

再生铝工业——21 世纪的绿色产业

The Regenerated Aluminium Industry —— A Green Industry in the 21st Century

杨遇春

(北京有色金属研究总院 北京 100088)

1. 历史回顾

1886 年, 金属铝作为人类发展史上最年轻的金属, 利用电解法实现了工业生产。到 1900 年, 世界铝的产量已达 7 300 吨, 其后的两次世界大战, 很快将金属铝的生产推到与历史悠久的铜、铅、锌相比肩的地位。至 20 世纪 60 年代初, 在产量上已跃升为仅次于钢铁的第二大常用金属。目前铝的全球产量和消费量已突破 3 000 万吨, 到 2030 年前达到 5 000 万吨已不是梦想。

金属铝密度低、强度高、易加工、高导电、耐腐蚀等优良性能, 使它在交通运输(航空航天、汽车和船舶制造)、包装、建筑、电工及耐用消费品等领域形成日益强大的市场, 并导致原铝生产与铝的消费严重失衡。1998 年原铝产量为 2 200 万吨, 而总消费量却高达 3 000 万吨。这 800 万吨的巨大差额是依靠铝的另一种优良性能——可再生性能, 通过重熔和冶炼废杂铝生产的再生铝的大量补充, 才得以解决的。可见, 再生铝在满足铝的社会消费方面, 正起着日益重大的作用。

实际上早在 1893 年, 德国的一家报纸就曾报道铝炊锅和用坏的铝制品可由制造厂家再生。因此再生铝的诞生日期距离霍尔-赫洛特电解法的发明还不到 7 年。“二战”期间, 由于破损的军用飞机需要再生, 迎来了再生铝冶金的第一个高潮, 此后在 20 世纪 50 年代, 美国的乔·亨特(Joe·Hunter)树立起再生铝的第二个里程碑。他先将废杂铝熔化, 再于带坯连铸机内处理熔融铝, 获得了可锻的半加工品, 使再生铝走出了仅限于铸件的适用范围。

从 1950 年开始直到进入本世纪, 再生铝始终保持着稳定增长。近年来一些发达国家如美国, 再生铝生产的年均增长率(1986~1996 年)为 6.2%, 远高于同期原铝 0.1% 的增长。

2. 崛起与诱因

促成再生铝生产增长的原因有 4 个方面。一是三水铝石型铝土矿的储量有限(仅能满足今后 50 年的需要), 非三水铝石型铝矿物(如我国的一水硬

铝石)储量虽然丰富, 但在经济上竞争力差, 而废杂铝本身价格虽不菲(现价约 10 000~13 000 元/吨), 但可视为是其杂质可进行机械和物理分离的超高品位富矿。二是, 金属铝是高耗能金属, 仅吨铝的直流电耗即为 13 000~18 000 千瓦·时, 而废杂铝再生的能耗不足原铝的 5%; 废饮料罐再生所需能量更低, 与原铝的实际能量比为 1:28.5, 即为原铝所需能量的 3.5%。能耗的大幅下降, 有利于降低产品成本, 还可抑制 CO₂ 的排放、保护生态和环境。三是, 含铝废杂物的弃置已成为影响环境和生活质量的重大社会问题, 而它恰是再生铝充足的原料来源。美国 1998 年铝饮料罐的消费达 1 020 亿个, 回收的 640 亿个含铝量达 88 万吨。美国 1997 年拆解的机动车有 1 000 万辆, 即便按单车含铝量 55 公斤计, 含铝量也有 55 万吨。日本每年报废的汽车多达 500 万辆、家用电器 1 500 万件。这些国家每年生产大量的废杂铝, 形成了颇具规模的进出口产业。1987 和 1997 年全球废杂铝的贸易量分别高达 611.8 万吨和 636.7 万吨, 有力地支持了日本、东南亚和中南美的再生铝产业的发展。四是有强大的需求市场, 尤其是由于汽车市场对再生铝需求的急剧增长及饮料罐用铝薄板的制造中广泛使用了旧罐, 开发出新的日益扩大的再生铝市场。这些方面的需求才是拉动再生铝工业高速发展的主导因素。

