

试验研究

现代汽车用钢特点及发展趋势分析

康华伟

(山东钢铁集团有限公司 钢铁研究院, 山东 济南 250101)

摘要:介绍了现代汽车用钢的发展特点、性能要求以及存在的深加工问题等,对国内外现代汽车用钢情况进行调研分析。建议针对目前3代汽车钢的生产与技术应用,结合汽车用户开展EVI模式,做到产销研的高效良性循环。

关键词:汽车用钢;高强度;强塑积

中图分类号:U465.1*1

文献标识码:A

文章编号:1004-4620(2015)03-0022-03

1 前言

汽车是我国国民经济的支柱产业之一,对拉动国民经济和保障就业具有十分重要的作用。近年来,我国汽车产销量逐年增加,2013年,产、销量双双突破2 000万辆。我国正处于汽车发展的普及期,汽车市场在未来的很长时间内仍将保持持续增长态势。

汽车的大量使用导致能源和环境方面的问题更加突出,一般钢材占汽车质量的70%左右,汽车的轻量化、安全性和低成本要求使汽车用钢向高强度、高韧性和更易于加工的方向发展。实现轻量化需要的是高强度及良好的成形性;安全性则需要高塑性;低成本需要的是低合金化和易加工化等。因此,高强塑积(钢的抗拉强度与总伸长率的乘积,其数值近似地等于钢的拉伸曲线所包围的面积)已经成为高性能汽车用钢最重要的衡量指标。对汽车用薄钢板的高强塑积需求带动了高强塑积超高强度钢的研制与应用的发展。高强塑积钢的理想组织应该是马氏体和奥氏体组成的复合马奥组织。以“多相(Multiphase)、亚稳(Metastable)、多尺度(Multiscale)”的3M组织为控制目标,应该是获得高强塑积第3代汽车用钢的有效方法。本研究对现代汽车的结构、用钢特点以及现代汽车用钢的发展趋势进行分析,以为汽车用钢的开发生产提供指导。

2 现代汽车的结构及用钢特点

汽车是由上万个零件组成的机动交通工具,基本构造主要由发动机、底盘、车身与电气设备4部分组成。汽车制造工艺主要有冲压、焊装、涂装、总装4大工艺。

2.1 汽车发动机

发动机是汽车的“心脏”。发动机零件的服役条件很恶劣,疲劳、磨损、高温、腐蚀、振动等,时刻威胁着发动机零件的使用寿命。因此,与汽车其他零件相比,发动机零件所用的材料往往要好得多,新材料、新工艺在现代车用发动机上的应用将越来越广泛。其中轻量化的要求更为突出,使汽车材料构成有了明显变化。当前国内外重点材料的开发方向是:铝合金、镁合金、钛合金、高强度钢、复合材料(如金属基复合材料、玻璃钢和碳纤维复合材料)和热塑性材料等。

2.2 汽车底盘

底盘的作用是支承、安装汽车发动机及其各部件、总成,形成汽车的整体造型,并接受发动机的动力,使汽车产生运动,保证正常行驶。汽车底盘用钢材主要以低合金高强度热轧钢板为主,如车架纵梁、横梁及制动盘等受力构件和安全件等,重要部位用到了含钛热轧板、锰钢或锰稀土系列钢、硅一钒钢和含钒系列钢,以提高强度与疲劳性等综合性能。

2.3 汽车车身

汽车车身用钢性能要求为:1)较高的强度、刚度指标,以提高安全性、舒适性,降低噪声、震动(NVH);2)严格的几何尺寸精度,以提高钢板冲压性能和零件形状稳定性;3)优良的工艺性能,以保证钢板冲压成形能力;4)良好的表面外观质量,以保证深冲性、涂装性、外观质量;5)具有好的焊接性能,以保证焊装质量;6)具有良好的涂漆性能,以保证涂装质量和耐腐蚀性能。汽车车身用钢分类如表1所示。

3 现代汽车用钢及趋势

国际钢铁协会(IISI)将高强度钢分为传统高强度钢(HSS)和先进高强度钢(AHSS)。传统高强度钢主要包括碳锰钢、烘烤硬化(BH)钢、高强度无间隙原子

收稿日期:2015-03-12

作者简介:康华伟,男,1984年生,2007年毕业于江西理工大学金属材料工程专业。现为山钢集团钢铁研究院工程师,从事冷轧汽车用钢的技术研发工作。

表1 汽车车身用钢板分类

普通冲压级		深冲级		超深冲级	
普通强度	高强度	普通强度	高强度	普通强度	高强度
普通热轧钢 板、普通冷轧 沸腾钢板	高强度热轧钢板(铁素体— 珠光体、双相钢)、冷轧双相 钢板、高强度低合金钢板	普通冷轧铝镇 静钢、表面镀层 铝镇静钢板	含磷铝镇静钢、 含磷铝镇静烘 烤硬化钢板	超深冲IF钢、表 面镀层超低碳 IF钢板	含磷超低碳IF钢、含磷超低 碳烘烤硬化钢、含磷热镀锌 超低碳IF钢板

