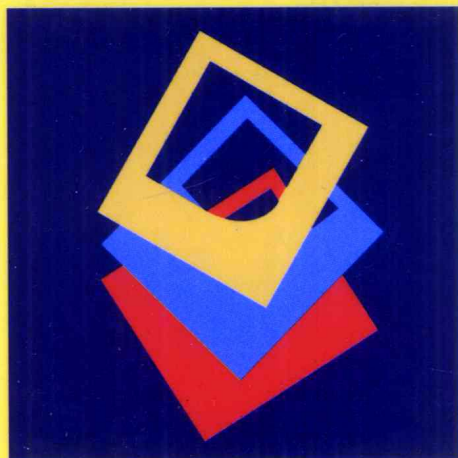


2003 汽车焊接国际论坛



焊 接 论 坛

论文集

主办单位：中国机械工程学会
及其焊接分会

时 间：2003.11.24~26

Proceedings of International Forum
on Welding Technology
in the Automobile Industry

Sponsor:

The Chinese Mechanical Engineering Society
& Welding Institution of CMES
November 24~26, 2003

IFWT2003

汽车焊接国际论坛论文集

中国机械工程学会及其焊接分会 编

2003 年 11 月 24~26 日

November 24~26, 2003

中国·上海

Shanghai, China

机械工业出版社

汽车是人类社会的科技与文明进步的象征,汽车制造业体现了一个国家高新技术发展与应用的水平。焊接加工是汽车制造中的一个重要环节,具有高的产品质量、高的生产效率、高的使用可靠性以及低的加工成本等方面的综合要求,由此反映了“汽车焊接”是一个技术集成性强、具有先进制造特点的生产过程。

我国的汽车制造业近年来进入了高速增长时期,对制造技术方面的认识深化和自主开发的需求已越来越迫切。为此,中国机械工程学会及其焊接分会主办了本次以“汽车焊接”为主题的论坛活动,对汽车制造中的焊接及相关技术展开研讨。

本论文集集中汇编了来自国内外各大汽车集团、焊接设备制造和材料制造厂家、企业界用户及科研单位等提供的论文共计 50 余篇,反映了近年来在汽车制造领域国内外焊接科学与技术的进展和成就。这对于我国汽车制造中的焊接技术与工艺水平的提高必将起到积极的促进和推动作用。

图书在版编目(CIP)数据

汽车焊接国际论坛论文集 / 中国机械工程学会及其焊接分会编.

—北京:机械工业出版社,2003.11

ISBN 7-111-13285-8

I. 汽… II. 中… III. 汽车—焊接—国际学术会议—文集
IV. U472.4-53

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 097935 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

责任编辑:于淑香 田文华 封面设计:高长刚

北京机工印刷厂印刷·机械工业出版社发行

2003 年 11 月第 1 版·第 1 次印刷

787mm×1092mm B5·22 印张·54.9 千字

0 001—1000 册

定价:100.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

购书热线电话(010) 68594821

前 言

汽车工业迄今已走过 50 年的历程，经过几代人的艰苦奋斗，汽车制造业在我国国民经济的发展中已占有重要的地位，并成为支柱产业。中国汽车工业的崛起和振兴需要先进的制造装备与技术支持。而汽车制造过程对产品的高质量、高可靠性、高效率以及低成本的综合要求，对制造技术的发展和 innovation 又会产生巨大的推动和促进作用。为在我国建立起具有自主发展能力的汽车工业体系，焊接科学与技术应责无旁贷地为此做出应有的贡献。

本次“论坛”活动，正值我国汽车制造业的高速增长期，亦面临着国际化的竞争和入世的冲击，机遇和挑战并存。“论坛”为我们带来了当前国内外汽车焊接制造中的最新进展和成就，不仅拓展了我们的视野，帮助我们深入思考，同时也为我们提供了一个扩大交流、加强合作的机会，共同展望和开拓我国汽车工业的未来。我们将这些认识和经验收集到论文集里，以期对焊接与汽车行业的科技工作者提供更多的信息与帮助。时代赋予我们的使命不仅仅是“与国际接轨”，更重要的是创建具有中国特色的发展之路。

借此机会，我谨代表中国机械工程学会感谢国内外企业界、学术界和社会各界志士同仁的大力支持和合作！向为中国汽车工业做出贡献的各级领导、专家、工程技术人员及各界人士致以崇高的敬意！

中国机械工程学会副理事长兼秘书长

宋天宏

Foreword

The course passed by China's automotive industry in the last 50 years is just the micro-image of the whole manufacturing industry. After generations of painstaking hard work, automotive industry is now playing an important role in the national economic development and become one of the mainstay industries. The rise and prosper of China's auto industry relies on advanced manufacturing technology and equipment. In turns, the comprehensive demand for high quality, reliability, efficiency and low cost is a great force to push forward the development and new creation of manufacturing technology. In order to establish an auto industry system with its own ability to develop, welding science and technology has the responsibility to make contribution.

