

Application Practice of High Strength Steel in Lightweight Design of Automobile Chassis

Lili Zhu

Henan Xinghe Tongpin High-tech Development Co., Ltd., Zhengzhou, Henan, 450003, China

Abstract

With the increasing demand for energy conservation and emission reduction in the automobile industry, the lightweight design of vehicles has become an important research direction. This paper discusses the application practice of high-strength steel in the lightweight design of automobile chassis. By analyzing the mechanical properties and processing characteristics of high strength steel and combining with the specific chassis structure design, several schemes of high strength steel to replace traditional steel are put forward and verified. Studies have shown that the use of high-strength steel can significantly reduce the chassis weight and improve the fuel economy and handling performance of the car. In addition, the high strength and corrosion resistance of high-strength steel can also effectively improve the service life and safety of the chassis. This study provides theoretical basis and practical guidance for the application of high strength steel in automotive lightweight design, and is of great significance to promoting the sustainable development of automotive industry.

Keywords

high strength steel; automotive lightweight; chassis design; fuel economy; handling performance

高强钢在汽车底盘轻量化设计中的应用实践

朱莉莉

河南星河同频科技发展有限公司，中国·河南 郑州 450003

摘要

随着汽车工业对节能减排需求的不断增加，汽车轻量化设计成为重要研究方向。论文探讨了高强钢在汽车底盘轻量化设计中的应用实践。通过分析高强钢的力学性能和加工特点，结合具体底盘结构设计，提出了几种高强钢替代传统钢材的方案，并进行了实验验证。研究表明，使用高强钢可以显著减轻底盘重量，提高汽车的燃油经济性和操控性能。此外，高强钢的高强度和耐腐蚀性能也能有效提高底盘的使用寿命和安全性。本研究为高强钢在汽车轻量化设计中的应用提供了理论基础和实践指导，对推动汽车工业的可持续发展具有重要意义。

关键词

高强钢；汽车轻量化；底盘设计；燃油经济性；操控性能

1 引言

在全球节能减排的背景下，汽车工业面临挑战和机遇。为了减少燃油消耗和降低排放，汽车轻量化设计成为关注焦点。汽车重量影响燃油经济性和排放，因此通过材料优化和结构设计实现轻量化很重要。高强钢作为一种新材料，因其高强度、高刚度和耐腐蚀性能，逐渐广泛应用于汽车工业。高强钢不仅能提高汽车安全性和耐用性，还能减轻车辆自重。在汽车底盘设计中，传统钢材往往导致结构重量增加，影响燃油经济性和操控性能，而高强钢能很好地解决这一问题。论文探讨了高强钢在汽车底盘轻量化设计中的具体应用，通过对高强钢的性能和加工特点分析，提出了几种高强

钢替代传统钢材的方案，并进行了实验验证。研究结果表明，使用高强钢可以显著减轻底盘重量，提高汽车燃油经济性和操控性能，同时高强钢的高强度和耐腐蚀性能也能提高底盘使用寿命和安全性。本研究为高强钢在汽车轻量化设计中的应用提供了理论基础和实践指导，对推动汽车工业可持续发展具有重要意义。未来，随着高强钢材料技术进步，其在汽车工业中的应用前景将更加广阔。

2 高强钢材料特性与应用背景

2.1 高强钢的定义与分类

高强钢是指抗拉强度较传统钢材显著提高的钢种，其定义通常基于材料的强度指标^[1]。一般来说，抗拉强度在 550MPa 以上的钢材被称为高强钢。高强钢的主要特点包括高强度、高硬度和良好的延展性，这使其在需要高强度和轻量化的应用中表现出色。

【作者简介】朱莉莉（1988-），女，中国河南商丘人，硕士，工程师，从事科技管理及金属材料加工工艺研究。

高强度钢可根据其制造工艺和微观结构分为多种类型。按制造工艺分类,高强度钢主要包括冷轧高强度钢和热轧高强度钢^[2]。冷轧高强度钢通过冷加工工艺生产,具有更高的强度和更好的表面质量,适用于需要高精度和高表面质量的部件;热轧高强度钢通过热加工工艺生产,适用于厚板和大件结构。

按微观结构分类,高强度钢可分为双相钢、多相钢、复相钢、马氏体钢等。双相钢由铁素体和马氏体组成,具有良好的综合性能和较高的延展性;多相钢则包含铁素体、马氏体、贝氏体和残余奥氏体等多相组织,具备优异的成形性能和抗疲劳性能;复相钢通常在铁素体基体中分布有第二相颗粒,表现出优异的强度和韧性;马氏体钢具有最高的强度,但塑性较低,适用于极高强度需求的部件。

高强度钢的分类不仅体现了不同钢种的微观结构特征和力学性能,也反映了其在不同应用领域的适用性。通过合理选择和使用不同类型的高强度钢,可以在保持结构强度和安全性前提下,显著减轻汽车底盘的重量,实现轻量化设计目标。