(HSS—IF)钢和高强度低合金(HSLA)钢;先进高强钢主要包括双相(DP)钢、相变诱发塑性(TRIP)钢、马氏体级(Mart)钢、复相(CP)钢、热成形(HF)钢和孪晶诱发塑性(TWIP)钢。传统的高强钢多是通过固溶、析出和细化晶粒作为主要强化手段,而先进高强钢是指通过相变进行强化的钢种,组织中含有马氏体、贝氏体和/或残余奥氏体。汽车用先进高强钢分为热轧、冷轧和热镀锌产品,其工艺特点都是通过相变实现强化。

近年来在汽车用先进高强钢的工艺基础研究和应用技术研究方面的开发十分活跃,超高强钢板的强度已达到或超过2 000 MPa。相比于传统的高强钢,先进高强钢具有更高的强度和更好的成形性能,根据钢种的强塑积的不同先进高强钢可分为以下3代:第1代以DP钢、TRIP钢为代表,强塑积为5~15 GPa%,主要组织结构以软相(铁素体)为主要基体,另外含有少量(TRIP钢含有5%~15%的残余奥氏体)甚至不含有残余奥氏体;第2代以TWIP钢为代表,强塑积为50~60 GPa%,主要组织结构是软相奥氏体;第3代以淬火—分配钢(QP)钢为代表,强塑积为30~40 GPa%,主要是通过3M组织调控思路,即亚稳、多相和多尺度,控制最终亚稳奥氏体相含量达到30%左右^[1]。3代汽车用先进高强钢示意图如图1所示。

3.1 汽车对高强度钢板的性能要求

现代汽车的发展趋势是减重、节能、防腐、防污染、防噪音和安全舒适等,为适应这一发展需要,对汽车钢板的要求除传统的结构性能、经济性能以外,还必须满足新的一系列质量上的特殊要求^[2]:

1)优良的成形性能,即高的塑性应变比 r 值、高的均匀伸长率 δ_n 、高的总伸长率 δ 、低的屈服强度 R_p 、低的时效指数 A_1 和低的屈服伸长。只有具备以上性能的钢板,才能用于冲制复杂的汽车覆盖件。

2)良好的抗凹陷能力和足够的结构刚度,以避免在制造和使用中产生凹陷,能在突发冲撞事故中

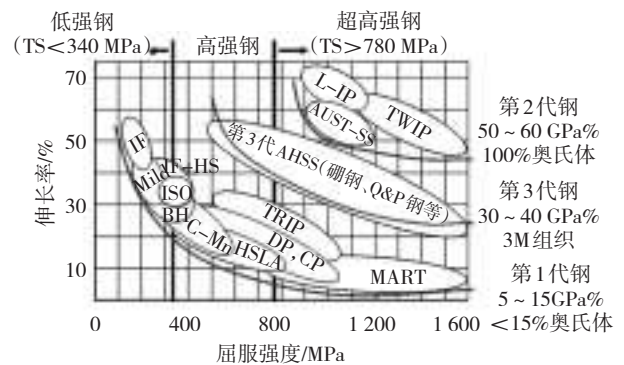


图1 3代汽车用先进高强钢示意图

最大限度地吸收能量,保护乘员的安全。这要求钢板有较高的强度和刚度,即高的 R_m 和适当的烘烤硬化性与加工硬化能力。

3)良好的焊接性能,保证零件有效的连接及焊点和焊点周边区域的强度和性能不发生大的变化。

4)优良的表面形貌和光洁程度,良好的喷涂性能和对油漆涂镀层的附着性能,以求表面美观。

5)高的耐蚀性能。

6)良好的板形和板面平直度,严格的尺寸精度和性能均匀性。

7)为减小汽车行驶中的雷鸣效应,部分零件用钢板应有吸声减振效果。

3.2 汽车用钢板的发展趋势

轻量化是汽车工业开发“绿色、安全、价格低”汽车的主要技术路线,钢铁作为汽车的主要原材料受到汽车轻量化的挑战。现在汽车用HSS的比例为14%~45%(100~295 kg),将来使用比例将提高为30%~80%,其中AHSS约占HSS的30%。高强度钢和先进高强度钢有良好的加工性能以及高强度,同时具有很好的吸能性和延伸性,允许部件有较小厚度的同时提供很好的碰撞安全性,已经广泛应用于汽车工业。对于薄钢板的汽车部件分类及性能要求见表2所示。

目前汽车大量使用的是传统的和第1代高强度薄钢板,前者强度低而后者塑性有待提高。第2代

表2 薄钢板的汽车部件分类及性能要求

部件分类	代表零件	特性要求	主要板厚控制要素
面板部件	外板、门、内板、车底板	成型性、刚性、抗凹陷性、耐腐蚀性	抗拉刚性、抗凹陷性
结构部件	构件、发动机罩	成型性、刚性、冲击吸收能、疲劳强度、耐蚀性、焊接性	构件刚性、冲击吸收能、疲劳强度
行走部件	下部支架、车轮	成型性、刚性、疲劳强度、耐蚀性、焊接性	构件刚性、疲劳强度
增强部件	前后防撞件、横梁	成型性、焊接性冲、击吸收能	冲击吸收能