This year's "Forum on Welding Technology" is held just in such period that China's auto industry is developing at high speed, also facing the global competition and the impact from entering "WTO". Both chances and challenges exist. The "Forum" will bring us newest development and achievements in welding technology home and abroad. It not only extends our field of vision and helps us think deeply, but also offers us an opportunity to broaden exchange, strengthen cooperation, explore and look into the future of China's auto industry. This proceedings collected such knowledge and experience with expectation of more attention. In the transform of technical intension and times' revolution, new theory and ideas will emerge. The task given by times is not only to keep up with international practice, but also to create a road to future with Chinese feature.

On behalf of the Chinese Mechanical Engineering Society, I would like to take this opportunity to express my gratitude to the huge support and cooperation from industrial and academic fields as well as my sincere respect to the contribution made by leaders, experts, engineering personnel at all levels and people all walks of life!



Tianhu Song
Vice President & General Secretary
CMES



汽车焊接国际论坛日程表

本次“焊接论坛”特别安排“汽车焊接”这一专题。这是以我国汽车制造业的发展和需求为背景,面对入世的冲击及技术的挑战,提出了对汽车制造具有支撑地位的焊接技术的思考和振兴。此次论坛,将纵览国际同行的前沿和优势,横观国内现状和发展,从以下六个方面对汽车制造中的焊接及相关技术展开研讨:

- 当前汽车焊接制造的特点与关键技术
- 焊接新工艺、新材料、新方法在汽车制造中的应用
- 高强、镀层钢板、轻金属材料的焊接问题
- 高分子材料、复合材料、特种材料的焊接问题
- 新一代汽车中的异种材料的连接问题
- 汽车焊接制造中的机器人与自动化技术

地点:上海光大国际酒店

Venue: Shanghai Everbright International Hotel

2003年11月25~26日 November 25~26, 2003

25日上午	主持人	潘际銮	陈剑虹
9:00~12:00	Chairmen	Jiluan Pan	Jianhong Chen

中国机械工程学会工作总部

Chinese Mechanical Engineering Society

汽车制造中的焊接科学与技术

Welding Science & Technology In the Automobile Industry

美国 Medar

Welding Technology Corporation

电阻焊接技术

Resistance Welding Technology

上海大众汽车有限公司

Shanghai Volkswagen Automotive Company Ltd.

现代汽车车身制造新技术

New Technologies in the Manufacturing Car Bodies

德国 BMW

BMW Company

汽车制造中采用轻型行驶机构的经验

Experience on the Application of Light-weight Structure in Automotive Manufacturing



德国汉诺威大学

University of Hannover

基于 CAQ 技术的汉诺威分析仪在铝合金 MAG 焊中的应用

Computer-Aided Quality Assurance(CAQ) of Al-MIG-Welding
with ANALYSATOR HANNOVER

哈尔滨焊接研究所

Harbin Welding Institute

国产焊接技术装备在汽车制造业的作用

Role of Domestic Welding Technology and Equipment in Automobile
Manufacturing

25 日下午

13: 30~17: 30

主持人

Chairmen

林尚扬

Shangyang Lin

吴毅雄

Yixiong Wu

德国 Nimak

Nimak Company

中频电阻焊接

Resistance Welding with Middle Frequency

中国第一汽车集团公司

Faw Group Corporation

焊接新技术、新材料的发展推动了中国汽车工业的技术进步

Effect of Awanced Welding Techwology on the Progress of the
Chinese Automative Industry

奥地利 Fronius

Fronius International GmbH

激光复合焊在大众和奥迪汽车上的应用

Application of Laser Hybrid Welding in VW and AUDI

《机械工人》杂志社

《Machinist》

“焊接与切割产品应用”调查发布

A Survey of Application of Welding and Cutting Products

东风悦达起亚汽车有限公司

Dong Feng Yuedakia Automobile Co.Ltd.