2.2 高强度钢的力学性能分析

高强度钢的力学性能是其在汽车底盘轻量化设计中广泛应用的关键因素。高强度钢具有出色的屈服强度和抗拉强度,其屈服强度通常在550MPa以上,抗拉强度则可达到700MPa以上。这些力学性能使高强度钢在同等载荷条件下能够使用更薄的材料,从而显著减轻底盘的重量。

高强度钢的良好延展性能和抗疲劳性能,是其另一个重要优势。在汽车底盘结构中,高强度钢能够承受复杂的应力状态而不易发生断裂。优越的抗疲劳性能意味着底盘在长时间使用过程中不会因反复载荷作用而产生裂纹,大大提高了其可靠性和耐久性。

与传统钢材相比,高强度钢还表现出更好的耐腐蚀性能。通过添加适量的合金元素如铬、钼等,高强度钢在潮湿、盐雾等恶劣工况下依然能保持较长的使用寿命。这一特性对保证汽车底盘的安全性和延长其使用寿命具有重要意义。

总的来说,高强度钢的优异力学性能为其在汽车底盘轻量化设计中的应用提供了坚实的基础,有助于实现节能减排和提高车辆性能的目标。

2.3 高强度钢在汽车工业中的应用现状

高强度钢在汽车工业中的应用已经得到了广泛关注和推广。由于高强度钢具有较高的强度和优异的耐腐蚀性能,被大量应用于车身结构和底盘部件中^[3]。车身制造中,采用高强度钢可以实现减重的目标,保持安全性能。在底盘设计中,高强度钢的使用显著提升了零部件的强度和抗冲击性能,减少了使用传统钢材时可能出现的断裂和变形问题。高强度钢的可加工性使其能够适应现代汽车制造的高精度要求,提高生产效率并降低制造成本。

3 高强度钢在汽车底盘设计中的应用

3.1 汽车底盘设计的基本要求

汽车底盘设计的基本要求直接影响整车的性能、安全性和耐久性。要求底盘具有足够的结构强度和刚度,以承受车辆运行过程中所受到的各种载荷和冲击。底盘需能有效支撑车体重量和承受行驶中的动载荷,应对不同路况下的振动和冲击压力。底盘设计需考虑轻量化,减轻底盘自重,有利于提高汽车的燃油经济性和降低二氧化碳排放。通过优化设计和材料选择,轻量化设计不仅有助于减少能耗,还能提升车辆的动力性能和操控稳定性。

另外,底盘的防腐蚀性能也是设计中的重要因素。汽车在行驶过程中会接触到各种腐蚀介质如水、盐分及泥土,底盘良好的耐腐蚀性能可延长其使用寿命,提升车辆的总体可靠性。底盘设计还需注重安全性,尤其是碰撞安全性,确保在发生意外碰撞时底盘能够有效吸能,减少对车内乘员的伤害。

底盘设计的经济性同样关键,需在保证性能的前提下优化成本。设计中需考虑材料选择、制造工艺和装配流程,以降低生产成本和简化制造工序。底盘设计需满足国际和地区的法规要求,包括环境保护法规和安全法规,确保车辆能够合法上路并符合环保和安全标准。

汽车底盘设计的基本要求包括结构强度和刚度、轻量化、防腐蚀性能、安全性和经济性,以及符合相关法规标准。这些要求共同保障了汽车在使用中的安全性、经济性和可靠性。

3.2 高强度钢在底盘结构中的优势

高强度钢在汽车底盘结构中展现出多方面的优势。高强度钢的高强度特点使其在保持较低材料体积的情况下,依旧能提供卓越的承载能力和抗冲击性。在汽车底盘的设计中,采用高强度钢可以显著减轻底盘重量,从而达到减轻整车重量的效果,进而提高车辆的燃油经济性。高强度钢具备优异的耐腐蚀性能,能够在恶劣的使用环境中保持较长的使用寿命,减少了因腐蚀导致的材料疲劳和损坏风险,提高了底盘的耐久性和安全性。

高强度钢的可焊接性能良好,为现代汽车制造工艺提供了优势支持。现代汽车底盘多采用模块化设计,合理利用高强度钢的这一特性,可实现结构件之间的高效连接,并优化焊接工艺流程。高强度钢的高模量和低变形特性则有助于提升底盘的整体刚性和结构稳定性,促使汽车在行驶过程中保持良好的操控性能和舒适体验。综合来看,高强度钢在汽车底盘的应用不仅满足了轻量化设计要求,还提升了车辆的综合性能和可靠性。

3.3 高强度钢替代传统钢材的设计方案

在汽车底盘设计中,高强度钢替代传统钢材的设计方案主要集中在几个方面:选择合适的高强度钢种类,以确保其力

学性能满足底盘结构的强度和刚度要求；通过有限元分析和结构优化，确定关键部位如车架、悬挂系统等的高强钢使用比例，优化结构重量和性能；采用先进的制造工艺，如热成形和激光焊接，以增强高强钢构件的制造精度和连接强度，确保其在实际使用中的可靠性和耐久性；通过实验验证，评估不同设计方案在重量减轻、燃油经济性和操控性能方面的提升效果，从而制定出最佳的高强钢替代方案。这些设计方案为实现汽车底盘轻量化提供了有效路径。