高强度汽车用钢是亚稳不锈钢或高锰 TWIP 钢,其合金含量高导致成本较高,工艺性能较差,它们不能满足日益增长的汽车轻量化和碰撞安全性的需求。因此,提出需要发展高强塑积(≥ 30 GPa%)的第3代汽车用钢。国外发展比较快的是 AHSS 钢, AHSS 钢主要包括 DP 钢、TRIP 钢、CP 钢和 Mart 钢等,这类钢是通过相变组织强化来达到高强度的,

强度范围 500 ~ 1 500 MPa,具有高的减重潜力、高的碰撞吸收能、高的疲劳强度、高的成形性和低的平面各向异性等优点。我国各大钢铁企业如太钢、宝钢、鞍钢等已成功研制出 Q&P 等第3代汽车钢,并良好地应用到一汽轿车、奇瑞汽车等。目前山钢研究院亦专门成立汽车研究所,对先进高强汽车钢进行大力研发。目前主要新型汽车用钢的应用见表3。

表3 现代汽车用钢汇总

名称	组织形态	强度等级/MPa	在汽车上的应用
BH 钢	铁素体+固态 C、N 原子		发动机罩外板、行李箱外/侧围外板等覆盖件
DP 钢	铁素体+马氏体	500 ~ 1 200	车轮、保险杠、悬挂系统及其加强件
TRIP 钢	多边形铁素体+贝氏体+残余奥氏体	590 ~ 1 180	汽车安全零部件及各种复杂零件
M 钢	马氏体	1 200 ~ 1 600	车门防撞杆
Q&P 钢	马氏体+富 C 亚稳残余奥氏体	800 ~ 1 800	汽车结构件
微合金非调质钢	铁素体-珠光体	680 ~ 900	汽车结构件

3.3 汽车用钢存在的问题

随着 AHSS 钢的大量应用,与采用软钢相比,成形中的起皱、回弹、模具损伤、开裂、翘曲等问题大量出现。因此完善 AHSS 钢的成形技术是下一阶段的主要研究任务^[3]。由于高强钢的塑性较差,变形时易开裂,变形抗力大,成形后的回弹也大,零件尺寸精度不良,在对冲压和滚压模具进行设计时,要充分考虑到高强钢的这些特点,以准确预测零件的形状尺寸。另外,高强钢对模具的磨损也较大,有时甚至会卡模具,需对模具表面进行涂镀(如 TiN)处理。为了解决高强钢成形困难问题,研发了激光拼焊板,变形较大的部位由软钢或成形性较好的高强钢来承受,而变形量较小或需要承受较大负荷的部位则使用强度等级较高的高强钢,还研发了新的成形技术,如液压成形、温成形和热冲压成形等。

4 结 语

我国钢铁企业应及时掌握国内外先进高强度

汽车钢板的发展动向,适时地进行产品开发及应用技术的研究,使我国汽车用钢达到世界先进水平。采用低厚度、高强度的钢板成为当前汽车发展主导方向,但是后续深加工(如成形、焊接、涂装等问题)仍是制约客户使用中的难点,需要钢厂自主创新、产销研一体化、与用户互动研发,并充分展现良好的用户应用技术与 EVI 工作模式(材料制造商介入下游用户的早期研发阶段,充分了解用户对原材料性能的要求,从而为用户提供更高性能的材料和个性化服务),逐步解决在推广和应用高强汽车钢过程中的这些问题。

参考文献:

- [1] 董瀚,曹文全,时捷,等.第三代汽车钢的组织与性能调控技术[J].钢铁,2011(6):1-11.
- [2] 康永林,张登科.现代汽车板的质量控制与成形性[M].北京:冶金工业出版社,1999:3-280.
- [3] 李扬,刘汉武,杜云慧,等.汽车用先进高强钢的应用现状和发展方向[J].材料导报,2011(7):101-104.

Analysis of the Characteristics and Development Trend of Modern Automobile Steel

KANG Huawei

(The Iron and Steel Research Institute of Shandong Iron and Steel Group Co., Ltd., Jinan 250101, China)

Abstract: The research and analysis on modern automobile steels both at home and abroad were made and the development characteristics of modern automobile, properties requirements and existing problems for steel deep processing were introduced. To the production and application technology for the 3G automobile steels at present, to develop EVI mode combine with the automobile user were suggested, so as to the efficient circulation of production and marketing research may be achieved.

Key words: automobile steel; high strength steel; strong plastic product

常见单位符号大小写混淆示例

单位名称	标准符号	错误符号	单位名称	标准符号	错误符号	单位名称	标准符号	错误符号
米	m	M	帕[斯卡]	Pa	pa	千克	kg	Kg
秒	s	S	瓦[特]	W	w	摩[尔]	mol	Mol
吨	t	T	电子伏	eV	ev	升	L	l