

汽车用

铌微合金化钢板

冶金工业出版社

TIMS

汽车用铌微合金化钢板

**The First International Symposium
on Niobium Microalloyed Sheet Steels for Automotive Applications**

北 京
冶金工业出版社
2006

图书在版编目(CIP)数据

汽车用铌微合金化钢板/CITIC-CBMM 中信微合金化技术中心编译. —北京:冶金工业出版社, 2006. 10

ISBN 7-5024-4114-X

I. 汽… II. C… III. 汽车—铌合金—钢板—国际学术会议—文集 IV. U465.2-53

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 120692 号

出 版 人 曹胜利(北京沙滩嵩祝院北巷 39 号, 邮编 100009)

责任编辑 李 梅 美术编辑 李 心

责任校对 刘 倩 李文彦 责任印制 丁小晶

北京百善印刷厂印刷;冶金工业出版社发行;各地新华书店经销

2006 年 10 月第 1 版;2006 年 10 月第 1 次印刷

787mm×1092mm 1/16; 27.75 印张; 754 千字; 425 页; 1—2500 册

85.00 元

冶金工业出版社发行部 电话:(010)64044283 传真:(010)64027893

冶金书店 地址:北京东四西大街 46 号(100711) 电话:(010)65289081

(本社图书如有印装质量问题,本社发行部负责退换)

编译委员会

主任委员 付俊岩(CITIC-CBMM 中信微合金化技术中心)

副主任委员 王伟哲(CITIC-CBMM 中信微合金化技术中心)

委 员

杨雄飞 侯豁然(中信微合金化技术中心)

陆匠心 王 利(宝山钢铁公司钢铁研究院)

刘万山 关 勇(鞍山钢铁(集团)公司技术中心)

刘振清 郭爱民 田德新(武汉钢铁(集团)公司技术中心)

康永林 尚成嘉 刘雅政(北京科技大学材料学院)

刘清友 刘正东 章洪涛(钢铁研究总院)

柏建仁(中国第一汽车集团公司)

葛松林(中国汽车工程学会)

译者的话

20 世纪 90 年代以来,汽车环保、安全和节能技术法规的日益严格和用户对产品要求的不断提高,成为当今汽车产品技术进步的基本动因。作为最常用的汽车车身结构材料,钢铁的地位不论在整个车身还是专门用途方面,都受到了铝、塑料、镁等低密度材料的巨大挑战。而这种挑战也促使钢铁行业开发出新型钢种,完全能够在更轻、更安全、使用性能更好并且低成本的车身结构材料的比赛中与低密度材料竞争。

2005 年 12 月 5~9 日巴西矿冶公司(CBMM)与 TMS 在巴西 Araxa 市共同组织召开了“第一届汽车用铌微合金化钢板国际研讨会”,会议对过去十多年来为满足车身的功能设计要求汽车用钢铁材料,特别是含铌钢发展做出总结,为相关方面的专家和代表提供了一个交流机会,分享铌在汽车用钢中的应用技术成就,并探讨如何紧随汽车工业发展开发出更符合当今汽车工业及未来发展需要的新型钢铁材料。

来自世界各地的著名汽车制造商如 BMW、AutoVAZ、Daimler-Chrysler、Fiat、Ford、General Motors、Honda、Hyundai Motor、Nissan、Toyota、Volkswagen,汽车用钢生产企业如 SAIL、Tata Steel、NSC、SSAB、Voest Alpine、Mittal、ThyssenKrupp、JFE、Nisshin、Hylsa、Nucor、Corus、Kobe、Arcelor、Sumitomo 等以及大学和研究院所等超过 100 名代表参加了这次会议。中国参加这次会议的代表有中国汽车工程学会葛松林副秘书长、中国第一汽车集团公司柏建仁副总工、鞍山钢铁(集团)公司技术中心关勇副主任、宝山钢铁公司汽车板专家王利、武汉钢铁(集团)公司技术中心田德新、钢铁研究总院章洪涛教授以及中信微合金化技术中心杨雄飞。