铝的密度约为钢的 1/3, 就性能密度比而言, 如此强度及防撞性能(吸收冲击能力的的能力), 均约为普遍碳素钢的两倍。也就是说, 1 公斤铝在汽车上可代替 2 公斤钢; 同时每使用 1 公斤铝在车的使用年限内可减少 9 公斤 CO₂ 的排放, 并通过减轻车重明显提高了燃油效率(汽车车重每减轻 10%, 燃油消耗可降低 6%~8%)。据计算一辆使用 140 公斤铝的轿车, 只要行驶里程超过 8.6 万公里(为汽车典型使用寿命的 58%), 在成本上即具有与钢材竞争的能力。铝的价格约为钢材的 4~5 倍, 这是限制它在汽车上代替钢材的主要障碍。但是利用再生铝成本仅约为原铝 80% 的优势, 同时按汽车零部件单位体

积的功能(作用)计算铝的实际成本(为钢的1.5~2.5倍),并综合考虑铝对全球生态的有益影响,则基本上可化解高成本的障碍。目前,通过提高再生铝在汽车零部件制造中的占有比,提高其自身的质量,再生铝在与钢铁材质的竞争中已取得了一定成功,成为生产高燃效、低排放、轻量化汽车日益重要的工程材料。

3. 产业状况与地位

当前全球使用的铝有近30%是由铝的再生所得。据最新数据,1988年全球再生的废杂铝为743万吨,1998年攀升到978万吨,10年净增长31.7%。在全球3000余万吨的产量中,再生铝以800余万吨的数字,几乎达到了鼎足三分有其一的程度。

发达国家过多的铝消费(欧洲铝的人均年消费量为20公斤,美国和日本大于30公斤,我国约2公斤),使北美、日本和欧洲成为再生铝的工业中心。在生产的地域分布上,美洲约400万吨(美国1998年产量340万吨),西欧约200万吨,东欧(包括俄罗斯)约100万吨,亚洲约150万吨。其中美国以处理废饮料罐及铝浮渣再生产铝罐及汽车铸件为主。美国目前消费的铝饮料罐每3个中有2个是通过废罐闭路再生与制造过程循环生产的。欧洲除用于生产铸造合金、脱氧剂外,锻造合金的生产前景看好。日本生产的再生铝大约有80%用于汽车制造。

从1999年生产数字看,再生铝在主要发达国家铝的生产中地位日益突出。1999年美国(原铝377.86万吨、再生铝369.33万吨)、英国(原铝27.22万吨、再生铝28.53万吨)、德国(原铝63.38万吨、再生铝48.27万吨)、意大利(原铝18.72万吨、再生铝50.18万吨)铝的总产量中,原铝与再生铝的占有比已接近或超出1:1。尤其是日本自上世纪70年代能源危机后,采取节能及用进口废杂铝代替氧化铝或铝土矿进口的政策,在原铝生产倒闭的“废墟”上建立起强大的再生铝工业,1999年日本再生铝的产量为116.41万吨(1997年为127.83万吨),而原铝的产量仅为1.09万吨,再生铝的产量为原铝的106.8倍,在日本的经济活动和社会生活中发挥着举足轻重的作用。日本铝业协会1998年报道说,由于汽车的生产与销售势头强劲,日本1997年汽车和摩托车的用铝量达到121.9万吨,其中再生铝合金为93.99万吨。

目前发达国家已形成完善的废杂铝收集、管理、分检系统,近几年为降低成本刮起了兼并之风,使美、日在不为人们看好的小厂基础之上形成了再生铝生产的巨头。美国的Imco公司已拥有16家再生铝生产厂,1998年的生产能力已达到120万吨/年,并把触角伸向了英、德等国。沃贝什(Watash)合金公司的生产能力也达到了高于54万吨/年的工业

巨头标准。日本的大纪铝业公司除以生产汽车零部件为主(占其产品的80%)在其国内形成了强大的产供销网络外,同时也向跨国经营的方向上发展。

4. 应用与市场

为适应不断扩大的市场需求,发达国家在生产中不断推出新的技术创新举措,如低成本的连续熔炼和处理工艺、低品位废杂铝升级工艺等,用废杂铝已能大量制造供铸造、压铸、轧制及作母合金用的再生铝锭,最大的铸锭重13.5吨,其中重熔二次合金锭(RSI)用于制造易拉罐专用薄板,薄板的质量已使每支易拉罐的重量下降到只有14克左右,某些再生铝还用于制造计算机软盘驱动器的框架。