汽车制造中焊接技术的应用及发展趋势

Current Application and Trends of Welding Technology in Automobile Industry



SMC 超合金集团
Special Metals Welding Products Co.
汽车排气系统铸铁件焊接用优化特种焊接材料 NI-ROD[®] 44HT
Special Metals Welding NI-ROD Filler Metal 44HT Optimized for
Iron Automotive Exhaust Systems

唐山松下产业机器有限公司
Tangshan Matsushita Industrial Equipment Co.Ltd.
电弧焊的数字化发展
Progress of the Digitization in Arc welding

19:00

上海汽车工业(集团)总公司
Shanghai Automotive Industry Corporation(Group)
上汽之夜——汽车焊接国际论坛招待晚宴
Shanghai Automobile Evening——Reception Banquet

26 日上午

8: 30~12: 00

主持人	吴 林	王 镓
Chairmen	Lin Wu	Tan Wang

清华大学
Tsinghua University
爬行机器人的研制与应用
Development & Application of the Scramble Robot

加拿大 Servo-Robot
SERVO-ROBOT INC.
汽车工业中焊接过程智能控制的现状与发展趋势
Current Applications & Trends in Intelligent Control of Joining Processes
in the Automotive Industry

上海交通大学
Shanghai Jiao Tong University
汽车液力变矩器焊接制造质量控制
Quality Control on Welding Manufacturing of the Automobile Torgue Converter

日本 Kobe
Kobe Steel Ltd. Welding Company
汽车薄钢板用 MAG 焊丝和焊接方法的开发动向
Development Trends on Filler Wire & MAG Process for Thin Steel Plate

四川成焊宝玛焊接装备工程有限公司
CBWEE-Sichuan CWEE ITI Welding Equipment & Engineering Co.Ltd.



中国汽车焊接装备发展展望

Trends in the Development of Welding Equipments in the Automobile Industry in China

日本 CHIYODA & PAC

CHIYODA & PAC Group

为提高奥迪特整车质量的车身焊接新技术

New Welding Technology for Quality Improvement of the Car Body

26 日下午

主持人

陈丙森

宋永伦

13: 30~17: 30

Chairmen

Bingsen Chen

Yonglun Song

英国 Meta

Meta Company

激光视觉系统在汽车工业中的应用现状和发展趋势

State of Arts and Trend on Application of Laser Viewing System
in the Automobile Industry

上海汇众汽车制造有限公司

Shanghai Huizhong Automobile Company

焊接机器人系统在汽车底盘焊接中的应用

Application of Robot Welding System in Automotive Chassis Welding

日本 OTC

DAIHEN Corporation

采用激光-交流脉冲复合焊接技术的铝合金板材高速焊接方法

High Speed Welding of Aluminum Alloy Sheets Using

Laser Assisted AC Pulsed MIG Process

南京汽车集团有限公司

Nanjing Automobile Group Corporation

南汽车身焊接的概况及展望

Survey and Prospect on Car Body Welding in Nanjing Automobile Group(NAG)

日本 NADEX

NADEX Corporation Ltd

恒热量控制方法在高强钢焊接中的应用

Introduction of Constant Heat Control, and Application to High
Tensile Strength Steel

北汽福田汽车股份有限公司

Beiqi Futian Vehicle Co. Ltd.

北汽福田的焊接技术

Welding Technology in Beijing Futian Automobile Company



目 录

编者按

前 言

汽车焊接国际论坛日程表

· 论坛大会主讲论文 ·

汽车制造中的焊接科学与技术·····	中国机械工程学会工作总部 (1)
Resistance Welding Technology·····	Sam Abston, et al (10)
现代汽车车身制造新技术·····	李 新等 (15)
汽车制造中采用轻型行驶机构的经验·····	Alois Lang, et al (31)
Computer-Aided Quality Assurance (CAQ) of Al-MIG-Welding with ANALYSATOR HANNOVER·····	D.Rehfeldt, et al (39)
国产焊接技术装备在汽车制造业的作用·····	林 泳等 (51)
焊接新技术、新材料的发展推动了中国汽车工业的技术进步·····	黄金河 (62)
激光复合焊在大众和奥迪汽车上的应用·····	Graf T, et al (67)
汽车排气系统铸铁件焊接用优化特种焊接材料 NI-ROD [®] 44HT·····	Samuel D. Kiser, P.E, et al (73)
电弧焊的数字化发展·····	松田健一等 (81)
Current Applications & Trends in Intelligent Control of Joining Processes in the Automotive Industry·····	Jean-Paul Boillot, et al (88)
汽车液力变矩器焊接制造质量控制·····	姚 舜等 (101)
汽车薄钢板用 MAG 焊丝和焊接方法的开发动向·····	铃木励一等 (108)
中国汽车焊接装备发展展望·····	许瑞麟 (120)
焊接机器人系统在汽车底盘焊接中的应用·····	程世玉等 (123)
High Speed Welding of Aluminum Alloy Sheets Using Laser Assisted AC Pulsed MIG Process·····	Hongjun Tong, et al (133)
南汽车身焊接的概况及展望·····	倪进成 (143)
Introduction of Constant Heat Control, and Application to High Tensile Strength Steel·····	H. Hasegawa (147)