“第一届汽车用铌微合金化钢板国际研讨会”上,世界各大汽车制造商阐述了为满足轻量化的同时保持或提高车辆全面的安全性要求,在白车身上利用先进钢铁材料的趋势,突出讨论了现代高强度钢在最近的轻车身技术中的大量使用,不仅得到了适宜的车身重量,同时还降低了成本,并且还达到了排放控制、安全性、驾驶性能和使用寿命的要求。在本次会议论文所有提及的用来生产汽车车身的高强度钢中,高强度微合金钢的应用最为广泛。因为它能够通过罩式退火和连续退火

来生产,其力学性能的公差很小。微合金高强度低合金钢对所有的表面处理都非常适合,例如电镀锌和退火镀锌。此外,这些钢种可以达到最大范围的厚度规格和宽度规格。一些最先进的车身结构已经采用了高达 45% 的微合金高强度低合金钢。

研究表明,铌微合金化是钢的性能优化最有效的途径之一。铌的基本作用是通过细化晶粒来提高钢的强度的同时又改善塑韧性;低合金理念对焊接过程也是有利的;晶粒细化同样会产生更均匀的微观组织,改善成形行为,尤其是在成形过程中出现了应力集中,像弯曲成形和扩孔等过程;通过促进或阻碍特定相的形成,铌可以对相变行为产生重要影响,利用这一点可开发出更好的控制工艺,并且在生产复相钢时优化其性能;在生产烘烤硬化钢或高强度无间隙原子钢时,NbC 沉淀的形成可以使超低碳钢的铁素体基体中的碳部分或全部地被净化。

在 2005 年欧洲的汽车生产中,每辆车铌的总消耗在 60~100 g 之间,包括剪切废料中的损失。这表明在整个白车身中铌的成本消耗不到两美元。可以断定,钢的铌微合金化是车身减重技术成本降低中最有效的方法之一。

众所周知,中国的汽车工业自 20 世纪 80 年代以来发展迅速,进入 21 世纪后,发展势头更加强劲,成为继美国、日本、德国之后的世界第四大汽车生产国。随着中国入世,中国汽车工业与国际汽车工业的融合不断深化,跨国公司开始全面进入中国汽车产业链的各个环节,目前排名世界汽车工业前 15 名的国际轿车生产商已全部在中国合资或合作。

中国汽车市场目前占据了世界汽车市场 1/20 的份额。按 10% 年增长率计算,预计到 2010 年,中国汽车年产量将达到 600 万辆,占世界汽车市场的 1/10。随着汽车产量和保有量的迅速提高,中国已经成为世界汽车市场的重要组成部分。

在伴随中国汽车工业发展的同时,我国钢铁业也不断适应要求,汽车用钢的国产化比例不断提高。我们从 20 世纪 80 年代之后开发出许多品种的含铌钢板,如热轧含铌钢板主要有汽车结构用钢 QSTE340TM-QSTE500TM(Nb-Ti),汽车大梁钢板 420L-510L(Nb),滚形车轮用钢 RCL420(Nb),双相钢板 RS50、490SXR、540SXR(Nb)及汽车传动轴管用钢 440QZR、480QZR(Nb)等。通过铌的细晶强化及沉淀强化,含铌热轧钢板具有较高的强度、较好的延展性和稳定的性能。自 20 世纪 90 年代起中国汽车工业广泛地应用含铌热轧汽车板,目前以宝钢、鞍钢、武钢为代表的国内钢铁企业紧紧跟随汽车工业用钢的发展趋势,开发出一大批符合需要的汽车用铌微合金化钢板。

今天,世界各大汽车生产商全面进入中国汽车产业链的各个环节,给中国钢铁工业的发展提供了一个难得的发展机会。为了抓住这一机遇,我们需要紧紧跟随当今世界汽车工业功能发展趋势,开发出满足汽车功能需要的钢铁材料,以便在与国外同行以及其他材料的竞争中赢得胜利。相信这次“第一届汽车用铌微合