虽说就原料来源而言,原铝与再生铝间不存在本质上的差别,产品的性质与质量才是评估材料的唯一标准,但是铝合金的品种有近百余个,在其废杂物中有可能存在的元素近20余种(铜、镁、锰、硅、银、钛、铍、锌、锡、镍、铬、铅、铋、钒、钴、铁、钨、氧),这些杂质元素给予高再生率生产成分受到严格限制的专用变形合金设置了障碍;新废杂铝虽可通过严格的预先分检解决部分成分控制问题,但使用年限长的混杂的旧废杂铝的杂质不易判定,因此一般将它们转入铸造合金内以不致于给使用造成问题,所以大量应用铝铸件和压铸件的汽车工业很自然地成为当今再生铝最大的市场。

当前美国汽车制造业使用的铝约有63%为再生铝。按美国Imco公司的乐观估计,2001年每辆轿车和轻型卡车铝的用量按159公斤计,每辆车再生铝的用量约为100公斤;而按每辆轿车铝用量117公斤标准,再生铝为73.5公斤。据此估计,美国再生铝在汽车中的用量当在117.6万吨至160万吨。欧洲汽车工业的铝总消费量现为120万吨,原铝占1/3;再生铝占2/3,为80万吨。预计今后10年欧洲铝的总消费量将上升到230万吨,再生铝用量至少将为153万吨。日本汽车行业使用的铝估计约77%为再生铝,目前用量估计已近100万吨。可见仅汽车行业就将为再生铝展现巨大的潜在应用空间。

在汽车中用再生铝铸件代替铸铁件,主要用作驱动系统元件,如发动机机座、汽缸盖、进气管、铸铝活塞、变速箱、转向轮、悬挂系统等。本田公司开发的再生技术可除去废杂铸铝中的硅、铜、镁、锌,可将发动机机架上用的废压铸件再生为挤压型材,并可制成转向柱的吊架。

5. 前程与未来

和世界铝冶金的再生率为60%比,当前铝的全球表现再生率仅为27%(再生铝的总产量与铝的总产量之比),但铝制品为使用年限长的耐用消费品,其使用寿命一般为25年,如果拿目前再生的800万吨铝,和25年前即1973年生产的1200万吨原铝比,其真正的再生率应为67%。这个数字表明,铝的

再生在全球范围内已成为大势所趋, 发达国家和包括我国在内人均铝消费不高的发展中国家绝不可掉以轻心。21 世纪是把解决生态、环境、资源、能源问题放在首要地位的世纪。在这个世纪中, 由于钢铁生产发展的迟滞, 铝在金属材料中将成为最大的赢家。到 2030 年, 世界铝的总消费量将达到 5 000 万吨, 其中再生铝的产量将增长到 2 200 万~ 2 400 万吨的水平, 表观再生率将上升到 44% 至 48%, 从而将金属铝的全球平均电耗从每吨 13 000 千瓦时降到 8 000 千瓦时的水平, 大大减少 CO₂ 的排放。这与当前谈论的执行京都议定书控制全球变暖的举措是一致的。

从最近法国的 R·U·Ayes 援引的用 17.5% 品位的铝矾土生产铝与用废杂铝生产再生铝所做的对比看, 每再生 1 吨铝, 除节能 256 吉焦 (10⁹ 焦) 外, 还可节水 10.5 吨, 少用固体材料 11 吨, 少排放 CO₂ 0.8 吨, 少排放硫氧化物 (SO_x) 0.06 吨, 少处理废液废渣 1.9 吨, 免剥离地表土石 0.6 吨, 免采掘脉石 6.1 吨。而 800 万吨再生铝所带来的巨大生态、环保、社会效益, 已不能仅仅用经济尺度来衡量, 人们将普遍意识到, 以铝为主要对象的再生铝产业是利于保护人类有限资源、有限能源, 利于人类可持续发展的绿色产业。

据最新报道, 在 1999 年全球 813.26 万吨 (不包括直接应用的废铝屑) 再生铝的产量中, 美国为 369.33 万吨、西欧 230.26 万吨、日本 116.41 万吨, 单从这样的规模和经济效益, 以及发展我国的汽车制造业的需要, 我国也应该拿出相应的对策, 不能因坐视与国外差距的拉大而误失良机。