· 论坛大会论文 ·

轿车车身点焊装配偏差有限元分析·····	陈关龙等 (156)
弧焊机器人用焊接变位机到位精度的仿真·····	王 政等 (161)
基于 MATLAB 的 TIG 焊逆变电源的仿真·····	李春旭等 (164)
汽车焊装线的虚拟设计技术·····	熊晓萍等 (169)
用于转向器缸筒的弧焊机器人系统及其图形仿真技术·····	陈志翔等 (173)



基于神经模糊系统模型的轿车车身电阻点焊质量实时检测	张延松等 (177)
药芯焊丝 CO ₂ 气体保护焊电参数测试	王 宝等 (183)
AC PMIG 焊接铝合金的电弧形态及熔滴过渡特征	杭争翔等 (187)
全数字控制双脉冲焊的研究	刘 嘉等 (192)
铝合金 MIG 焊接区图像信息视觉检测系统研究	石 玟等 (199)
微型点焊镀镍钢板和镍板时电极失效机制的研究	董仕节 (203)
高速熔化极脉冲气体保护焊机研制	黄鹏飞等 (213)
激光焊接过程检测与控制关键技术研究	张旭东等 (219)
单片机控制多功能逆变焊机研究	李鹤岐等 (227)
镁合金焊接技术探索	刘黎明等 (232)
铝合金 YAG 激光与脉冲 MIG 电弧复合焊接研究	樊 丁等 (237)
汽车制造中铝合金的钎焊	龙伟民等 (241)
高分子材料在汽车焊接装配中的应用	聂清武等 (245)
A-TIG 焊接法	张瑞华等 (250)
真空电子束在轿车铝驾驶舱横梁焊接中的应用	刘 利等 (254)
微量元素对汽车车窗用铝钎料的影响	于新泉等 (257)
胶接强度的超声波定征	郑祥明等 (260)
改善 GMAW 引弧过程降低短焊缝焊接飞溅	耿 正等 (264)
汽车车身点焊的超声波无损检测技术	焦标强等 (271)
正撞条件下货车车门的应力分布和变形特征	常保华等 (276)
我国激光焊接技术在汽车工业中的应用简况	苏宝蓉 (281)
摩擦焊在汽车制造业中的应用	周 君等 (284)
小波分析及其在焊接中的应用	林 涛等 (291)
铝合金激光剪裁拼焊板技术	余淑荣等 (299)
螺柱焊在车身制造中的应用及其质量控制	杜伟国 (304)
6061 铝合金气孔敏感性研究	薛小怀等 (310)
高级轿车铝制冷却器真空钎焊性能研究	冯 涛等 (315)
几种漏焊检测方法的比较	林 涛等 (321)
封闭焊缝多焊炬 GMAW 焊机柔性适应	张 勇等 (327)
微合金高强度镀锌钢板的点焊研究	殷美庆等 (331)
挖掘机车架总成焊接变形的计算机优化	魏良武等 (337)



汽车制造中的焊接科学与技术

中国机械工程学会工作总部

摘要: 本文分析了焊接加工在汽车制造中的特点, 阐述了汽车制造中焊接科学技术的现状及其发展趋势, 指出了包括焊接科学技术在内的基础制造技术的进步对我国汽车工业自主发展的重要意义。

关键词: 汽车工业 焊接科学与技术

Abstract: This paper presents the characteristics of the welding processes in automotive manufacturing, describes the current situations and future's development of the welding science and technology in automotive industry. It has shown a great significance for the development of the Chinese automotive industry to enhance the essential manufacturing technologies including welding science and technology.

Key words: Automotive industry, Welding science and technology

0 前言

中国的汽车工业诞生于1953年。毛泽东主席写下“第一汽车制造厂奠基纪念”的题词至今已走过了50年的历程。历经了几代人的艰苦奋斗, 中国汽车工业从无到有、从小到大, 从货车时代到轿车时代, 从“公车”到“私车”, 其创建、成长的每一步都记载着中国的巨变, 成为中国制造业发展与开拓的见证。如今, 汽车工业已成为我国的支柱产业之一, 在国民经济发展中占有重要的地位。