金化钢板国际研讨会”上的信息和有关钢铁材料的研究开发信息会对我国的钢铁工业开发出更好的满足要求的汽车用钢有很大的帮助。

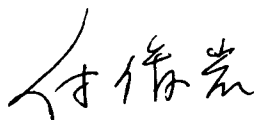
为尽快地把“第一届汽车用铌微合金化钢板国际研讨会”上有关世界汽车工业发展趋势、对钢铁材料的要求以及铌在汽车用钢技术的最新进展介绍给中国冶金和相关行业的人员,提高我国汽车用钢的国产化比例,在巴西 CBMM 公司和鲍迪侬先生(Mr. Pascoal Bordignon)的支持下,经中信微合金化技术中心组织编译,冶金工业出版社出版了该会议文集的中文版本,以供中国钢铁、汽车工业领域的专家、学者、工程师,冶金院校的教授、研究生借鉴和参考。

本论文集的翻译工作还得到了中国汽车工程学会,宝钢、鞍钢、武钢等技术中心,钢铁研究总院结构材料研究所以及北京科技大学和中国第一汽车集团公司的领导和朋友们的大力支持,在此表示衷心的感谢!

CITIC-CBMM 中信微合金化技术中心

中信金属公司

高级顾问



2006 年 9 月 8 日

序

全钢车身的起源回溯到 1912 年,当时 Edward G. Budd 将这种新颖的设计理念引入到汽车工业。从此,钢迅速成为了首选的汽车车身结构材料,并且几十年来保持着这种无可置疑的地位。20 世纪 70 年代的石油危机以及持续增长的安全及环境要求,迫使汽车工业开发改进车身概念,即车身减重的同时提高整体刚度。在汽车工业面临加剧的全球竞争的情况下,这些挑战引起逐步升高的制造成本。结果,轻量化材料如铝、塑料和镁等开始被考虑用做汽车制造的替代材料,威胁了钢作为车身结构材料已确立的地位。然而,与其他轻量化材料相比,钢的密度较高这一缺点可部分地由它的高刚度来补偿。此外,钢的主要优势在于其适中的材料成本以及全球范围内的可供应性。因此,借助创造新型的可成形焊接高强度钢,以及为专门应用而特制的现代化钢半成品,钢的竞争能力可重新夺得。

铌微合金化是实现钢的很多良好综合性能的解决方案。铌在 HSLA 钢中主要通过细晶强化提高强度,在高强度无间隙钢中充当稳定剂和晶粒细化剂,而现代多相钢依靠铌的细晶强化和析出强化达到强度增加。此外,微观组织控制成为进一步优化与汽车制造相关性能力如切削、成形和连接等的强有力手段。最后,对一些用做汽车暴露件的镀层钢板,铌微合金化也是获得钢板优越表面质量的关键。

“第一届汽车用铌微合金化钢板国际研讨会”将全世界的汽车制造商与钢铁生产商集聚到巴西阿拉莎,共同分享当前汽车用钢的开发与应用经验,探讨钢的未来发展要求。特别讨论了铌微合金化在贡献所需材料性能方面的作用。来自全球 20 个国家的汽车制造商、钢铁生产商、研究院所和非政府组织的 104 名代表出席了本次全球盛会。大会特别谈到了巴西、俄罗斯、印度、伊朗和中国等汽车工业快速发展市场的现状和未来趋势。

本论文集集中的文章总结了从车辆设计到材料要求的整体方法。来自工业界和学术界的一流专家精辟地论述了铌在这方面的至关重要的作用,展示了铌微合金化汽车钢板的应用经验,并阐述了铌微合金化的基本冶金原理。

