



**LW 2013**

**第五届铝型材技术(国际)论坛**

**文集-附集**

**Proceedings**

**of The Fifth International Aluminum Profile Technology Seminar**

**LW**

**LW 铝业加工技术中心**

**LW Aluminum Processing Technology Center**

**2013年9月10-12日 中国·广州**

**September 10-12, 2013 Guangzhou CHINA**

# 编后语

Lw2013 筹备与征文开始于2012年7月1日,计划截稿2013年6月30日。一年来,企业、研究院、大学等,来稿踊跃,共359篇(含投稿报了题目摘要,最终未到稿)。来稿多,编辑人水平所限,文稿按原定日期截止不住,不少稿件交到甚晚、太晚。来稿作者积极性可敬难却,给校对、排版及交印工作增加了工作的量和难,感激作者对我们的信任,热情投稿支持,编辑组做最大努力,让每一篇完整来稿,尽可能与到会人见面。

《文集》编辑会有错漏,凡文中错处,敬请读者具体指正,属于编辑的错漏,容后改正;若有原作的错漏,我们联系作者后再处理回应。

Lw 2013 筹备组暨《文集》编辑部

## Editor's Notes

The preparation for Lw2013 and the call for papers started on July 1, 2012. The deadline was set on June 30, 2013. During this one-year period, we received 359 titles and abstracts submitted by the authors from the industry, research institutions and academia. Additional submissions flew in after the deadline, which made the reviewing and editing work more demanding than initially anticipated. In the end, we managed to put each of complete full-length papers into the Lw2013 conference proceedings. We would like to thank you the contributors to the Lw2013 proceedings for your trust, your enthusiasm and all your hard work.

We would appreciate it if you would let us know any errors in the proceedings. We apologize for any editorial errors and author errors. For the latter, we will contact the author(s) concerned and forward the reply to you.

Organizer of Lw2013 and Editors of the Lw2013 Conference Proceedings

\* 铝 \* AL \* Lw \* 铝 \* AL \* Lw \* 铝 \* AL \* Lw \* 铝 \* AL \* 铝 \* AL \* Lw \* 铝 \* AL \* \* 铝 \* AL \* Lw \* 铝 \* AL \* Lw \* 铝 \* AL \* 铝

## LW 2013

### 第五届铝型材技术(国际)论坛暨展示

### The 5th International Aluminum Profile Technology Seminar & Exposition

## 文集 - 附集

### Conference Proceedings

编辑 (Editing): 王自焘/WANG Zi-tao  
刘景茹/LIU Jing-ru

邮编: 510510

地址: 广州市广州大道北牛利岗北街168号5-304

电话: 020-87700895

传真: 020-87242261

邮箱: wangzitao@vip.163.com

网址: www.lw-aluminum.com

Postcode.: 510510

Add: 5-304, No.168, Niuligangbeijie, Guangzhoudadaobei, Guangzhou, CHINA

Tel: +86-20-87700895

Fax: +86-20-87242261

E-mail: wangzitao@vip.163.com

http://www.lw-aluminum.com

\* 铝 \* AL \* Lw \* 铝 \* AL \* Lw \* 铝 \* AL \* Lw \* 铝 \* AL \* 铝 \* AL \* Lw \* 铝 \* AL \* \* 铝 \* AL \* Lw \* 铝 \* AL \* Lw \* 铝 \* AL \* 铝

# 目 录

疏堵结合 破解中国电解铝产能过剩难题 .....	赵武壮 (1)
中国铝加工产业现状及发展 .....	马世光 (3)
现代铝合金挤压工业的发展概况与特点及市场分析 .....	刘静安 (7)
中国汽车后市场现状及铝应用趋势 .....	乔永峰 (18)
企业发展原动力——乔布斯加减乘除创新法 .....	朱献文 (21)
汽车轻量化与材料的选择和应用 .....	陈一龙 (24)
中国汽车零部件行业轻量化发展趋势 .....	田亚梅 (29)
中国铝车轮行业 2012 年回顾及 2013 年展望 .....	王孝东 (35)
环保型易切削铝合金的研制 .....	曾奇才 等 (40)
Al-Zn-Mg 合金铸锭均匀化过程中的析出特性 .....	聂波 等 (44)
7005 合金双极时效工艺的研究 .....	黄志其 等 (54)
固溶处理对 7005 合金组织与性能的影响 .....	陈慧 等 (58)
Abaqus 软件在铝合金淬火敏感性研究中的应用 .....	黄志其 等 (63)
浅析铝合金圆铸锭铸造表面缺陷的解决措施 .....	戴伟章 等 (69)
热顶铸造结晶器设计对铸锭质量的影响 .....	袁柱桐 等 (72)
热顶铸造生产 2024、7075 大规格圆铸锭 $\Phi 370\text{mm}$ 、 $\Phi 446.5\text{mm}$ 试制实验 .....	袁柱桐 等 (75)
速熔硅在变型铝合金中的应用 .....	王晓东 (78)
关于铝合金的反向挤压 .....	邓小民 (80)
Effmag 永磁加热器 .....	王益农 (85)
基于焊接区网格重构技术的空心铝型材挤压温度场分析 .....	侯文荣 等 (89)
铝合金角型材拉弯缺陷仿真 .....	徐虹 等 (96)
液氮冷却消除挤压模具过热技术 .....	M. Bertolotti 等 (100)
4Cr5MoV1Si 模具钢离子渗氮层组织的影响因素 .....	彭少君 等 (105)
6063 铝合金快速挤压工艺的应用 .....	阳俊杰 等 (107)
铝及铝合金阳极氧化膜封闭技术 .....	李新义 等 (110)
铝及铝合金无烟镜面化学抛光工艺应用 .....	孙准 等 (115)
粉末雾化及输送特性对喷涂的影响 .....	瓦格纳尔公司 (117)
节能铝型材的设计与应用 .....	姜晓伟 (119)
中国铝板带箔加工企业现状及未来——综合实力评述 .....	孔祥鹏 (125)

# 疏堵结合 破解中国电解铝产能过剩难题

赵武壮

(中国有色金属工业协会)

## 1 当前中国铝工业运行情况

2013年上半年,中国铝工业运行发展稳中有进,喜忧参半。总体看,行业的主要生产指标均保持上升态势,但产能过剩引发的一系列问题也日益突出。

1~6月,中国铝工业生产基本正常,电解铝产量达到1058万吨,同比增长7.9%;氧化铝产量2138万吨,同比增长10%;铝材产量1822万吨,同比增长24.6%。

1~6月,中国铝工业完成固定资产投资1116亿元,其突出特点是,铝加工项目投资大幅增长,达到703亿元,同比增长88.1%。其中80%是民营企业投资,大部分投在高档次的深加工项目。这些项目效益都比较好,如鼎胜集团在河南投资的铝板带加工企业,订单多得加班加点都完不成。从投资情况看,铝冶炼项目投资增长趋缓,仅为365亿元,同比下降8.%,呈逐年下降趋势,行业产业结构调整有一定成效。

1~6月,中国铝产品进口呈下降趋势,进口未锻轧铝及铝材39万吨,同比下降37%;废铝实物量113万吨,同比下降7.9%;氧化铝165万吨,同比下降33.2%。

1~5月,规模以上铝工业企业实现利润126.4亿元,比去年同期增长25.9%,占规模以上有色金属企业实现利润的26.1%。其中,铝采矿企业实现利润9.3亿元,比去年同期增长11.4%;铝冶炼企业(包括氧化铝、再生铝企业)实现利润-3.5亿元,比去年同期减亏77.5%;铝加工企业实现利润120.6亿元,比去年同期增长12.0%。