汽车工业是用高新技术牵动国民经济整体水平的典型产业。基础工业的水平与汽车制造技术具有密切的联系。汽车重量的65%以上是采用钢材、铝合金、铸铁等材料并通过铸造、锻压、焊接等加工方法完成的。其中, 焊接加工是汽车车体与零部件制造链中的一个关键环节, 与冲压、涂装和成车装配等构成了汽车制造的四大主要生产部门。同时, 汽车产品的车型众多、成形结构复杂、零部件生产专业化、标准化以及汽车制造在质量、效率、成本等方面的综合要求, 都决定了汽车制造中的焊接加工是一个多学科、跨领域、技术集成性强的生产过程。因此, 汽车制造业的需求对焊接科学技术的巨大牵动以及焊接科学技术对汽车这一支柱产业的重要支撑作用构成了基础制造技术与相关产业之间依存与互动的发展史和不断进步的动力。

1 汽车制造中的焊接技术的特点

焊接是汽车制造链中的一项重要的加工环节。汽车的发动机、变速箱、车桥、车架、



车身、车厢等六大总成都离不开焊接技术的应用。各种焊接方法“覆盖”了从白车身、车架、底盘到悬挂系统、制动系统、转向器、离合器、变速器直至车轮轮圈等部件的成形加工。各类已有的焊接单元技术和工艺方法,如电阻焊、气体保护焊、螺柱焊、钎焊、摩擦焊、高能束焊等都得到应用^[1]。例如,在一辆 Passat 车身上有电阻焊焊点 5892 个;螺栓焊 206 个;MIG 焊焊缝累计 2397 mm 等。图 1 是汽车主要部件焊接加工方法应用的一个简要的描述。

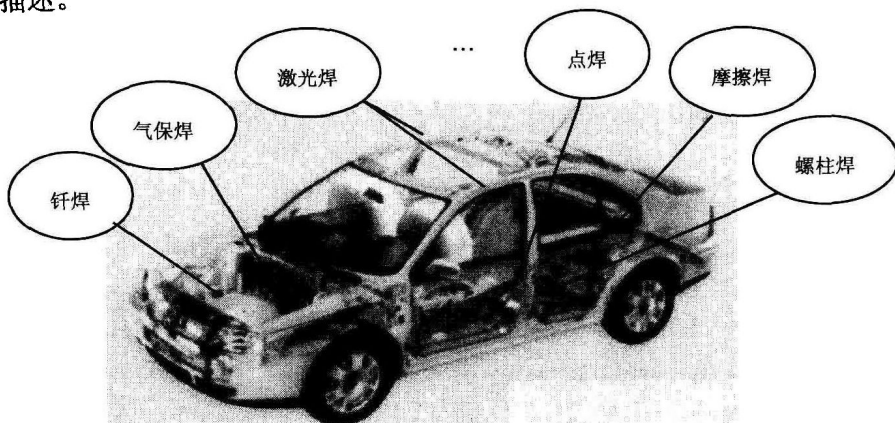


图 1 汽车主要部件焊接加工的示意图

在以“钢结构”为主的汽车车身及主要支撑部件的焊接加工中,形成了汽车制造与焊接技术特有的结合点:

1) 对焊接产品有高的尺寸要求。为了保证产品的装配精度和尺寸稳定性,要求尽可能减少薄板冲压组合部件在焊后的热应力与变形。

2) 对焊缝接头有高的性能要求。不仅要满足静态和动态的力学性能指标,而且有苛刻的低周疲劳性能要求。

3) 对批量化焊接生产有高品质的要求。以机器人为核心的自动化焊接生产方式代替手工焊接操作方式,以确保焊接产品的一致性。

4) 对焊接生产过程高节拍、高效率的要求。提出了高效化焊接方法与工艺的应用,同时也进一步提高了焊接接头的质量。

5) 对“零缺陷”、“零次品”的质量控制与保证,提出了自动化焊接过程的监测与信息化管理的要求。促进了以计算机、信息技术为平台的焊接制造过程质量控制系统的应

6) 对汽车的车身及零部件在结构与功能上的要求,使汽车用新材料及其相应的焊接新方法、新工艺与新的焊接材料成为当前汽车业与制造业多学科交叉与攻关的热点。

我国的汽车产业通过合资或引进国外先进的产品技术和制造技术,大大缩短了汽车国产化率的周期,也大大加快了先进的焊接技术在汽车制造中的应用。尤其是近 10 年以来,汽车工业在焊接新技术的应用与推广方面起了积极的示范作用。具有以高新技术提高竞争力、促进传统生产方式改造与更新的明显特征。