我国是铝的低消费国, 1999 年金属铝的消费虽已增长到 292.6 万吨 (原铝的相应产量为 259.8 万吨), 但人均年消费量只有 2 公斤, 因此废杂铝的回收与再生, 在很大程度上要依靠进口, 如 1999 年废

杂铝的进口量为 39.9 万吨。目前国内废杂铝的回收尚未建立起完善的网络和系统, 处于分散的无序状态, 小型再生熔炼厂又多如牛毛, 达 1 万余家。小企业的粗放运作、落后的技术和设备, 造成废杂铝“降级”使用, 使再生铝的回收率明显下降; 甚至靠牺牲环境换取利润。估计目前全国废杂铝的利用量介于 40 万~ 50 万吨之间, 再生铝实际产量只有 30 万吨左右, 远不能满足我国汽车制造、铝饮料罐、建筑型材、包装工业对再生铝的需要。据估计, 我国利用国内的废杂铝资源及国外进口渠道, 完全有可能在近期建立起产量达 60 万吨规模, 能满足国内需要的再生铝工业。

达到这一目标的关键性措施之一在于建立以废杂铝、铜收集与再生为主要内容的废杂金属再生行业协会, 通过协会疏通上下渠道、理顺关系、规范行规, 设法取得全国人大立法的支持和政府政策上的扶持。比如在有关再生组织策动下, 日本 1997 年通过的容器与包装再生及消费品再生法明文规定 5 种家用电器厂家和汽车制造厂家对回收再生负有不可推卸的责任, 这一法规有力地推动了日本再生产业的发展。又如英国新近组建的铝包装再生组织 (Alupro), 已成为英国拟制有关铝再生规划、再加工与包装废料法规及对消费者进行教育的最高机构, 该机构还负责与地方当局、废品处理公司、慈善团体、有色金属厂商和社团合作, 使他们参与回收与再生工作。

总之, 铝再生产业是一个涉及生态、环境、资源、能源, 同时也与社会问题 (如提倡勤俭节约、社区公德) 和风气密不可分的产业, 其发展前景是令人鼓舞的。我国再生铝工业的发展, 将把我们这个人口众多、资源有限的泱泱大国的发展进一步纳入可持续发展的轨道之中。

(责任编辑 王宏章)

科技动态

柴油发动机可能发生新的技术革命

据英《新科学家》2002 年 2 月 23 日报道: 最近美国伊利诺伊阿贡国家实验室的 Jin Wang 称: 一项新的研究揭示柴油发动机的高速燃油喷嘴中, 存在一种以前任何人都没有发现的超声冲击波。过去, 为了使柴油发动机的效率变得更高、运行费用更便宜, 工程师们曾作了巨大的努力, 却一直没有什么突破性进展, 但这一发现, 可以彻底改变旧式柴油发动机中燃料混合和燃烧的设计模式。

在柴油机中, 燃料注入燃烧室时是自发地点燃燃料和空气混合物的。燃料和空气混合的方式是燃料怎样燃烧的关键, 了解燃烧怎样喷射对增加效率和减少污染是很重要的。为了研究燃烧过程, 研究人员利用燃料滴的散射光观察注入的燃料喷射流的形状。Wang 和他的同事试验用单波长的 x 射线源和一台高速检测仪每 5 微秒拍摄一次图像。为了增加 x 射线的对比度, 他们用金属铯的化

合物和燃料混合, 然后喷射到一个含有六氟化硫惰性气体的室内以阻止它燃烧。当喷射流通过惰性气体运动时, 他们拍摄了一系列照片。发现有 90% 的燃料集中在 v 形冲击波后面的细小喷射流中, 当燃烧室内的气体燃料喷射流前沿减速时, 后沿的运动要快好几倍, 以超声速运动; 当燃烧喷射流的后沿赶上前沿时, 大多数燃料形态变成成为集中的小泡, 正好处在冲击波尖端的后面。为什么会出现这种情况目前还不清楚。

哥伦比亚密苏里大学的流体力学专家 Oleg Vasilev 说, 这一发现可能对研究燃料燃烧效率有作用, 燃料在最初的喷射流中的分布是燃料通过燃烧室扩散直到燃烧的关键, 更深入地了解这一过程可能导致新的注射燃料喷头的设计, 从而改善燃料的燃烧效率并减少污染。

(刘先曙)