内 容 简 介

本书收录了 2005 年在巴西举办的“第一届汽车用铌微合金化钢板国际研讨会”上 40 余篇世界工业界和学术界的一流专家关于汽车设计以及汽车用钢特别是含铌钢开发与应用经验的最新技术论文,与英文版同步发行。

本书介绍了世界各大汽车制造商提出的新型汽车设计概念,论述了为满足轻量化的同时保持或提高车辆全面的安全性要求,在白车身上使用先进钢铁材料的趋势,阐述了用于汽车车身的含铌高强度钢的研究与应用前景,具体包括汽车车身工程的概念、设计对使用钢的要求、汽车快速发展地区的现状与前景、汽车用热轧高强度钢、冷轧高强度钢、超低碳钢、新型薄板坯连铸连轧工艺生产汽车用微合金化钢的技术发展以及铌微合金化汽车薄钢板的冶金原理等。

这些关于汽车及材料技术进步的信息和资料对我国汽车工业界和钢铁界及相关行业的技术人员在科研、生产和教学中有一定的参考意义,对我国的汽车及相应材料应用技术的进步,尤其对促进我国紧紧跟随当今世界汽车工业功能发展趋势,参与国际竞争,开发出满足汽车功能需要的钢铁材料,加速我国汽车用钢的国产化比例将产生巨大的推动作用。

本书可供中国汽车和钢铁等工业领域的专家、学者、工程师、相关院校的教授、研究生、本科生借鉴和参考。

书中主要内容包括以下部分:

- 铌微合金化汽车板——现代车身设计难题的一种成本有效的解决方案
- 汽车车身工程的材料概念
- 快速增长市场的汽车用钢发展
- 冷轧先进高强钢
- 热轧低合金高强度钢
- 超低碳钢
- 薄板坯连铸连轧工艺生产汽车薄钢板
- 铌微合金化汽车薄钢板的冶金原理
- 铌在汽车板中的应用

冶金工业出版社部分图书推荐

书 名	定价(元)
现代含铌不锈钢	45.00
铌·高温应用	49.00
铌·科学与技术	149.00
超细晶钢——钢的组织细化理论与控制技术	188.00
新材料概论	89.00
材料加工新技术与新工艺	26.00
合金相与相变	37.00
2004 年材料科学与工程新进展(上、下)	238.00
电子衍射物理教程	49.80
Ni-Ti 形状记忆合金在生物医学领域的应用	33.00
金属固态相变教程	30.00
金刚石薄膜沉积制备工艺与应用	20.00
金属凝固过程中的晶体生长与控制	25.00
复合材料液态挤压	25.00
陶瓷材料的强韧化	29.50
超磁致伸缩材料制备与器件设计	20.00
Ti/Fe 复合材料的自蔓延高温合成工艺及应用	16.00
有序金属间化合物结构材料物理金属学基础	28.00
超强永磁体——稀土铁系永磁材料(第 2 版)	56.00
材料的结构	49.00
薄膜材料制备原理技术及应用(第 2 版)	28.00
陶瓷腐蚀	25.00
金属材料学	32.00
金属学原理(第 2 版)	53.00
材料评价的分析电子显微方法	38.00
材料评价的高分辨电子显微方法	68.00
X 射线衍射技术及设备	45.00
首届留日中国学者 21 世纪材料科学技术研讨会论文集	79.00
金属塑性加工有限元模拟技术与应用	35.00
金属挤压理论与技术	25.00
材料腐蚀与防护	25.00
金属材料的海洋腐蚀与防护	29.00
模具钢手册	50.00
陶瓷基复合材料导论(第 2 版)	23.00
超大规模集成电路衬底材料性能及加工测试技术工程	39.50
金属的高温腐蚀	35.00
耐磨高锰钢	45.00
现代材料表面技术科学	99.00