2 汽车制造中的先进焊接技术

针对汽车产品“更轻、更安全、性能更好且成本更低”的发展目标,当前的汽车焊接



技术正从传统的材料连接概念与方法的基础上迅速地延伸和拓展,并向先进的“精量化焊接制造”的方向前进。

2.1 汽车制造中焊接机器人技术的应用

汽车制造的批量化、高效率和对产品质量一致性的要求,使机器人生产方式在汽车焊接中获得了大量应用。据 2001 年的统计,全国共有各类焊接机器人 1040 台,而汽车制造和汽车零部件生产企业中的焊接机器人占全部焊接机器人的 76%,成为工业机器人的最主要用户(如图 2 所示)^[2]。早在 70 年代末,上海电焊机厂与上海电动工具研究所合作研制出 4 轴直角坐标焊接机械手,成功地应用于上海牌轿车底盘的焊接。在我国汽车制造企业中,最早引进焊接机器人的是长春“一汽”,自 1984 年起从 KUKA 公司先后引进了三台点焊机器人,曾用于当时“红旗牌”轿车的车身焊接和“解放牌”车身顶盖的焊接。20 世纪 90 年代以后,焊接机器人的数量增加很快,如一汽的“捷达”车身焊装车间,13 条生产线的自动化率达 80% 以上,在焊接中应用了 R30 型极坐标机器人和 G60 型关节式机器人共 61 台;上海“汇众”自 1993 年至今已使用的焊接机器人共 143 台,其中弧焊机器人 120 余台,以机器人焊接为主的生产线有 11 条,机器人焊接工作站 73 个。机器人 MIG/MAG 焊接工作量占 75% 以上,为上海大众、上海通用汽车公司提供后桥、副车架、摇臂、悬架、减振器等轿车底盘零件。

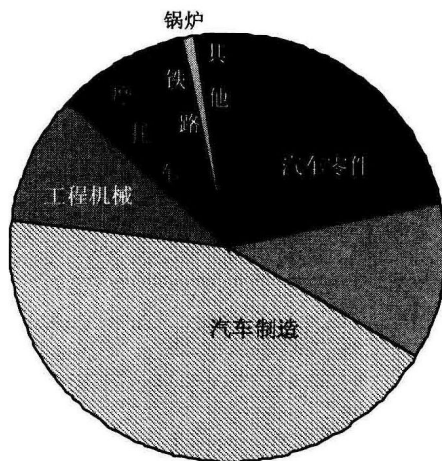


图 2 全国焊接机器人的行业分布 (2001 年底)

与目前国际上的工业化国家相比,如机器人应用较普遍的日本,在 1988~1997 年的 10 年间,汽车制造中的焊接机器人已达 50,022 台。其中弧焊和点焊机器人的数量分别为 28,235 台和 21,787 台^[3]。在美国、德国等汽车行业,机器人焊接及自动化率均已超过了钢结构行业、建筑行业 and 造船行业等其他行业。以此亦反映出汽车焊接生产所具有的柔性化、集成化的制造特征。

2.2 汽车制造中激光等高能束加工技术的应用

汽车工业是激光加工技术应用最多的领域之一。激光焊接具有热影响区小,变形小、成形好、生产率高等诸多优点。在汽车制造中激光技术最早是应用于 Audi 100 的底板焊接,对板厚为 0.9mm,长为 1950mm 的焊缝仅用 20s 时间完成^[4]。如今已作为一项成熟的工艺广泛地应用于白车身、车顶、车门等的焊接加工。其中,较为典型的应用是激光“裁焊拼板”(Tailor-welded blanks)工艺,即在单一部件上实现板材厚度的优化和板材性能的组合。不仅



提高了材料的利用率,减少模具的数量,同时满足车身的轻量化、设计的灵活性和安全性等多个方面的需求。图3是对车门坯料的激光“裁焊拼板”的一个实例^[5]。



图3 车门坯料(5合1)的激光“裁焊拼板”^[5]

以激光为代表的高能束以其综合的技术优势对传统的白车身电阻点焊提出了挑战。移动式激光焊接工作站(RLW - Remote Laser Welding)已能够在一个相当大的空间进行焊接操作,聚焦距离可达1m以上,每秒可焊5个焊点,移动的速度可达每秒2m^[4, 6]。美国的三大汽车公司已将50%的车身部件点焊生产用激光焊接代替,使制造成本与传统的点焊工艺相比降低了约30%。全铝结构的Audi A2车身部件由50种型材、20种铸件和168块板件构成,在该车体的制造中,由激光完成的焊缝达30m, MIG焊缝20m,并采用1700个自穿孔铆钉,成功地替代了传统的电阻点焊工艺,显著地提高了车身成形的质量^[7]。表1给出了激光点焊(LSW)、等离子点焊(PSW)与传统的电阻点焊(RSW)在工艺性方面的比较^[8,9]。另外,激光钎焊工艺以最小的热输入量用于对镀锌板的焊接,达到最少的表面镀层烧损。该工艺已应用于Audi车的外壳层、后防护板,大众Bora和Golf车的行李箱盖等^[4]。