## 2 中国电解铝产能确实存在阶段性过剩问题

中国电解铝产能存在过剩,但属于阶段性。

2012年,中国电解铝产量2027万吨,产能超过2600万吨,产能利用率基本维持在80%左右。2008-2012年间,中国电解铝产量年均增长13.7%,产能年均增长9.5%,产量增幅高于产能增幅4.2个百分点。这表明,近几年产能利用率在逐年提高。

由于中国正处在工业化、城镇化、信息化和农业现代化的进程中,所以对铝的需求仍有上升空间。2008年以来,中国铝的表现消费量年均增长12%,2012年达到2066万吨,超过当年国内产量,成为电解铝的净进口国。目前从国民人均铝消费看,我国只有17千克,若扣除出口的铝门窗等铝制品及空调等家用电器用铝后,人均最终铝消费为13千克,而美国达到23千克,日本为25千克,德国达到30千克。虽然从经济结构、科技发展等方面看,中国人均铝消费不一定能够达到美国等发达国家的水平,但目前尚未达到需求的弧顶区却是毋庸置疑的。从铝需求看,中国仍有上升空间。

中国的能源和资源富集在西部,而目前电解铝的生产和加工还主要集中在东、中部地区。为了获得廉价的能源支撑,前一阶段,中国出现了电解铝产能向西部地区转移的趋势。2012年,仅新疆就新增电解铝产能80万吨。未来几年,西部地区的电解铝产能还将进一步增长。但是,在电解铝产能向西部地区转移的过程中,由于引导政策不配套,东、中部地区高成本产能的退出与西部新增低成本产能的增加难以同步,造成了电解铝产能的阶段性过剩。

## 3 疏堵结合,是破解中国电解铝产能过剩难题的根本举措

在中国,化解电解铝产能过剩,不是简单地淘汰落后问题,因为现在的产能几乎全是先进的、高



端的。只有通过实行科学布局、政策配套、“疏堵”结合的方针，引导产业合理转移，不断提升竞争力，拓展应用，扩大内需，才能从根本上解决问题。

具体政策措施如下。

一是坚持对电解铝产能的总量控制，合理规划，加强引导。包括按照《有色金属“十二五”发展规划》确定的目标，严格控制总量；根据西部地区能源、资源、交通条件确定并控制合理发展规模；研究制定西部产能增加与东、中部产能退出有机结合的机制。中国电解铝现有产能2600万吨；在建800~900万吨，其中西部地区500万吨以上；应淘汰的400~500万吨，按照85%的产能利用率，产量应为2500万吨，基本上和“十二五”规划提出的2400万吨相吻合。问题在于有的地方还在拼命大干快上，需要出重拳治理。

二是建议国家建立专项基金给予东、中部产能退出支持和补偿。参照淘汰落后产能政策，对东、中部退出市场的企业在职工安置、企业转产、债务化解等方面给予政策支持。对没有资源能源优势（没有自备电厂）的电解铝企业，引导他们逐步退出，同时做好社保接续、转岗培训和就业服务，保护员工利益。大约涉及产能400万吨，仅河南就有100万吨。对于一些人多、规模小、设备老化、成

本高的电解铝企业，如中电投的通顺铝厂、五矿的山西关铝等，企业本来就有退出意向，他们在观望，希望总体方案出台之后对他们退出有好处，涉及产能约50万吨；涉及直接就业人员约5万人，只要工作做细，安置问题是可以解决的。

三是实行差别电价，具体落实行业准入政策。对符合行业准入的电解铝项目实施合理电价；对不符合条件的企业实行惩罚性电价，加大淘汰落后产能力度，做到有保有压，疏堵并举。目前中国有色金属工业下会正在积极配合工信部开展铝行业准入条件修订工作。提高了能耗、排放、技术要求等门槛，为对电解铝企业实行差别化政策打下了基础。据测算，出台差别化产业政策，对160千安以下的电解铝企业实行惩罚性电价，涉及产能约45万吨。

四是加强政策引导，扩大铝应用。扩大应用是解决产能过剩的根本途径。首先是交通车辆轻量化“以铝代钢”。目前国家发改委正在酝酿利用“节能惠民工程”专项扶持全铝挂车推广应用的政策。除此之外，还要用我国已经形成较强产业基础的铝产品，代替保障不足的铜、木材，在电缆行业推广“以铝节铜”，在家具行业、建筑模板领域推广“以铝节木”，应把这些项目列入国家技术创新专项。

# 中国铝加工产业现状及发展

马世光

(中国有色金属加工工业协会)

## 1 简单解读 2012 年统计快报

由于每年 1~2 月份由有色金属工业统计部门提供的上一年度产业运行的快报数据,与通常在每年第三季度公布的、与国家统计局接轨的上一年度产业运行的正式数据相比,有一定的误差,所以对统计快报的解读,只适合做发展趋势分析,指导新年度运行;而不适合做过多的定量分析和数理统计计算。

### 1.1 关于产能和产量

按中国有色金属工业统计快报,2012 年全国铝加工材产量为 3039.55 万吨,同比增长 14.6%,增幅比上一个年度回落了 5.98 个百分点,比十一时期的 2006-2010 年铝加工材产量年平均增幅下降了 11 个百分点。十几年来一直高速扩张的铝加工材产能产量,终于在中央转变经济发展方式的大环境下,速度放缓下来。这是完全符合国家对产业转型升级的总体要求的。

根据 2011 年国家统计局认可的统计数字,铝加工材产量是 2352 万吨,考虑到快报数据的误差,本人认为 2012 年铝加工材实际产量应为 2800 万吨左右。估算铝加工材按品种划分的产量应为:铝平轧材 1060 万吨,约占铝材总量的 38%;铝挤压材 1700 万吨,约占铝材总量的 61%,其中建筑铝型材 1200 万吨,约占铝挤压材产量的 70%。

另外,2012 年有色金属统计快报显示,氧化铝产量为 3769.63 万吨,同比增长 10.62%,增幅比上一个年度回落了 7.07 个百分点;电解铝产量为 2026.75 万吨,同比增长 12.21%。

2013 年 1~6 月份,铝加工材产量的快报统计数为 1821.79 万吨,同比增长达 24.58%,说明铝材的市场依然很好,据此估计,2013 年全年产量会在 3000 万吨以上。

### 1.2 关于固定资产投资

很遗憾的是过旺投资还没有得到有效抑制。2012 年有色金属加工产业固定资产投资完成额为 2346.68 亿元,同比增长 44.63%,占有色金属工业投资的比例为 42.55% (据权威报告,其中铝加工产业实际完成的投资为 936 亿元。按目前铝加工新建项目平均投资成本计算,2012 年一年新增产能达到 460 万吨左右)。这并不是一个好看的、令人兴奋的数字,说明现有政策措施对抑制过热投资的效率是不够的。这当中当然也有十一五期间规划建设的项目,大量处于建设阶段的因素。

2013 年 1~5 月份有色金属加工产业固定资产投资完成额为 1414.76 亿元,同比增长达 44.55%,占有色金属工业投资的比例为 49.70%,比 2012 年全年快报数均有增加趋势。在这样的情况下,我们希望除在建项目外,新的投资一定要重审方案、谨慎进入。

### 1.3 关于进出口贸易

2012 年有色金属进出口贸易总额 1664.31 亿美元,同比增长 3.76%,增幅比上一年度回落 24.31 个百分点;其中进口 1149.11 亿美元,同比下降 2%;出口 515.2 亿美元,同比增长 20%。