Editorial Committee

S. Hashimoto, CBMM Asia Co. , Ltd. , Tokyo, Japan

S. Jansto, Reference Metals Company Inc. , Pittsburgh (PA), USA

H. Mohrbacher, Niobium Products Company, Düsseldorf, Germany

F. Siciliano, CBMM, São Paulo, Brazil

Preface

The beginnings of the all-steel automotive body dates back to 1912 when Edward G. Budd introduced this novel concept to the industry. Quickly steel became the preferred construction material for vehicle bodies and remained undisputed for many decades. The oil crisis in the 1970's as well as steadily increasing safety demands forced the automotive industry to develop improved body concepts offering reduced mass and simultaneously a higher overall rigidity. These challenges caused escalating manufacturing costs while the automotive industry became confronted with a growing global competition at the same time. As a consequence, lightweight materials such as aluminum, plastics, and magnesium started being considered as alternative materials threatening the established position of steel as body construction material. The disadvantage of the higher density of steel, however, can be compensated in part by its higher stiffness as compared to other lightweight materials. Besides, the moderate material cost and global availability of steel are major assets. Thus, the competitive position of steel could be regained by creating new formable and weldable high strength grades as well as modern steel semi-products tailored to specific applications.

Niobium microalloying is the key to achieve a favorable property profile in many steel grades. In HSLA steels niobium enhances the strength primarily by grain refinement. In interstitial free high strength steels niobium serves as a stabilizer and a grain refiner. Modern multiphase steels rely on niobium to achieve additional strength via grain refinement and precipitation hardening. Moreover, microstructural control constitutes a powerful means to further optimize properties relevant to automotive processing such as cutting, forming and joining. Last but not least, in some coated steel grades, niobium microalloying is also the key to obtain the superior surface quality necessary for exposed panels.

The First International Symposium on Niobium Microalloyed Sheet Steels for Automotive Applications brought automotive manufacturers and steel suppliers together in Araxá, Brazil to discuss current experience with automotive steel sheet grades and to define the requirements towards future steel development. In particular the beneficial effect of niobium microalloying in obtaining the required material properties was discussed. This truly global event was attended by 104 representatives from 20 countries coming from car manufacturers, steelmakers, research institutes and non-governmental organizations. Special consideration was addressed to the fast developing markets of Brazil, Russia, India, Iran and China.

The 45 contributions reported in these proceedings derive a global approach from the design of a vehicle towards material requirements. The crucial role of niobium in this respect is discussed by leading experts from industry and academia demonstrating practical experience with niobium microalloyed automotive steel sheet as well as providing fundamental principles of niobium microalloying.



铌微合金化汽车板

- 现代车身设计难题的一种成本有效的解决方案 Hardy Mohrbacher 1

汽车车身工程的材料概念

轻型车身的功能设计

- 如何根据结构要求来确定车身材料 ... Bruno Lüdke, Markus Pfestorf BMW AG 21
- 不同的汽车用钢板 Hiroshi Kawaguchi 36
- 先进钢构件在戴姆勒-克莱斯勒汽车轻量化上的应用 Paul J. Belanger, Matthew S. Walp, Marcio Milititsky 41
- 新一代高强钢在未来汽车上的应用 Antonio Fuganti 49
- 汽车车身材料的应用发展 ... Kiyoshi Takagi, Tomoyuki Yoshida, Akihiro Sato 63
- 汽车用新型轻质钢的潜力和风险 Jurgen Kiese 68
- 高强度钢汽车轻量化技术 Yuichi Azuma 74
- 先进高强度钢部件冲压及制造面临的挑战 James R. Fekete Ph.D., P.E 80
- 先进高强钢板在汽车上应用的可行性和挑战 Torsten Hallfeldt 86
- 车身用高强度汽车薄板钢连接技术的经验 Hans Hornig 96