4 实验验证与性能评估

4.1 高强钢底盘结构的实验方法

为验证高强钢在汽车底盘设计中的实际应用效果，需要进行系统的实验方法及其评估。

选择适当的实验材料即高强钢和传统钢材。材料的选择应基于其广泛的工业应用和易于获取性。进行材料的力学性能测试，包括拉伸试验和疲劳试验，以确认其基本性能参数。选择相同尺寸和形状的汽车底盘样件进行对比实验，是保证实验结果可比性的重要前提。

对比样件的制造采用相同的工艺流程，如冲压、焊接等加工过程，确保底盘结构的稳定性和一致性。清晰标注每一个样件，并进行详细记录，包括厚度、重量以及各个连接部位的工艺特点。

为评估底盘在实际使用中的表现，可采用有限元分析法进行模拟计算。通过加载不同的车载荷和路面条件，模拟底盘在多种工况下的应力分布、变形和损伤情况。对高强钢和传统钢材底盘在这些模拟条件下的表现进行比较，找出优化设计方案。

随后，进行物理实验验证。为更接近现实条件，可设计一个包含多种路面类型、坡度和速率变化的测试跑道。将高强钢和传统钢材底盘装配于相同型号和配置的汽车上，进行测试行驶。通过安装应变片、加速度传感器等监测设备，实时记录底盘的应力、变形及振动情况。

综合材料性能测试、模拟计算和物理实验的结果，进行综合分析，确定高强钢底盘在轻量化设计中的优越表现。这些实验方法和验证步骤，为高强钢在汽车底盘设计中的应用实践提供了重要的参考依据。

4.2 底盘重量与燃油经济性的实验结果

在实验中，使用高强钢和传统钢材分别制作两组汽车底盘样本，并进行详细对比分析。实验结果表明，高强钢底盘的重量显著低于传统钢材底盘。具体而言，高强钢底盘的重量减少了约 20%，有效降低了车辆的整体质量。

为评估燃油经济性，对两组底盘样本进行了相同条件

下的道路测试，测试包括城市道路和高速公路两种工况。结果显示，高强钢底盘车辆的平均燃油消耗率较传统钢材底盘车辆减少了 15%。这种燃油经济性的提升主要归因于车辆自重减轻所带来的滚动阻力和加速阻力的降低。

数据分析还揭示了高强钢底盘在耐久性测试中的优势。由于高强钢的优越力学性能和抗腐蚀特性，高强钢底盘在长期使用后的质量和性能保持率优于传统钢材底盘。这些实验结果充分证明，高强钢在汽车底盘轻量化设计中的应用，不仅能够显著减轻底盘重量，还能够提升燃油经济性和车辆的整体性能。

4.3 操控性能和安全性的评估

高强钢在底盘设计中的应用显著提高了汽车的操控性能 and 安全性。通过高强钢材料的高强度和高刚性，使得底盘在高速行驶和复杂路况下能够保持稳定和精确地操控。高强钢的耐腐蚀性能有效延长了底盘的使用寿命，减少了因腐蚀导致的结构损坏，进一步提升了车辆的安全性。实验结果表明，采用高强钢设计的底盘在碰撞测试中表现出优异的能量吸收和变形控制能力，显著降低了乘员伤害风险。

5 结语

本研究围绕高强钢在汽车底盘轻量化设计中的应用进行了深入探讨和实践。通过对高强钢的力学性能和加工特点分析，结合底盘结构设计，提出了高强钢替代传统钢材的具体方案，并对其进行了实验验证。实验结果证实高强钢在底盘轻量化设计中能有效降低汽车底盘重量，提高燃油经济性和操控性能，同时高强度和耐腐蚀性能确保了底盘的使用寿命和安全性。然而，本研究的局限性在于仅对部分高强钢进行了研究，未来可以考虑不同类型高强钢的综合应用，以进一步提高轻量化设计的效果。此外，对高强钢的加工工艺、成本控制以及环境影响等方面的研究仍有待完善。在今后的研究中，应积极探索高强钢的新型应用领域，以解决汽车行业面临的节能减排等诸多挑战。总之，本研究为高强钢在汽车底盘轻量化设计中的应用提供了有益的理论依据和实践指导，具有较强的现实意义和推广价值。期望未来各界能够进一步关注和投入资源，推动高强钢在汽车工业中的普及应用，为中国汽车工业的可持续发展作出积极贡献。

参考文献

- [1] 冯亚鹏,张庆龙.浅谈汽车底盘工艺轻量化设计[J].汽车世界, 2020(21):28-29.
- [2] 熊剑.汽车底盘轻量化设计与应用[J].汽车知识,2023,23(7):86-88.
- [3] 林惠林.汽车底盘悬架关键部件轻量化设计[J].汽车博览,2020(3):58-59.