铝材进出口方面,2012 年进口铝材 53.11 万吨,同比下降 8%,进口废杂铝实物量 295.93 万吨,同比下降 3.67%,出口铝材 282.9 万吨,同比下降 5.6%;净出口铝材 229.8 万吨,同比下降 5.02%。

通过 2012 年进出口的快报数据可做如下几个发展趋势判断:

(1) 受世界经济大环境影响,发达经济体对有色金属需求不足,我国有色金属出口形势恢复很慢,短期前景不被看好。扩大内需、拉动国内消费是未来期产业发展的主要牵动力。

(2) 我国有色金属加工产品在进出口结构上的矛盾仍然突出, 加上全球贸易保护主义加剧, 国际市场针对我国有色金属进出口贸易的摩擦事件增多, 整体出口形势不容乐观。

(3) 在铝材进出口贸易总体不活跃的形势下, 铝材进口量下降幅度相对较大, 这在部分程度上说明我国在铝加工方面技术进步的效果正在逐步显现, 对发达国家高精产品的依赖程度有所下降(虽然没有铜材明显。我国多年来一直是铜材的净进口国, 进口品种主要是特殊合金、高精铜板带和压延铜箔等, 但2012年铜材净进口量下降了37.6%)。

2013年1~6月份, 铝材进出口情况与2012年度相比, 变化不明显。

#### 1.4 关于经济运行

快报数据表明, 2012年全年有色金属加工企业利税总额1144.7亿元, 同比增长5.8%; 利润额754.4亿元, 同比增长1.0%, 占有色金属工业总利润的45.3%, 在整个有色金属工业中表现还是不错的。但拿其利税额、利润额与主营业务收入18881.8亿元相比, 比值都很低; 铝加工产业实现利润307.8亿元, 在产量同比增长14.6%的情况下, 利润只增长了4.0%。其销售利润率(307.8亿元/3040万吨产量的销售额)很低。说明低效运行仍然是2012年铝加工产业经济运行主旋律。

2013年1~5月份, 有色金属加工行业经济运行情况总体良好。从统计数据看, 4564家规模以上企业实现主营业务收入8485.5亿元, 同比增长18.3%, 占规模以上有色金属工业企业实现主营业务收入的47.1%; 实现利税400.1亿元, 同比增长12.5%, 占规模以上有色金属工业企业实现利税的46%; 实现利税262.3亿元, 同比增长12.4%, 占规模以上有色金属工业企业实现利润的53.9%。加工企业主营业务收入利润率为3.1%, 比去年同期回落0.1个百分点; 资产了利润率为5.9%, 比去年同期下降0.3个百分点。

铝加工产业效益低下的主要原因是加工成本的全面上升。原材料、能源、劳动力及环境成本全面上升使绝大多数铝加工企业在盈利和亏损的边缘上徘徊, 企业亏损面不断扩大。企业的微利运行, 严重影响了其可持续发展。所以在当前, 转变经济发展方式、研发新产品、提升产品档次和附加值、提高经济运行质量已经势在必行, 必

须引起企业的高度重视。

## 2 铝加工产业当前主要任务

近些年来, 铝加工产业技术进步成绩很大, 取得多项技术突破。大型中空高强工业铝挤压材和部分高精铝板带等产品均达到很高水平。随着巨大资本投入和推动技术进步, 我国铝加工的产业结构调整, 包括技术结构、产品结构、产地分步、企业规模等调整均已初见成效。已经陆续出现了一大批在国际市场上有竞争力的大型企业或企业集团。但是与发达国家相比, 产业总体水平的差距还是比较大的。长期以来, 以销售中低档产品为主而高精产品而必须进口的格局在短期内难以改变。中国从世界铝加工大国转变为强国的路途将十分艰辛。当前铝加工产业健康和稳定发展的主要途径是:

### 2.1 充分利用政策环境, 加大科技投入, 坚决推动产业升级

主要措施包括:

- 加大企业科技投入, 大幅提高科技投入占销售额的比例。

- 组建产、学、研、管、用联合的产业技术创新战略联盟, 积极应对政府的科技投入。充分利用政府各部门为实施转变经济发展方式而下达的各类项目及所配置的资金。

- 大面积推广短流程、节能减排工艺, 提高加工过程中的各项经济技术指标, 扩大产品中高精产品所占比例。

- 研发新产品和新应用, 如交通工具轻量化用铝、家用箔等;

关于铝加工材的新应用, 通过各种信息渠道会了解到一部分。比如新能源中的太阳能、风能设备用结构材; 各类散热器; 建筑模板; 建筑脚手架; 城市过街天桥; 舞台及展会架构材料; 各种功能梯; 电脑和家用电器壳体; 通讯器材; 家具和复合家具; 各类办公用品; 体育器材; 娱乐器材; 高档伞骨; 家用铝箔等。

交通工具轻量化所涉及的小型载客车、货车拖挂车、高铁全铝车箱、各种特殊货物铁路运输车体、电动车和人力自行车部件、各类船舶(包括货船、游艇、快艇)、各类集装箱、飞机和高铁车厢用餐饮车等。

最重要的并不是调查和跟踪别人在做什么, 而

是企业要设立研发机构,培养研发人员,与各工业领域潜在用户共同开发和试用新产品。加工协会计划于三季度召开铝材新产品研发现场交流会。

## 2.2 实施疏堵结合,有效控制中低档产品产能

长期过旺的投资造成了有色金属加工产业越来越严重的、结构性的产能过剩。铝材的结构性过剩可能将于2015年前后,主要发生在板带品种上,这必须引起我们的高度关注。

我国已建成投产铝材热轧机150台套,按设备种类划分有:

单机架单卷曲	105 台套
单机架双卷曲	28 台套
1+1 粗轧+精轧	4 台套
1+2、1+3、1+4、1+5 热连轧	12 台套
连铸温连轧	1 台套

规划建设中的铝材热轧机和热连轧机列还有多台套。

目前我国热轧铝板带生产能力已经接近1000万吨,未来几年还有一批项目陆续建成投产。除个别品种外,热连轧板带大部分产品的生产能力必将在十二五末出现过剩。

铝加工材其它品种,如箔材、挤压材等也都程度不同的存在类似情况。其根本原因是:与高度的投资热情相比,市场需求的发展是稳定而理性的。加工业要不断培养自身对新市场的需求和客户对新应用的热情,同时严格控制自己不理性的投资。疏堵结合同等重要。

“疏”主要是指加快推动科技进步,开发新产品,做大市场蛋糕,疏导过剩产能。

“堵”主要是指各级政府、行业协会以及企业共同努力,最大限度的防止铝材中中低档产能的继续扩张。主要措施包括:

- 中央政府尽快修改制定行业准入条件,加速淘汰落后产能。

- 地方政府要认真规划和协助企业规划铜铝加工产业发展,应根据地方实际,实事求是、量力而行,切忌将其做政绩工程。

- 行业协会积极参与和引导投资,科学评价企业,引导消费。

- 企业必须自律,不再规划建设产能已过剩的中低档产品,已竣工投产的项目不能以低报价争抢市场,损害全行业利益;

- 实施东部加工材产能向中西部的有效转移。希望东部企业将原来向中西部地区销售的产品,以一定的销售半径及未来量估算合理的产业规模,将技术、管理和市场捆包转移到中西部。

