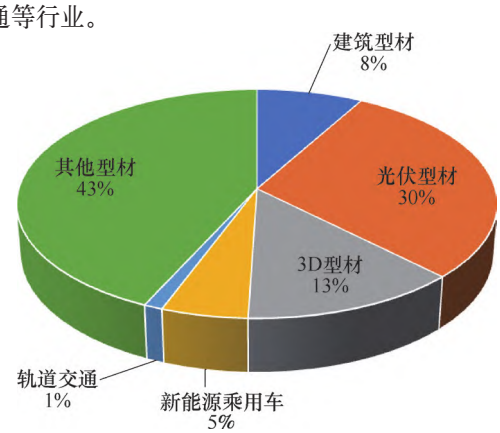

图3　2023年中国铝合金型材细分区域产量占比

在新能源乘用车上，铝合金型材类零件主要应用于电池盒体框架、前/后保险杠防撞梁总成、前仓纵梁总成、地板纵梁总成、门槛梁总成、车身吸能盒总成以及支架等管梁类结构件，投入推广与应用的零件总数已经超过20个种类。

3.工艺优势

制品自成封闭断面，集中工艺流程。以SUV车型车身中部外纵梁区域对比，传统钢板车身采用冲压与焊接工艺，分为两个U形结构：前地板外纵梁总成、侧围内板下部总成拼焊组成，子零件数量约20个，工艺流程如图4所示。

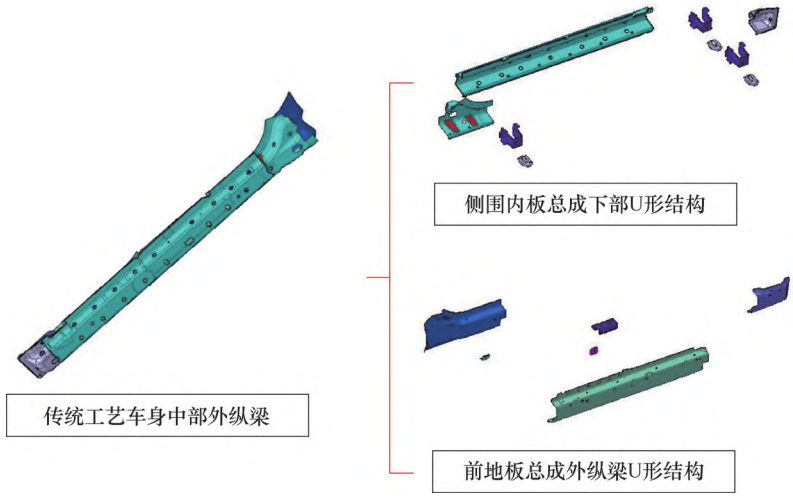

图4　传统车身纵梁工艺简易流程

新能源乘用车普遍采用铝合金挤压成形技术，门槛梁一次挤压成形加工，工艺流程（见图5）与生产效率大大提升。

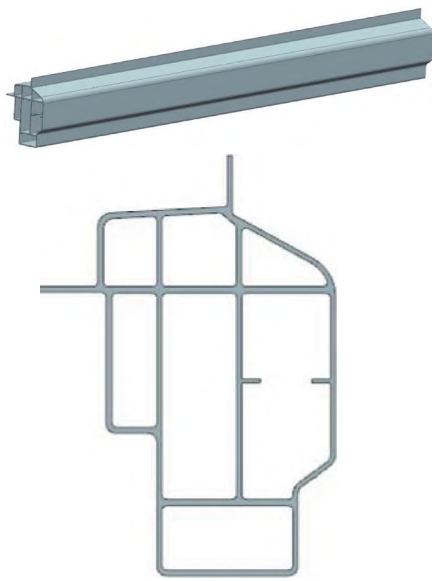

图5　铝型材门槛结构

4.成本优势

挤压成形减少生产线一次性投入成本，传统钢板车身中部外纵梁区域零件总数量约20个，模具数量约60副，最大零件模具尺寸长度超过2000mm，宽度超过1000m，模具开发制作周期8个月，一次性投入模具费用约500万元人民币。

铝合金挤压成形挤压使用的是断面口模，相对于传统钢板车身工艺冲压成型、压铸工艺等，挤压口模尺寸较小。挤压口模尺寸直径约450mm，厚度约300mm，首套开发制作周期约50天，一套模具（左右零件断面口模可公用），费用约4万元。

5.品质优势

挤压成形可以改善铝合金的内部组织，通过时效工艺，改善力学性能。与冲压、轧制、压铸以及锻造等工艺加工方法相比，挤压制品的产品精度高、表面外观质量好。

铝合金材料以其天然优良的耐腐蚀性能以及稳定的化学性能，用在汽车行业，可以大大降低车身以及零件的电泳、电镀等表面处理费用。

结语

节能、减排、轻量化，能提高整车的续驶能力，是汽车行业尤其是新能源乘用车发展的趋势。车身轻量化是其最重要的途径，铝合金材料是最理想的原材料。铝合金材料以其丰富的蕴藏量、天然的耐腐蚀性能、较好的力学性能、良好的成形性能以及合理的成本等优势，被越来越多地应用到新能源车身制造领域。

科学技术与工业技术的不断进步，推动了铝合金挤压成形工艺与热处理工艺不断迭代升级；结合型材挤压制品特有的造型优势。铝合金型材挤压技术在当今汽车制造业尤其是新能源乘用车的推广应用的前景日益广阔。AUTO1950