快速增长市场的汽车用钢发展

- 快速增长地区的汽车发展情况 Hardy Mohrbacher 115
- Usiminas 公司生产的用于汽车工业的微合金钢产品 João F. B. Pereira, Luiz C. de O. Meyer, Túlio M. F. de Melo 118
- JSC AVTOVAZ 钢板应用现状及展望 A.K. Tikhonov 125
- MMK 钢铁公司汽车用钢生产的冶金特征 A.F. Sarychev, O.A. Nikolaev, B.F. Zin'ko 129
- 汽车用含铌 IF 钢的发展、工艺流程和销售 A. A. Nemtinov and M. A. Kuznetsov 133
- 印度钢铁局(SAIL)含 Nb 汽车用钢的开发现状和前景 B.K. Jha, B. Sarkar, Anjana Deva and Ramen Datta 136
- 热轧延伸凸缘钢 (SFHS-600): TATA 钢铁公司的实践 Subrata Mukherjee, N. Gope, A. N. Bhagat, D. Bhattacharjee 142
- 伊朗汽车工业当前的形势与发展 M. Ghorbani, A. Olfat 147
- 快速发展的中国汽车工业 葛松林 151
- 中国含铌汽车钢板应用进展 柏建仁 156
- 铌在宝钢汽车板中的应用 王 利 冯伟骏 刘 昕 刘俊亮 陆匠心 161

汽车用微合金钢近来的发展和趋势	Y.S. Ko, H.Park, J.K. Lee, C.S. Yun, J.D. Lim	166
-----------------------	---	-----

冷轧先进高强钢

用于汽车车身减重和改善碰撞性能的微合金高强钢	Kennet Olsson, Magnus Gladh, Jan-Erik Hedin, Joachim Larsson SSAB Swedish Steel	175
汽车用高强钢及其微合金化作用	Manabu Takahashi, Toshio Ogawa and Naoki Maruyama Steel Research Laboratories, Nippon Steel Corporation	184
通过添加微合金元素控制显微组织来改善先进高强度薄板性能	A. Pichler, T. Hebesberger, S. Taint, E. Tragl, T. Kurz, C. Kremaszky, P. Tsipouridis and E. Werner	191
铌在先进汽车用薄钢板中的作用	Debanshu Bhattacharya	212
高成形性高强/超高强度 TRIP 钢板	Koh-ichi Sugimoto, Shunichi Hashimoto, Yoichi Mukai	219
含铌微合金化 CMnAlSiP TRIP 钢	B.C. De Cooman D. Krizan	234

热轧低合金高强度钢

690~780 MPa 级热轧薄板车轮钢的材料设计	Hirohisa Kikuchi, Norio Imai, Toshiro Tomida, Kiyoyuki Fukui, Shigeki Nomura, Shin-ichiro Katsu	251
Nb 和 Mo 对热轧 TRIP 钢板力学性能的影响	Kenji Saito, Shushi Ikeda, Shunichi Hashimoto, Koh-ichi Sugimoto, Syugo Miyake	258
铌微合金化热轧钢用的集成过程-冶金模型	A. Perlade, P. Maugis, M. Gouné, T. Lung, D. Grandemange	265
热轧过程含铌 HSLA 钢的软化模型	W. Kranendonk, M. Maier	274

超 低 碳 钢

IF 钢生产技术最新进展	Hiroshi Takechi	281
热镀锌超低碳钢的烘烤硬化效应与时效	Christine Escher, Volker Brandenburg, Ilse Heckelmann	289
微合金化烘烤硬化钢	J.G. Speer, S. Hashimoto, D.K. Matlock	297
最新汽车用含 Nb 冷轧钢板	Toshiaki Urabe, Yoshihiko Ono, Takeshi Fujita, Yuji Yamasaki and Yoshihiro Hosoya	305
用于汽车车身减重的 Nb 固溶深冲热镀锌合金化 Ti-IF 高强钢的研究进展	Takashi Matsumoto, Minoru Saito	319
铌对冷轧退火高强无间隙原子钢中磷和锰偏聚行为的作用	T.-R. Chen, M. Hua, C. I. Garcia and A. J. DeArdo	327