## 3 改革红利——当前经济形势及大部制改革能否惠及有色金属加工产业

去年四季度召开的党的十八大和今年一季度刚刚开过的两会,带给我们许多关注的热点以及思考和话题。本人认为最应该关注的是党中央和国务院新的领导集体,为中国经济健康发展和产业全面提升,制定了怎样的宏观政策和营造了怎样的发展环境?而企业只有经常分析探讨政府的改革可能给我们带来的红利,充分利用各项政策和适应新的发展环境,才能使自己始终处于主动,逐步走上稳定、健康发展的道路。当前对有色金属加工产业而言,我们能看到的改革红利有:

(1) 改革开放以来,有色金属加工产业发展的特点就是产能、产量高速扩张,技术进步步伐缓慢,走过了非常典型的大而不强的发展历程。2011年以后,党中央、国务院提出了转变经济发展方式的方针,并且出台了一系列诸如推动战略性新兴产业建设等政策措施,给有色金属加工产业带来了可持续发展的新希望。十八大和两会后,新党中央和新政府宣布将继续坚持科学发展观、坚持转变经济发展方式,按这个方针所营造的国家经济发展大环境,将十分有利于有色金属加工产业升级和结构调整,加速从有色金属加工大国向强国的转变。

(2) 2012-2013秋冬季以来,北京以及中国东部诸多城市出现的驱之不散的雾霾,给城市居民带来了健康危害和交通混乱,引起全球围观。李克强总理已经代表新一届政府表示:“我们要下更大的决心,以更大的作为去进行治理”。虽然城市雾霾的成因十分复杂,但汽车太多及其燃油质量低下已经成为众矢之的。如果政府下决心彻底治理雾霾,给人民一个满意交代,推动包括货车、小客车在内的交通工具轻量化将是必然之举,这对铝加工工业的发展将十分有利。

(3) 作为中国经济增长新引擎,城镇化在两会以后会有更有效和有序的推动。中国50%的城镇化率远低于发达国家75%~80%的水平。根据由国家发改委牵头编制的《全国促进城镇化健康发展规



划》(2011-2020年),城镇化涉及20多个城市群、180多个地级以上城市和1万多个城镇的建设。城镇化必将带动交通、建筑、电力、通讯和家电等多行业发展,给铜、铝加工材带来更多市场机会。

(4) 重新组建的“国家能源局”,将原“电监会”并入,接受国家发改委管理,其重要职责是“拟定并组织实施能源发展战略、规划和政策”。这对新能源(核能、风能、太阳能等)建设和重大节能项目的开展将是利好消息。希望交通工具轻量化,包括载重货车的拖挂车率先铝化和“用电解铝液直接铸坯”等重大节能项目能在国家层面上得到重视,出台政策措施,促进铝加工产业的整体提升和快速发展。

(5) 对原铁道部实行政企分离,将拟定铁路发展规划和政策的行政职责划入“交通运输部”,组建“中国铁路总公司”。建设“企业自主经营、社会广泛参与的铁路发展新格局”,从此打破由于长期以来的垄断建设,导致建设速度明显低于国家经济发展速度等问题,促进铁路交通用铝结构材和铜接触线等产品的大量使用。

资料显示,我国铁路总长度12万公里,美国为23万公里,但我国有14亿人口,美国却只有3亿。我国人均铁路占有量只有一根香烟那么长,而美国是我们的10倍。车皮难搞,产品和原料运力不足以及长假期间一票难求,都与人均铁路占有量有很大关系。专家计算,假设德国不再建铁路,而中国按铁道部解体之前的建设速度建铁路,中国要赶上德国的人均铁路占有量,需要78年。所以,中央对原铁道部实现政企分离,对诸多与铁路建设相关的产业而言,意义都是十分重大的!

(6) 重新组建的“国家海洋局”由国土资源

部领导。除明确当前急需的统一海上执法问题外,同时强调了海洋资源的开发利用。这将有利于落实国务院办公厅2012年13号文件,推动海水淡化工程进展,解决北京及沿海省区城市供水、海岛供水和西部地区长期饮用含卤苦涩水等问题。用于海水淡化工程的白铜管的产业技术进步和降低制造成本等问题将提到重要议事日程。海水淡化设备中也有少量铝材消费。

(7) 削权放权,政府将从“全能型”走向“有限责任型”。减少和下放投资审批事项,减少和下放生产经营活动审批事项,减少资质资格许可和认定,减少专项转移支付和收费——这四个减少体现出政府和国家机关向市场放权和向社会放权的思路。这是简政放权的重要一步,这将有利于行业协会在行业发展运行中发挥更大作用,有利于企业及时与政府沟通,有效率的反映企业诉求、解决企业发展中的各种问题。

#### 4 结束语

由于金属铝具有比重小、应用广泛、矿物量丰富、价位较低、易回收等优异性能,铝被普遍认为是最重要的有色金属,铝材是除钢材以外最重要的金属材料。国外专家预测:铝加工材在全球的消费量还会有很高的发展指数。

中国铝材人均消费量还不足发达国家的1/3,随着国民经济健康、稳定发展,未来的中国铝材会比发达国家有更广阔的市场开发空间。所以从发展的角度,从事中国铝加工产业以及装备、备品备件、器材制造等与铝加工有关的各项事业,都将是前景灿烂的。希望铝业全体同仁为实现铝加工强国之梦共同努力!

# 现代铝合金挤压工业的发展概况与特点及市场分析

刘静安

## 1 现代铝合金挤压工业的发展概况与特点

### 1.1 世界挤压工业进入了一个新的发展时期

自1990年以来,全球铝工业进入了一个崭新的发展时期。随着科学技术的进步和经济的飞速发展,在全球经济一体化与大力提高投资回报率的经营思想推动下,一方面加大结构调整力度,另一方面开展了一场向科技研发大进军的热潮。产品的科技含量并拓展其应用范围;大幅度降低资源与能源消耗、改善环保;大幅度降低成本与提高经济效益;不断加强铝材部分替代钢材成为人民生活和经济部门基础材料的地位。2010年世界原铝的产量达5000万t/a以上,并以5%左右速度递增,估计到2020年铝的产量会翻一番,达到8000万t/a以上。2010年世界铝材的产量达4000万t/a,其中挤压材1800万t/a左右,并以6%左右的速度递增,估计到2020年铝材的产销量可能超过7000万t/a。可明显看出,调整产业结构,增加产量和品种,并加速扩大在急需以节能降耗、减轻环境污染、提高安全舒适度为目的而实施轻量化的交通运输工具及其他方面用量是现代世界铝及铝加工业发展的重要特征。

挤压是最重要的压力加工方法之一,在产量和用途上铝挤压材(管、棒、型、线材)一直是仅次于铝轧制材(板、带、条、箔材)的铝合金材料。在结构、装饰和功能方面,铝合金挤压材,特别是铝合金型材是一种“永不衰败”的材料。随着科学技术的进步和经济的发展及人民生活水平的提高,各种合金、品种、规格的高精度、复杂的实心 and 空心铝合金型材以及管材和棒材、线材在建筑工程、航空航天、交通运输、现代汽车、电子电器、石化能源、机械制造等部门已广泛应用。特别是在急需轻量化的现代交通及其它领域方面,铝合金大、中

型工业型材,在近年来获得了高速发展。据不完全统计,2010年全球铝材产量约4000万t/a,其中挤压材1800万t/a(约占44%)。挤压材中,型材1450万t/a(约占挤压材的80%以上),大、中型工业型材100万t/a左右。尽管如此,铝合金挤压材仍以年均5%左右的速率增长,工业型材(占整个铝合金型材的70%以上)以8%的速率增长,并组建了一大批大型的现代化综合性铝挤压材生产企业(集团),如萨帕铝业集团和海德鲁铝业(集团)公司均拥有上百台大、中、小型挤压机及完整的配套设备,年产能达50万t/a以上,主要生产现代化汽车用铝合金型材等挤压产品,销售到世界各地。

