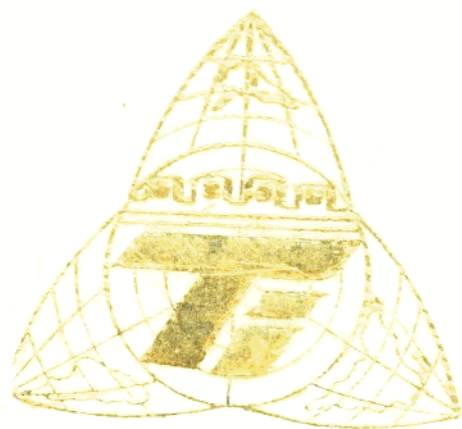


钛科学与工程

第八届全国钛及钛合金学术交流会文集



上海钢铁研究所

一九九三年

钛科学与工程

第八届全国钛及钛合金学术交流会文集

上海钢铁研究所

一九九三年

内 容 简 介

本文集反映了近3年来我国在钛及钛合金方面的科研、生产和应用方面的发展概况和取得的成就。内容包括综述介绍、钛及钛合金的合金化与合金、熔炼、铸造、加工工艺、组织和性能、应用等方面的内容。

本文集对从事钛及钛合金科研、生产、应用的工程技术人员是一本有用的参考资料，对大专院校有关专业的师生也是一本有价值的参考书。

钛科学与工程

第八届全国钛及钛合金学术交流会文集

(1993年11月22—25日于上海)

编 辑：文集编审、编辑组

出 版：上海钢铁研究所

《钛合金信息》编辑部

责任编辑：张海南 洪伟卿 尤云龙

印 刷：上海晨光印刷厂

开本：737×1092 1/16 印张：45 字数：1150千字

1993年10月第一版 1993年10月第一次印刷

印数：1—1000册

钛科学与工程

第八届全国钛及钛合金学术交流会文集

(内部资料)

编 辑：文集编审、编辑组
出 版：上海钢铁研究所
 《钛合金信息》编辑部
印 刷：上海晨光印刷厂

第八届全国钛及钛合金学术交流会组织机构

组织委员会

中国金属学会
中国有色金属学会
全国钛推广应用领导小组办公室
冶金部钛及钛合金技术开发协会
稀有金属情报网
上海市金属学会

本届交流会筹办单位

上海钢铁研究所

执行委员会

主席	宋宝陀	上海钢铁研究所所长
副主席	卢忠效	北京有色金属研究总院总工程师
秘书长	章靖国	上海钢铁研究所副总工程师
委员	周克崧	广州有色金属研究院
	张太贤	西北有色金属研究院副院长
	江河	宝鸡有色金属加工厂副总工程师
	李东	中国科学院金属研究所钛室主任
	黄尚文	沈阳有色金属加工厂
征文组负责人	洪伟卿	吴晓磊

文集编审组

组长	葛红林	上海钢铁研究所副所长
组员	许嘉龙	上海市冶金工业局副总工程师
	吴以琴	西北有色金属研究所
	杨大君	广州有色金属研究院
	崔玉友	沈阳金属研究所
	段家禄	沈阳有色金属加工厂
	刘菊生	宝鸡有色金属加工厂
	王玉函	上海第三钢铁厂研究所
	朱益藩	上海第五钢铁厂研究所

方平伟 上海钢铁研究所钛室主任

文集编辑组

组长 张海南

成员 尤云龙 洪伟卿 吴晓磊 张津徐 程晓英 黄 洋
卫仪来 韩庆康 王多达 陈付时 徐梅英 张 玲
仇素珍

出版说明

第八届全国钛及钛合金学术交流会征文组共收到来自全国37个单位的147篇论文，其中3篇为摘要。根据1992年11月23~25日在上海召开的本届交流会执行委员会筹备会纪要的精神，要求会前出版文集，文集定名为《钛科学与工程——第八届全国钛及钛合金学术交流会文集》。为此，文集编审组收到论文后在1993年6月26~30日在上海召开编审组会议，对所有的论文进行了审稿。根据出版要求、论文质量，经反复讨论选出135篇论文编入文集，另有3篇论文以摘要形式收入。所有论文按内容分为6个部分，依顺序编排。这些论文基本上反映了1990年第七届钛及钛合金学术交流会以后，我国钛工业发展的水平和所取得的成就，是一本极有科学价值的资料。由于出版的限止，少数论文未能全文收入文集，有些论文的图片也作了删减，请有关作者谅解。