薄板坯连铸连轧工艺生产汽车薄钢板

薄板坯连铸连轧生产汽车用微合金化钢	C. Klinkenberg	339
DSP 工艺中的微合金元素	Mark Maier, Calum McEwan	345
纽柯钢公司 BERKELEY 厂采用 CSP 工艺生产高附加值汽车用含铌钢	A. J. DeArdo, R. Marraccini, M. J. Hua, C. I. Garcia	358

铌微合金化汽车薄钢板的冶金原理

现代铌钢的基本冶金原理	Anthony J. DeArdo, Mingjian Hua and Calixto I. Garcia	367
冷成形 HSLA 钢的冶金原理	Wolfgang Bleck, Evelin Ratte	400
Nb 对高密度位错奥氏体再结晶的影响	Setsuo Takaki, Shun-ichi Hashimoto	409
铌在汽车板中的应用	Shunichi Hashimoto	414

铌微合金化汽车板

——现代车身设计难题的一种成本有效的解决方案

Hardy Mohrbacher

Niobium Products Company GmbH Steinstrasse 28, 40210 Düsseldorf, Germany

关键词: 铌微合金化, 显微组织, 成形性能, 焊接性能, 成本

1 引言

20 世纪 90 年代, 作为最常用的汽车车身结构材料, 不管是在整个车身或者是特殊用途方面, 钢铁的地位受到了铝、塑料、镁等低密度材料的巨大挑战。而这种挑战也促使了钢铁行业开发出新型钢种, 能够在更轻、更安全、性能更好并且低成本高效率的车身结构材料的比赛中与低密度材料竞争。

在近代轿车生产中, 多种高强度钢种被广泛地引进来替代低强度钢种。现在, 低强度钢在整个车身结构中所占的比例通常低于 50%, 在更高级的车辆中甚至低于 30%。因此, 高强度钢的比例在显著上升。最近几年, 复相钢(双相钢 DP、复相钢 CP、相变诱导塑性钢 TRIP)成为焦点, 它们一般占现代车辆车身重量的 10%~20%, 其余的部分主要是由微合金钢(高强度低合金钢 HSLA)、高强度无间隙原子钢(无间隙原子钢 IF-HSS)、烘烤硬化钢(BH)、磷硬化钢(P)等钢种制造。热轧高强度钢种对底盘部分和车轮非常重要。热成形钢已经变得越来越重要, 在很多的现代汽车中也占有一席之地, 而这些领域要求有良好的成形性和最高强度的综合性能。

汽车加工链主要包括成形、装配和喷漆。每个过程对材料的特性都有特殊的要求。但是, 对一个过程最优的材料特性未必适合另一

个。因此, 必须采用折中处理, 而这些大部分基于合金设计和材料的显微结构。

汽车板的合金设计主要建立在碳和锰的基础上。按照特定级别要求, 加入硅、磷、铝、铬、钼等合金元素。所谓的“微合金元素”铌、钛、钒、硼等有特殊的影响。微合金化意味着这些元素的含量非常低, 一般含量小于 0.1%。尽管如此, 微合金元素, 特别是铌, 对材料性能的影响却是非常大的。

合金成分设计与钢厂工艺流程共同决定了材料的显微组织以及最终性能。在 20 世纪 90 年代初期, 几乎所有的用于汽车车身结构的钢种的显微组织都以铁素体为主。因此, 当时的显微组织不是汽车工程师必须关注的变量。随着新型高强度钢的引进, 这种情形彻底地改变了, 因为在这些钢种中, 铁素体、珠光体、贝氏体、马氏体和奥氏体以单相、双相或者多相的形式出现。在汽车制造过程中, 必须很好地掌握这些显微组织的变化带来的复杂状况。

2 现代车身设计

在新型的车身设计循环中, 一开始就要做出很多主要的决定, 包括车身的理念、所应用的制造工艺以及使用的材料等。因为这些主要部分之间紧密相关, 所以工艺周期后期的偏离和大变动通