### 1.2 中国铝挤压工业向现代化方向发展,掀起第三次发展高潮

中国铝工业和铝加工业正处于高速持续发展的第三次高潮中。经过几十年的发展和积累,特别是经过第一次、第二次发展高潮的洗礼,中国铝及铝加工工业已完成了从无到有、由小到大、由低级到中级、高级的发展过程,已成为名副其实的铝业大国、铝加工大国,铝挤压大国,正在向着铝业强国、铝加工强国、铝挤压强国进军。

2010年全国原铝产量达1600万t/a,连续9年雄踞世界榜首。铝材产量由1980年不到30万t/a,增长到2010年的1680万t/a,超过美国,跃居全球第一,而且正以比世界年平均增长率(5%~6%)大得多(18%~22%)的速度增长。2010年,中国的铝挤压材产能达1000t/a,实际产量达950万t/a,大大超过美国并成为净出口国。我国铝挤压工业的发展特点如下。

(1) 建成了一大批大中型现代化挤压企业,产能产量大幅度增长

1980年至本世纪初期,建成了大批以生产建筑

铝材为主的挤压企业。从 2003 年开始,掀起了建设大中型挤压机和挤压企业结构调整浪潮,配置了一大批大中型挤压机和组建了一批世界级挤压企业,年产能和产量大幅度增加,见表 1。如我国目前最大的铝挤压企业—忠旺铝型材有限公司,拥有 90 台大、中、小型挤压机(其中最大的为 125MN 正向双动油压机,并正在筹建世界最大的 225MN 油压卧式挤压机),年产能力 40 万 t/a,2010 年产量达 30 万 t/a 左右。凤铝铝业有限公司是一家专业铝挤压企业,占地 2000 多亩,拥有大、中、小型挤压机 70 多台,年产能力 25 万 t/a 以上,2010

年年产量达 18 万 t/a 左右,其中工业材占 40% 以上,出口材占 45% 左右,该公司建有大型的技术研发中心,研发出了大批的新材料、新工艺和新技术,并在世界铝业协会注册了我国第一个自主开发的新型铝合金—无铅、易切削 6043 铝合金。通过了全国军工材料许可证认证,是一家有影响的大型综合性铝合金挤压企业。我国目前有各种铝挤压企业 790 家左右,其中产能大于 5 万 t/a 的有 40 家以上,产能大于 10 万 t/a 的有 25 家左右,产能大于 20 万 t/a 的有 5 家左右。大型的民营挤压企业正在崛起。

表 1 2003—2010 年铝挤压材年生产能力及产量统计表

年度 项目	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
年生产能力,万 t/a	290	350	439	670	750	850	950	1000
年产量,万 t/a	208	254.4	298.8	484	644	780	860	950
年净出口,万 t/a	9.66	17.37	30.71	58.6	87	~50	~80	~100

(2) 大型挤压机建设高潮迭起,反向挤压机引进剧增。到 2010 年底已投产的挤压机,吨位大于 50MN 的有 40 台左右,在建和拟建的 12 台以上,到 2015 年,中国建成的大挤压机将有 50 台以上,其中 225MN1 台,150MN2 台,125MN3 台,100MN6 台,80MN 级的 12 台。目前中国共有挤压机 4000 台以上,数量居世界第一,大型挤压机台数可与美国、俄国比美。到 2010 年底,中国已有 32 台反向挤压机,其中 12 台是从德国 SMS 公司引进的现代化水平很高的设备。因此,中国是拥有世界上数量最多、水平最高、吨位最大的反向挤压机的国家。同时,大批小型的落后的挤压机正在被淘汰或改造。

(3) 加大了产业和产品调整力度,加强了科技自主开发能力,拓展了应用领域,开发了大批新产品、新技术、新工艺。新合金、新状态,新品种的多种性能与用途的新型铝合金挤压材大量涌现。工业材:建筑材的比例由上世纪的 18:82 提高到了 2010 年的近 34:66,特别是在交通运输和电子电器部门,铝型材获得了广泛的应用,大中型工业结构用材的比例大幅度增加。

(4) 出口量大增,已成为铝挤压材净出口国,见表 1。2010 年我国净出口量为 100 万 t。

由表 1 分析可知,中国已成为真正的铝业大国和初级铝挤压强国,正在向真正的铝挤压强国挺进。

## 2 国内外高强高性能铝合金挤压材发展水平分析与趋势

近几十年来,世界铝及铝合金加工材料大致向以下两个方向发展:(1) 发展高强高韧等高性能铝合金新材料,以满足航天航空等军事工业和一些特殊工业部门的需求;(2) 发展一系列具有各种性能和功能的可以满足不同条件和用途的民用铝合金新材料。由于各国政府的支持、产业界和学术界的共同努力,已取得了可喜的成果,研发出了一系列新合金和新材料,使铝合金及其加工工艺达到了一个新的水平。

### 2.1 高强高韧等高性能铝合金及挤压材的发展概况

高性能铝合金中,最具代表性的是为适应航空航天器高机动性、高载荷、高抗压和高耐疲劳及高速与高可靠性的要求而研制的高强高韧铝合金,主要包括 2xxx 和 7xxx 系列 IM 传统熔铸铝合金,以及在此基础上发展起来的 PM 粉末冶金合金、SF 喷射成型铝合金、铝基复合材料、超塑性铝合金等。

主要的新合金有: 2××× 系的 2124、2224、2324、2048、2419、Д16Ч、1161、1163 等和 7××× 系的 7149、7249、7175、7475、7075、7150、7055、7155、7010、7068、7090、7091、7064、CW67、B93ПЧ、B950Ч、B96П-1、B96П-3、01975、01970 等。

典型的航空航天工业用铝合金挤压材主要有无粗晶棒材、高质量无缝管材、复杂断面实心型材和异形无缝空心型材, 变断面型材和管材以及大型整体壁板、大梁型材等, 要求在不断提高强度指标的同时, 具有良好的韧性、抗应力腐蚀性、抗疲劳性和断裂韧性等综合性能。为此, 世界各国集中人力、物力、财力对高性能铝合金进行大量的深入的

研究, 主要方法和成果有:

(1) 传统的 Al-Cu-Mg 和 Al-Cu-Mg-Zn 系合金的改善研究开发及挤压新材料的开发

调整合金中的主要合金元素含量及各组元的比值, 添加微量过渡元素及稀土元素, 减少合金中的 Fe、Si 等杂质和氢、氧等气体含量。提高合金的纯净度, 从而改变合金中各种化合物的性能和成分, 采用特殊的加工工艺和热处理工艺生产的 T351、T7451、T851、T651、T7651、T7351、T7451、T77、T775、T791 等不同状态的高强高性能型材、管材和棒材。表 2 为常用高强韧 Al-Cu-Mg 与 Al-Zn-Mg-Cu 系合金的主要特点及用途举例。