由于时间仓促，人力不足，加上编审、编辑人员水平有限，文集中可能存在不少问题和错误，敬请批评指正。

文集编审组

第 1 部 分

综 述

目 录

第八届全国钛及钛合金学术交流会组织机构
出版说明

第 1 部分 综 述

- 我国钛的生产与推广应用概况·····全国钛应用推广领导小组办公室 马云凤等(1)
钛焊接技术发展动态·····西北有色金属研究院 吴玉兰(6)
钛合金超塑成形及超塑成形/扩散连接技术的发展现状·····北京航空工艺研究所 宋飞灵(11)
镍氢电池用钛系贮氢合金的新进展·····沈阳冶金研究所 金自宜(16)
发展我国钛材标准的探讨·····宝鸡有色金属加工厂 孟庆林等(22)
钛系生物医学工程材料·····沈阳冶金研究所 金自宜(29)
先进的钛合金与工艺开发基地·····上海钢铁研究所 葛红林(35)

第 2 部分 合金化与合金

- β 钛合金·····北京有色金属研究总院 张 翥(39)
一种500MPa 级抗硝腐蚀的钛合金·····西北有色金属研究院 李佐臣等(42)
新一代 β 钛合金— β 21S合金·····北京有色金属研究总院 彭益群等(47)
新型耐蚀钛合金 Ti-31 的研究·····西北有色金属研究院 胡耀君等(50)
植入金属与形状记忆合金·····上海钢铁研究所 孙奇等(55)
Ti-1023合金·····宝鸡有色金属加工厂 魏寿庸等(60)
Ni₅₁Ti_{49-x}Zr_x形状记忆合金·····上海钢铁研究所 丁顺强等(68)
合金元素对钛合金中 ω 相形成的影响·····中国科学院金属研究所 崔玉友等(72)
不同铝、钒含量对 Ti₃Al 基金力学性能的影响·····航空材料研究所 孙福生等(76)
微量元素加入方式对Ti-6Al-4Sn-3.5Zr-0.7Nb合金性能的影响
·····北京航空材料研究所 李四清(80)
铝、钒元素在 Ti₃Al 基金中作用机理的探讨·····北京航空材料研究所 孙福生等(84)
高温钛合金中微量元素的作用机理·····上海钢铁研究所 程晓英等(88)
硼、铈复合加入对高温钛合金组织和性能的影响·····上海钢铁研究所 许嘉龙等(95)
氧对Ti-75合金组织和性能的影响·····西北有色金属研究院 吴清枝等(102)
钛合金的合金化参数—Bo, DOS和Md·····中国科学院金属研究所 徐东生等(107)
耐蚀钛合金研制的模式识别专家系统·····上海钢铁研究所 张津徐等(112)
钛的电子结构—晶体结构—性能关联与合金设计·····中国科学院金属研究所 李 东(115)
Fe对471213钛合金组织与性能的影响·····上海钢铁研究所 汪建林等(122)
铝含量对 Ti811 合金棒材性能的影响·····西北有色金属研究院 赵永庆等(126)

第3部分 熔炼、铸造、加工工艺

- 钛合金铸造保温浇冒系统的设计原理及验证…………… 洛阳船舶材料研究所 范善君等(141)
- 金属型在钛及钛合金铸造中的应用…………… 宝鸡有色金属加工厂 党水利(144)
- 25cm 钛泵壳铸造工艺研究…………… 宝鸡有色金属加工厂 彭毅(149)
- 筒体钛合金铸件的无冒口铸造…………… 宝鸡有色金属加工厂 朱仲忍(153)
- Ti-6Al-4V合金残钛回收工艺研究…………… 宝鸡有色金属加工厂 窦永庆等(156)
- 钛合金近β锻造研究…………… 西北工业大学 周义刚等(161)
- Ti-17合金β锻造研究…………… 西北工业大学 俞汉清等(168)
- 锻造和热处理综合条件对Ti-679合金组织、室温拉伸及疲劳性能的影响……………
…………… 西北工业大学 沈荣华等(174)
- 热加工因素与 Ti-10V-2Fe-3Al 合金中β斑点的关系…………… 西北工业大学 曾卫东等(182)
- TC11钛合金双性能盘研究…………… 西北工业大学 苏祖武等(186)
- 钛合金大型盘形件等温锻模具的有限元分析及优化设计…………… 西北工业大学 吕丽萍等(190)
- 钛合金叶片锻模计算机辅助设计…………… 西北工业大学 吕丽萍等(194)
- Ti₃Al-Nb合金叶片的模锻及机械加工…………… 中科院金属研究所 关少轩等(197)
- 高强高韧Ti-1023钛合金的跨β模锻工艺研究…………… 北京航空材料研究所 陈玉文等(201)
- Ti-17合金整体涡轮盘的超塑性等温锻造…………… 上海钢铁研究所 黄礼平(208)
- Ti-6Al-4V合金薄板包复叠轧工艺概述…………… 宝鸡有色金属加工厂三分厂 郑建民等(212)
- 热轧带材跑偏的原因及解决办法…………… 宝鸡有色金属加工厂 罗石林(217)
- 轧制工艺对TiAl薄板深冲性能的影响…………… 宝鸡有色金属加工厂 易孟阳(224)
- 轧制工艺对TiAl薄板胀形性能的影响…………… 南方动力机械公司 陈竞等(230)
- 轧制和热处理工艺对Ti-3Al-2.5V合金板材性能的影响……………
…………… 沈阳有色金属加工厂 杨文甲(236)
- 电解二氧化锰加热系统用钛合金板材的工艺研究…………… 上海钢铁研究所 张津徐等(242)
- 钛镍合金箔生产新工艺研究…………… 中国科学院金属研究所 王者昌等(245)
- 卫星用Ti-15-3合金箔材研制…………… 宝鸡有色金属加工厂 韩伟东等(251)
- 自行车用Ti-3Al-2.5V管材制造工艺的探讨…………… 沈阳有色金属加工厂 裴桂荣(258)
- 电站凝汽器用焊接纯钛管的工艺研究…………… 上海第五钢铁厂 朱益藩等(263)
- 无缝钛弯头加工研究…………… 西北有色金属研究院 黄汉良等(269)
- Ti-Ni形状记忆合金丝焊接工艺研究…………… 北京有色金属研究总院 卓忠玉(273)
- 循环相变对工业纯钛的组织与织构的影响…………… 清华大学 朱知寿等(277)
- 热处理对Ni₄₇Ti₄₄Nb₉宽滞后记忆合金记忆特性和力学性能的影响……………
…………… 北京有色金属研究总院 刘雅秀等(282)
- 热处理对Ti₅₀Al₄₈Mn₂和Ti₅₀Al₄₈Cr₂合金性能的影响……………
…………… 中国科学院金属研究所 谢英秀等(285)
- 热处理对TC11等温锻盘件性能的影响…………… 宝鸡有色金属加工厂 刘洪义等(290)