表1 三种点焊方法的工艺性比较

RSW	LSW	PSW
— 焊点质量不稳定 — 电极、参数、工件表面状态影响大 — 点焊专机柔性较差 — 点焊机器人负重重大	— 更高的焊接速度和精度 — 低的焊接应力和变形;更高的抗拉和疲劳强度 — 单面焊接有利于设计空间 — 柔性化焊接	— 不打预孔可焊厚度达8mm — 单面焊接方式 — 更高的抗拉和疲劳强度 — 柔性化焊接

汽车制造工业也是高能束加工之一的电子束焊接的最大用户。我国自1986年以来,用于汽车变速齿轮的电子束焊接设备已有近30台^[10]。目前局部真空和非真空电子束技术的发展,提高了生产过程的适应性和灵活性,并开始应用于汽车铝合金结构件的焊接^[11]。

2.3 汽车制造中高效弧焊技术的应用

脉冲GMAW(P-GMAW)、双丝MIG/MAG焊(Twin-Wire, Tandem-Wire)等代表了当前在汽车制造中应用的高效、高速焊接新工艺。这两种焊接方法与机器人相配合,能充分体现高效化焊接的特点,实现了机器人系统在空间可达性和焊接速度之间的协同和完美组合。

P-GMAW电弧过程具有好的稳定性,能有效地保证焊缝质量的一致性,改善了由于短路过渡焊接过程较低的热输入而造成的熔深不足。P-GMAW的射流过渡方式适用于薄板材料的高速焊接、钢或铝合金的车身框架结构的全位置焊接。在Audi A8全铝合金车身框架结构的管状型材和接合点的焊接中,均大量地采用了P-GMAW的工艺^[9]。



双丝 MIG/MAG 焊有两种基本形式：一种是双丝焊接工艺 (Twin-Wire)，两个焊丝都是采用同样的焊接参数；另一种是 Tandem-Wire，采用两个独立的喷嘴和两个独立的电源，每个电弧有自己独立的焊接参数。图 4 显示的是机器人的铝合金脉冲 MIG 焊接及 Tandem 的焊接。前者的焊速为 60~80cm/min；后者的焊速为 180~210cm/min，用于宝马 5 系列及奔驰 (S 级和 E 级) 车型的铝合金后轴^[12]。

2.4 汽车制造中焊接新材料的应用

从我国 8 个行业的用钢量的统计结果及调查预测表明，我国的汽车行业用钢已居建筑、机械制造两大行业之后的第三位。其用钢量超过了造船、铁路、石油与天然气三个行业的总和。表 2 和图 4 分别给出了汽车及相关行业的用钢和焊丝用量的情况。从这些数据表明，从当前到今后的近十年中，是我国汽车制造业的大发展时期，对于汽车用钢的焊接加工亦预示了相当大的发展空间。同时，图 5 的数据进一步表明，自动化焊接工艺在汽车焊接中始终具有主导地位。

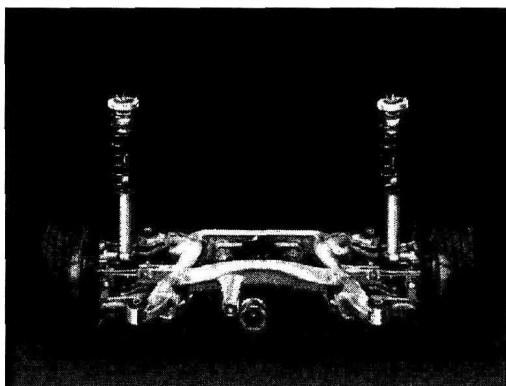


图 4 铝合金后轴的焊接^[12]

表 2 汽车及相关行业的用钢量及预测 (万 t)

行业 年度	汽车	造船	铁道	石油和天然气 (其中管线钢)
2002 年	910	223	300	290 (130)
2005 年	1200	380	320	480 (360)
2010 年	1800	510	380	490 (360)

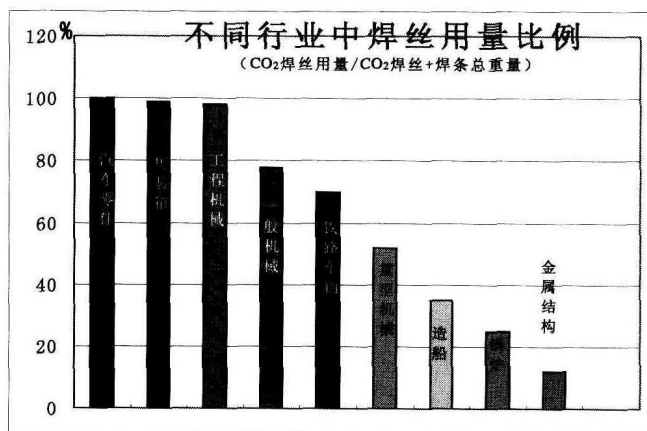


图 5 汽车及相关行业的焊丝用量比例^[12]