表 2 高强度高韧 Al-Cu-Mg 及 Al-Zn-Mg-Cu 系合金的主要特点及用途举例

牌 号	主要特点	主要制品及状态	应用实例
2124	强度、塑性和断裂韧性比 2024 合金好, SCC 性能与 2024 的相似	T351 和 T851 状态的 38mm ~ 152mm 厚板与大挤压材	飞机结构件
2048	断裂韧性比 2124 合金好, SCC 性能与 2024 和 2124 的相似	T851 状态厚板、薄板及大、中型挤压材	飞机结构件
2419	断裂韧性比 2219 合金好		飞机高温结构件, 高强焊接件
2224	强度、断裂韧性和抗疲劳性能比 2024 合金好, 工艺性能和耐蚀性与 2024 的相似, 价格比 2024 的贵	T351 挤压件	波音 767 等飞机结构件
2324	高强度和高断裂韧性	T39 状态厚板, 薄板, 挤压件	波音 767 等飞机结构件
Д16Ч	断裂韧性比 Д16 合金高 10% ~ 15%	以 T, T1, T1H 状态挤压件应用	T, TH 状态材料用于运输机, T1, T1H 状态材料用于超音速飞机
1161	强度比 Д16Ч 的高 2 倍, 韧性比 Д16Ч 的高 0% ~ 50%	以 T, T1, T1H 状态挤压件应用	T, TH 状态材料用于运输机, T1, T1H 状态材料用于超音速飞机
1163	强度与 Д16Ч 相似, 断裂韧性比 Д16Ч 的高 10%	以 T, T1, T1H 状态应用, 挤压材	伊尔 96-300 和 204 等飞机机体受力构件
7075	固溶处理后塑性好, 热处理强化效果特别好, 在 150℃ 以下有高强度, 焊接性能差, 有应力腐蚀开裂倾向, 双级时效可提高抗 SCC 性能	T6、T73 薄板、T651、T73521 厚板、T6、T73、T7352 锻件, T6511、T73511 挤压件	飞机上, 下翼面壁板、格条、隔框
7049	可代替 7079 合金, 强度高和抗 SCC 性能好, 抗普通腐蚀能力不强	T73511、T76511 挤压件, T73、T7352 锻件, T73 薄板和厚板	飞机主起落架, 导弹配件
7149 7249	强度和抗 SCC 性能好, 断裂韧性好于 7049, 是 7049 的改良型合金	T73、T74、T7452 锻件, T73511、T76511 挤压件	同上
7475	强度、断裂韧性和抗疲劳韧性好, 抗蚀性 (T76) 也好, 即有很好的综合性能采用特殊加工工艺可使其是超塑性	T76、T761 薄板、T651、T7651 和 T7351 厚板薄板与挤压件	机身、机翼蒙皮, 中央翼结构件, 翼梁、舱壁, T-39 隔板, 直升机舱板, 起落架门



续表

牌 号	主 要 特 点	主要制品及状态	应用实例
7050 7150	强度高, 断裂韧性、抗应力腐蚀和抗剥落腐蚀性能好, 淬火敏感性小, 可制大型件	T7561、T7451 厚板, T73511、T76511、T73511、T74511 挤压件, T7452 自由锻件, T73 线材, T76 包铝薄板	飞机机身框架, 机翼蒙皮, 条, 加强筋, 肋, 托架, 起落架支承部件上, 座椅导轨, 铆钉
7010	具有与 7050 大致相同的特点, 降低了 Cu 含量, 克服了 7050 合金铸造裂纹问题	T7651 厚板、T74、T7452 锻件	同上
7055	挤压和抗拉强度比 7150 的高 10%, 断裂韧性、耐腐蚀性与 7150 相似	T7751 厚板和挤压件 T7751 挤压件, T77 锻件	飞机上翼蒙皮、长桁, 水平尾翼, 龙骨梁, 论坛轨, 货运滑轨
7090	PM7090-T7E80 强度比 7050-T73 高 10% ~ 20%, 其韧性和耐蚀性也均比 7050 的好即综合性能好	T780、T7E71 锻件和挤压件	飞机起落架, 闸门连杆, 机体结构, 旋翼夹头, 起落撬和弹身射模导轨等
7091	具有与 7090 大致相同的特点, 韧性和耐蚀性略好于 7090	T7E68 锻件, TE70、TE69 挤压件	同上
WC64 7064	强度与 7090 相当而断裂韧性高一倍 有极好的综合性能	T7X2 锻件和挤压件 TX651、TX7651、TX7351 挤压件	同上 同上
B93пч	工艺性能高, 具有最低的临界淬火冷却速度 (3℃/S)	T1、T3 表状复杂的大型锻件	同上
B95	具有与 7050 基本相同的特点	T1、T2、T3 状态薄板、包铝薄板、厚板、预拉伸板、挤压件、自由锻件、模锻件	飞机结构件, 通用工业结构材料
B95пч	B95 改良型合金, 断裂韧性比 B95 高	T1、T2、T3 薄板、包铝薄板, T1、T2、T3 挤压件、自由锻件、模锻件	飞机上翼蒙皮, 隔框, 桁条, 起落架
B95он	B95 改良型合金, 断裂韧性比 B95пч 高	锻件 T2、T3 板材和挤压件	飞机结构件用锻件及飞机上翼蒙皮, 隔框, 桁条
B96п	合金化程度最高、强度极高, 抗应力腐蚀和剥落腐蚀性能低, 应力集中敏感性较高	T1、T2、T3 挤压件, 锻件	飞机结构件用锻件及飞机上翼蒙皮, 隔框, 桁条
B96п3 B96п1	强度比 96п 和 B96п1 的低, 塑性高 50% ~ 100%	T1、T2、T3 挤压件, 锻件	飞机中等尺寸零件
01975 01970	在 Al-Zn-Mg 合金中添加少量 Sc 和 Zr, 有良好抗疲劳性和焊接性能	锻件, 挤压件	飞机部件, 交通运输器部件

(2) 采用新合金元素开发的新合金及挤压新材料

① 铝-锂合金 (Al-Li)

铝-锂合金的特性是具有低的密度、高的弹性模量和高的强度。现在开发成熟的铝-锂合金主要是 Al-Li-Sc-Zr 系和 Al-Li-Mg-Zr 系合金, 能够替代 7xxx 系超高强合金的均为 Al-Li-Cu-Mg-Zr 系

合金。最典型的合金有 2090 和 8091 等。研制的目标是达到 7075-T6 的强度和 7075-T73 的抗蚀性能。1996 年美国在直升机中应用的铝-锂合金已达到机体重量的 20% 左右, 2010 年以后, 在大型客机上预计有 20% 以上的结构采用铝-锂合金制作。表 3 为已研制并广泛应用的高强铝-锂合金。

表3 典型的高强铝-锂合金化学成分, wt%

合金	化学成分, wt%											
	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Zn	Ag	Ti	Li	Zr	Al
2090	0.10	0.12	2.4~3.0	0.05	0.25	0.05	0.10	—	0.15	1.9~2.6	0.08~0.15	余量
2091	0.20	0.30	1.8~2.5	0.10	1.1~1.9	0.10	0.25	—	0.10	1.7~2.3	0.14~0.16	余量
2094	0.12	0.15	4.4~5.2	0.25	0.25~0.8	—	0.25	0.25~0.6	0.10	0.7~1.4	0.04~0.18	余量
2095	0.12	0.15	3.9~4.6	0.25	0.25~0.8	—	0.25	0.25~0.6	0.10	0.7~1.5	0.04~0.18	余量
2195	0.12	0.15	3.7~4.3	0.25	0.25~0.8	—	0.25	0.25~0.6	0.10	0.8~1.2	0.08~0.16	余量
×2096	0.12	0.15	2.3~3.1	0.25	0.25~0.8	—	0.25	0.25~0.6	0.05	1.3~1.9	0.04~0.18	余量
2097	0.12	0.15	2.5~3.1	0.10~0.50	0.25	—	0.35	—	0.15	1.2~1.8	0.08~0.16	余量
2197	0.10	0.10	2.5~3.1	0.10~0.50	0.25	—	0.05	—	0.12	1.3~1.7	0.08~0.15	余量
×2297	0.10	0.10	2.5~3.1	0.10~0.50	0.25	—	0.05	—	0.12	1.3~1.7	0.08~0.15	余量
8091	0.30	0.50	1.6~2.2	0.10	0.50~1.2	0.10	0.25	—	0.10	2.4~2.8	0.06~0.16	余量