- Ti-5Mo-5V-2Cr-3Al近 β 钛合金的热处理工艺与 σ_b 、 a_k 、 k_{Ic} 性能研究..... 北京有色金属研究总院 张 霖等(293)
- 加热温度和冷却速度对Ti/TiCp复合材料组织影响..... 西北有色金属研究院 曾泉浦等(296)
- 纯钛泵轴表面渗氮强化处理..... 中国科学院金属研究所 虞炳西(302)
- Ti-6Al-4V合金氢处理工艺的研究..... 东北大学 马常祥等(305)
- α -Ti的氢处理及其对组织、性能的影响..... 东北大学 张彩碚等(312)
- 深冷处理对TC4钛合金的组织性能的影响..... 东北大学钛研究所 徐振声(317)
- 冷加工和热处理制度对Ti22合金显微组织和机械性能的影响
..... 西北有色金属研究院 陈 军等(320)
- 影响TiNi合金SHS反应Tig点的因素..... 西北有色金属研究院 郭继红等(326)
- 用SHS工艺合成TiAl、TiNi、NiAl金属间化合物..... 西北有色金属研究院 张小明等(329)
- TC4钛合金SPF/DB承力件的研制..... 北京航空工艺研究所 王纯孝等(334)
- 电磁场氮分压对多孤离子镀TiN镀层组织结构及性能影响
..... 南昌航空工业学院 付志强等(339)
- Ti-6Al-4V合金表面化学镀镍-磷层热处理后组织与性能的研究
..... 北京航空航天大学 沈桂琴等(343)
- 多孤等离子镀(Ti、Al、Nb)N薄膜的工艺与性能的初步研究
..... 北京有色金属研究总院 文雪蓉等(349)
- 冷却速率对Ti₃Al基合金PREP粉末组织的影响..... 西北有色金属研究院 蔡学章等(355)
- 氢化钛的等离子脱氢..... 广州有色金属研究院 赵 峰等(360)
- TiNi形状合金中记忆锻炼及其影响因素..... 天津冶金材料研究所 张津兰(362)
- 汽轮机用钛合金大叶片的制造与性能..... 中国科学院金属研究所 刘羽寅等(365)
- 超低温用新型钛合金性能及其高压气瓶制造工艺..... 北京有色金属研究总院 千东范(372)
- HVC处理细化Ti-1023合金组织及改善超塑性性能的研究
..... 南昌航空工业学院 杜忠权等(377)