近年来，汽车产品在轻量化、安全性以及防腐耐蚀方面的需求，促进了高强钢板、镀层钢板等新型材料的研制，亦对焊材品种及其相关工艺不断提出了新的课题。例如，为满



足机器人焊接高效率的需求,从提高送丝性能和引弧成功率、减少飞溅、改善电弧稳定性等方面考虑,开展了不镀铜型 MAG 焊实芯焊丝的研制;新开发的脉冲 MAG 焊接用的实芯焊丝,通过改变成分,降低熔滴的粘度和表面张力,焊丝经过表面处理,促进了电弧喷射过渡,与普通的焊丝相比较,焊接速度达到 1.5 倍左右;针对焊接管板、轻型钢架等镀锌钢材的专用药芯焊丝,能明显减少镀锌钢材焊接时的飞溅量和气孔数量,获得优良的焊接性能(见图 6)。另外,低尘低飞溅型药芯焊丝、极薄板的 MAG 焊焊丝等都在迅速地发展中^[13,14]。同时,根据汽车焊接加工的特点和汽车用钢的焊接材料专业性,正逐步形成从焊接对象、焊接材料、焊接方法三者匹配的总体工艺思路^[13]。

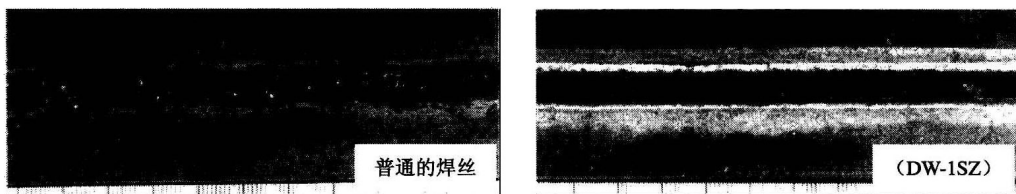


图 6 镀锌钢板用药芯焊丝焊缝成形的对比^[13]

3 新一代汽车制造中的焊接科学与技术的进展

新一代汽车正迅速地向节能、环保、更高的安全性和舒适性的目标发展。由此对汽车的设计、材料的选择及其焊接加工等关键技术提出了全新的概念和对新技术的紧迫需求。以轻量化为目标,表现为轻金属材料、复合材料等对汽车钢制部件的替代;以液压成形的管状型材车体框架对传统的无梁式钢板结构的替代(见图 7)^[15]。新技术的开发应用并对传统技术的提升和替代,已成为近年来国际汽车行业技术进展的显著特点。

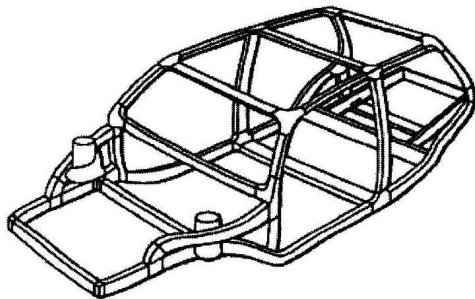


图 7 液压成形的管状型材车体框架示意图^[15]

3.1 汽车制造中焊接新技术的进展

如前所述,以激光焊接为代表的精量化焊接生产方式用一种新的技术理念促进和加快了汽车焊接制造的进步和创新。此外一些新的连接方法也率先在汽车制造中获得应用。如变极性 MIG/MAG 焊接方法、激光—电弧复合焊接方法、磁脉冲焊接方法、胶接和机械连接方法等都已开始成功地应用在各类新车车型的制造中。表 3 列举了当前先进的焊接(连接)技术的特点及应用^[16,17]。

在 BMW 7 系列车型的车身凸缘的连接加工中,采用胶接技术的已达到 150m,占凸缘总长的 80%,而消耗粘结剂仅 1.5kg;在 Daimler Chrysler 公司最新生产的 Mercedes Benz CL 车身结构中,大量采用了纤维增强型热固塑料、薄壁铝合金压铸件结构,采用胶接方法对该异种材料的连接接头有 71m。此外,为了满足复合材料和异种材料车体的连接,大量发展了各种机械连接或机械连接与粘结复合的连接方式,如咬接、实心或空心铆接、折叠连接、自穿孔铆接等,具有不受材料类型的限制、避免加热引起的材料性能变化和变形等独特的优势^[4]。