## ② 铝-钪合金 (Al-Sc)

钪属于稀土类金属元素, 密度小, 熔点高, 因为它能显著提高铝合金的再结晶温度和力学性能, 因而引起高度重视。近年来, 俄罗斯和德国在 Al-Sc 合金的研究方面取得了很大进展, 并研究出 Al-Zn-Mg-Sc-Zr 系和 Al-Mg-Sc 系合金。前者的特性是强度高, 塑性、疲劳性能和焊接性能好, 是一种新的高强、高韧性可焊铝合金。它的应用领域也主要是航空和航天, 此外也可以应用在高速舰艇和高速列车上。

## ③ 铝-铍合金 (Al-Be)

铍也属于高熔点的稀有金属, Al-(7.0~30)% Be-(3~8)% Mg 合金都处于 Al-Be-Mg 三元相图的两相区, 其组织由初晶铍和固溶 Mg 的 (Al) 相组成, 使合金有很好的综合性能。如 Al-7.0% Be-3% Mg 合金的抗拉强度达到 650Mpa, 伸长率大于 10%, 可以应用在航空工业。但由于制造复杂, 使其应用受到限制。

(3) 采用新的制备技术研发新型超高强铝合金材料

① 目前采用 PM 法制造的超高强铝合金, 虽然成本较高, 产品尺寸小, 但可以生产 IM 法无法生产的高综合性能合金。国外已开发的 PM 超高强铝合金有 7090、7091 和 CW67 合金等, 它们的强度均达到了 700Mpa 以上, 其强度和抗 SCC 性能均比 IM 合金好, 特别是 CW67 合金的断裂韧性最好。现在美国可生产重达 650kg 的坯锭, 加工出来的挤压件和模锻件已应用到飞机、导弹以及航天器具上。

② SD 喷射沉积法 (喷射成型法) 是一种新型的快速凝固技术, 其特点介于 DC 铸造和 PM 粉末冶金之间。SD 法与 PM 法相比, 生产工艺简单, 成本较低, 金属含氧化物少, 仅是 PM 法 1/3~1/7, 制锭重量大 (可达 1000kg 以上), 可批量生产。与 IM 法相比, 最大的优点是可以制备 IM 法无法生产的高合金化铝合金, 而且还可以生产颗粒复合材料。即使是生产普通合金, 也具有铸锭晶粒极其细微、加工材综合性能好等特点。所以采用此方法开发制造具有高性能的超高强铝合金, 有着非常好的发展前景。

③ 铝基复合材料的研究方兴未艾, 各国都投入了很大力量在进行研究, 它是金属基复合材料中研究得最多和最主要的复合材料。目前开发的铝基复合材料主要有 B/Al、BC/Al、SiC/Al、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/Al 等。添加的纤维可分为颗粒、晶须、短纤维和长纤维, 其中 SiC/Al 复合材料是最有发展前途的, 因为它不需要用扩散层处理包覆纤维, 成本低。铝基复合材料的特点是密度小、比强度和比刚度高、比弹性模量大、导电导热性好、抗腐蚀、耐高温、抗蠕变和耐疲劳等。美国用其制造的 10m 多长的型材和管材已经用在了各种航天器上, 并且已经成为铝合金、甚至铝-锂合金的重要竞争对手。此外, 铝-钢、铝-钛等层压式铝基超高强复合材料在近年来也得到了发展。

(4) 研究开发和应用各种先进的和特殊的变形加工与热处理新工艺, 如超塑挤压、半固态挤压、等温挤压、复合挤压、反向挤压、无润滑穿孔挤压、扁挤压、变断面挤压、静液挤压等先进挤压技

术和新型的形变热处理工艺等来提高合金材料的综合性能和特殊性能。如在研发大断面挤压型材和棒材时,对 2024、2124、2324、2424、7175、7475 及 7055、7155 等合金,逐步加强合金中的杂质控制,从最初牌号中 Fe 和 Si 含量 0.5% 下降到最新牌号的 0.1% 以下,大大减少了近代断裂力学理论认为的可成为裂纹源的内部缺陷数量和尺寸,改进了析出相的分布及形态,同时采用先进的工艺生产优质大铸块,用大变形进行挤压加工,淬火后进行预拉伸,充分消除内部残余应力,然后进行单级或多级人工时效,研发出在航空航天、兵器、舰船等领域得到广泛应用的适合于不同用途的 T351、T7451、T851、T651、T7651、T7351、T7451、T77、T7751、T79 等不同状态的大型挤压型材和棒材。

## 2.2 民用高性能铝合金及挤压材的开发

除航空航天工业外,汽车、火车、电力和精密机械等部门也迫切需要轻量化和高性能材料,P/M 铝合金和铝基复合材料为这方面的发展提供了条件。铝合金作为节能材料和功能材料越来越引起人们的重视,因此发展了一大批具有各种特殊性能和功能,能满足不同用途的新型材料。

铝合金密度低、比强度、比刚度高、耐腐蚀、

易成形、可焊接、耐低温、导电导热性良好、无毒、无磁、可进行各种表面处理,所以铝合金加工新材料在现代化交通运输、民用建筑、电子电力、化学化工、能源动力、包装印刷、机电轻工、家电文体等方面获得了广泛的应用,各国已相继研发出了一系列具有各种性能或功能的民用铝合金,如汽车车身板合金 6009、6010、×6111、6016、2036、2037、2038、2026 及 CP609、GZ45、GZ145、GC45、GC150、GM245、KS5030、GV10、GV15 等;汽车保险杠用的 7021、7029 等;轨道车厢用的 6005A、6N01、7005 以及 Al-Zn-Mg 中强可焊合金等;交通运输用的 CP703、7120、6013、6182、5022、5023、5083、5056、6101、6201、A4/L、A4G/L 等合金;机械切削用的 6262、2011 等合金;导线用 1370 等合金;热交换器用的 Al-Si-Mg-Bi 合金(把它包在 3003 系合金上作为钎焊材料);冲压和搪瓷器皿用的 4006 合金以及高级 PS 板基和高性能易拉罐板新合金和抗核辐射、抗震、耐磨等特殊新合金等,最近研发的 6013 合金,具有高的综合性能,甚至可作为 2024 的替代品,用于航空航天与兵器上。表 4 列出了部分挤压用新型铝合金的性能数据。

表 4 挤压型材用新型铝合金的性能

合金	性能 指标	力学性能			实心型材	空心型材
		T6 状态		挤压状态		
		$\sigma_{0.2}$ (Mpa)	$\sigma_b$ (Mpa)	$\sigma_b$ (Mpa)		
6060		200	230	175	特优	特优
6106		235	265	180	优	优
6005A		270	290	200	优	优
6182		290	340	200	优	优
7020		310	370	330	良	一般
CP703		300	340	310	优	良
7120		390	440	340	很好	不良
6013		331	359	200	优	一般
5052	H381	255	290	210	优	一般
5083	H116	330	315	300	良	不良
5183	H321	235	320	305	良	不良
5056	H118	345	415	305	良	不良

(1) 高档民用建筑铝合金新材料的研发  
铝合金门窗、幕墙等民用建筑型材就是不断淘

汰中、低档产品,研发新型的高档产品。近年来,围绕 6063 合金研发了一系列不同用途的新合金,

而且向 6061、6351、6082、6005A、7005 等中强合金发展, 状态也由单一的“T5”向 T6 等方向发展, 同时研制了隔热断桥型材等新品种和铝-塑、铝-木、铝-塑-木等新材料, 其应用范围也由门窗、围栏等装件向屋顶、桁架、立柱、跳板、桥梁、模板等承力结构件方向发展, 大大加强了铝型材在建筑领域中的地位。

(2) 交通运输用大型特种型材铝合金新材料的研发

现代交通运输用大型铝合金特种型材的品种越来越多, 对性能和质量的要求也越来越高, 因此, 需要开发不同性能要求的新型合金, 目前已研发成功的新合金主要有: 5022、5023、5059、6005、6005A、6N01、6182、6013、6110A、7N01、7005 等, 并已成功地挤压出各种用途的型材、棒材和管材。

### 2.3 我国铝合金新材料与新产品的研制开发方向

我国从 1960 年开始至今, 相继对高强高韧高性能的航空航天、兵器、舰船等军事和特殊工业部门用的新型铝合金材料以及各种性能和用途的民用铝合金新材料进行了深入系统的研究, 并开发和生产出了上百种符合我国国情的各种铝合金及挤压材, 基本上跟上了世界研究开发的步伐, 有许多研究成果达到了国际先进水平, 也基本上满足了国防军工和国民经济建设和人民生活的需要。但是, 整体水平和自主研发能力与国际先进水平仍有很大差距, 需要迎头赶上, 还有许多工作要做。

#### (1) 铝合金新材料的研发方向

用最新技术改善传统铝合金并研发一批新型铝合金材料。应用微合金化理论、采用电子冶金技术, 调整合金元素含量和比例, 添加高效微量元素, 研究新型强化理论, 开发新型形变热处理工艺及高效纯化、净化、细化和均匀化新技术, 改造现有 1xxx~9xxx 的上千种传统铝合金, 使之充分发挥潜力, 并设计和发展一批新型的高强、高韧、高模、耐磨、耐蚀、耐疲劳、耐高温、耐低温、耐辐射、防火、防爆、易切削、易抛光、可表面处理、可焊接的和超轻的铝合金材料及挤压产品, 以适应不同用途、各种性能、功能的需要, 满足不断发展的国防军工、科技尖端和国民经济高速度发展的要求。

(2) 研究开发各种新型铝合金热处理、形变热处理、表面处理, 以获得各种具有特殊性能和特种

功能的新材料。

(3) 全面深入研究铝合金的成分-加工与热处理-组织与性能之间的关系, 以改善各种材料的性能, 拓宽其用途, 使之成为各种场合的新材料。

(4) 广泛研究铝合金的粉末冶金、喷射成型、复合材料、超细粉和纳米级材料等新产品。

(5) 深入研究与开发各种先进的、特殊的挤压加工方法与技术, 熔铸工艺与模具技术以及各种先进的热处理技术与精整矫直工艺, 大批量生产高强度高性能的各种规格与形状的铝合金挤压材。

## 3 铝挤压技术的发展方向

虽然金属挤压加工的进展有很多地方有待于基础理论研究的进展, 但最重要的是把这种基础理论与实际应用相结合, 以达到增产、降耗、节能、环保、提高生产效率、降低成本、扩大品种、改善品质的共同目标。在发展金属挤压加工理论与技术时需要重点考虑的项目主要有:

- (1) 少功耗量, 节能降耗;
- (2) 减少外部摩擦, 提高变形效率;
- (3) 提高精度;
- (4) 利用各向异性、内部应力、变形热处理等方法提高产品综合性能;
- (5) 有效利用废料和开发综合利用技术, 提高回收率和成品率;
- (6) 防止产生缺陷或利用缺陷;
- (7) 提高工模具品质和使用寿命;
- (8) 减少工序;
- (9) 增加单位时间的产量及节省劳动力, 实现高速化、自动化、连续化;
- (10) 清洁生产, 改善环境, 降低劳动强度;

## 4 国内发展水平、差距及解决办法

国内目前有铝合金挤压生产企业 780 家左右, 挤压机 3800 台左右, 年产能力 1000 万 t/a 以上, 2010 年产量达 950 万 t/a, 装备了若干条先进的生产线, 开发了一系列新产品, 形成了较完善的生产经营体系。建成了一大批年产能力大于 5 万 t/a 的大型现代化挤压企业。民营企业的规模和水平突起, 而且建成了 16 条 80MN 以上的大型现代化挤压生产线。

近年来, 我国铝及铝加工工业与挤压工业虽有



了很大进步，成为了世界铝业大国、铝加工大国、铝挤压大国、出口贸易大国，但还不是强国。与国外先进水平相比仍有较大（20~30年）差距（见表5、6），在挤压方面，主要表现在：挤压机台数虽多，但绝大部分为装机水平低下的小型挤压机；产量虽大，但绝大多数为中、低档民用建材，高档建材产品及高质量精密工业材与高性能高档军工铝材部分依赖进口，仍不能满足国防现代化和国民经济高速发展的要求。

为缩小差距，尽快赶上世界先进水平，适应国际经济一体化的要求，唯一的办法是尽快装备一批先进设备和技术，提高我国铝合金型材挤压技术和产品水平，以满足国内外市场的需求，减少加入WTO后的冲击，以促进我国经济的高速持续发展。特别是在当前国际性金融危机和经济危机的状态下，正是铝加工业大刀阔斧进行产业调整和产品调整的大好时机，是我国提高挤压水平，提高竞争力，赶超国际先进水平的良好机会。

表5 2010年世界与中国铝及铝加工材产销情况

万t/a

项 目	世 界	中 国
原铝（+再生铝）	4500(+2500)	1600+(480)
铝加工材：合计	4000	1680+(电缆线材185)
其中铝轧制材（板、带+箔材）	2200	540+130=670
铝挤压材（管、棒型+线材）	1800	840+110=950
铝轧制材：铝挤压材	56:44	41:59
铝合金型材：合计	1450	840
其中铝建筑型材	650	560
铝工业型材	810	290
建筑型材：工业型材	43:57	66:34
铝铸造材	2200	280
年人均耗铝量 kg/(人·年)	7.5（美国30，日本28）	10.8
年人均耗铝材量 kg/(人·年)	6.1（美28，日本19）	10.5
铝及铝材的年平均增长率%	5%~6%	18%~22%

表6 目前铝加工产业发展水平及与国际先进水平对照表

No.	项 目 名 称	中国现有水平	国际先进水平
1	铝 合 金 加 工 材 料	A. 企业规模与现代化水平	企业数目多，规模小，平均产能5万吨/a，最大企业产能80万吨/a，大部分企业现代化水平低
		B. 设备装机水平	除小部分企业外，大部分企业工艺装备落后，辅机不配套，自动化水平低下，更新换代周期长
		C. 产品品种和质量水平	品种不全，中、低档产品过剩，优质高档产品短缺，整个产品质量水平不高，综合成品率68%左右
		D. 劳动生产率（产值）	较低，平均50万元/(人·年)左右
		E. 常用合金/状态数目	120/50 未形成完整的科学的铝合金/状态体系
		F. 产品结构：	
	热轧坯/铸造轧坯	45/55	70/30
	轧制材/挤压材	41/59	56/44
	建筑型材/工业型材	57/43	34/66
	电解铝铸坯/熔铸坯	30/70	50/50