第 4 部分 组织、性能

- 扫描电镜中钛单晶的疲劳原位观察..... 西安交大金属材料及强度研究所 谭晓礼等(385)
- 钛合金精锻棒材低倍“麻点”形成机理及消除..... 宝鸡有色金属加工厂 王韦琪等(390)
- 钛合金低周疲劳性能研究..... 洛阳船舶材料研究所 张志仁(395)
- TA5钛合金中的 β 相研究..... 洛阳船舶材料研究所 张文毓等(401)
- TA5钛合金板材的冲击韧性与强度性能关系的研究
..... 洛阳船舶材料研究所 王孔探等(406)
- Ti-6Al-4V合金中组织定向分布引起的超塑性变形力学各向异性
..... 清华大学 万菊林等(410)
- Ti-6Al-4V-1H合金的组织形貌与微孪晶..... 东北大学钛研究所 徐振声等(414)
- 高压气瓶用TC4钛合金锻饼强度的研究..... 沈阳有色金属加工厂 杨文甲(417)
- 双相钛合金超塑变形中 α 晶粒的等轴化..... 北京机电研究所 白秉哲(422)

o时效组织对Ti-10V-2Fe-3Al疲劳性能的影响.....	西安交通大学	肖林等(426)
Ti-10V-2Fe-3Al合金显微组织对性能的影响.....	上海第五钢铁厂	张茜等(431)
铸造Ti-Al-V-Mo系合金阻尼性能的研究	中国船舶工业总公司第七二五研究所	杨学东等(436)
Ti ₃ Al基合金的相组成.....	北京有色金属研究总院	孙序等(442)
Ti ₃ Al基合金的显微组织和性能.....	北京有色金属研究总院	脱祥明等(447)
Ti ₃ Al基合金断口及合金相的关系.....	北京有色金属研究总院	孙丽虹等(456)
Ti ₃ Al-11Nb合金淬火组织中的O相.....	北京有色金属研究总院	张启海等(460)
Ti-25Al-10Nb-3V-1Mo合金的相结构及相变分析	北京航空材料研究所	孙育峰等(464)
Ti-24Al-11Nb-3V-1Mo合金热稳定性研究.....	上海工业大学	张丙等(470)
Ti ₃ Al基合金的高温氧化行为研究.....	上海工业大学	张丙等(475)
TiAl基复合材料界面结合强度及断裂特性.....	西北有色金属研究院	蔡学章等(480)
颗粒强化钛基复合材料腐蚀行为的初步研究.....	西北有色金属研究院	陆锋等(484)
Ti-31合金焊接性能研究.....	洛阳第七二五研究所	严铿等(487)
一种介稳β钛合金恒弹性特性的研究.....	西北有色金属研究院	林永新等(491)
含Cr和Cr、Mn钛铝基合金的可加工性.....	西北有色金属研究院	韩传玺等(498)
Ti-15-3合金薄靶板的弹坑断口特征及绝热剪切破坏	西北有色金属研究院	胡文英等(504)
Ti-15-3合金板材的再结晶与织构.....	北京航空航天大学	王世洪等(508)
Ti-15-3合金的再结晶及力学性能研究.....	北京航空材料研究所	王庆如等(516)
Ti-15-3合金的断裂韧性及疲劳裂纹扩展.....	西北有色金属研究院	吴以琴等(521)
Ti-15-3合金的断裂韧性研究.....	西北有色金属研究院	洪权等(527)
航天用Ti-15-3合金紧固件的研制.....	宝鸡有色金属加工厂	娄毅等(533)
TC11锻件工艺组织和性能的研究.....	抚顺钢厂研究所	栗喜君(536)
TC11钛合金叶片组织和性能控制.....	西北工业大学	苏祖武等(538)
关于钛合金TC11饼材生产中塑性变形过程模式的研究	宝鸡有色金属加工厂	胡宗式等(545)
超声波探伤结果与TC11合金组织之间的关系.....	宝鸡有色金属加工厂	王伟琪等(551)
TC11钛合金大应力持久性能研究.....	宝鸡有色金属加工厂	曹启东等(554)
Ti-811合金的微观组织和力学性能关系的研究.....	航空材料研究所	孙福生等(562)
快速冷凝IMI829-1Gd和IMI829-1Er合金的组织 and 性能	西北有色金属研究院	罗国珍等(566)
Ti52244合金厚断面锻件的组织性能特征.....	西北有色金属研究院	毛小南等(573)
TiNi合金相变与微观观察.....	北京有色金属研究总院	成玉英等(579)
Ti-H合金中晶界弛豫双内耗峰的研究.....	东北大学	康强等(583)
一种高温钛合金中的稀土相及其对室温力学性能的影响	中国科学院金属研究所	李阔平等(588)
快速凝固钛合金中稀土弥散相的稳定性.....	中国科学院金属研究所	韩东等(593)

RS-TG和RS-TE合金中的弥散粒子·····	西北有色金属研究院	郑月秋等(597)
两种钛合金焊接接头的组织和性能·····	西北有色金属研究院	赵香苗等(602)
应变速率对Ti-1023合金拉伸性能的影响·····	西安交通大学	唐长国等(606)
拉伸温度对Ni ₄₉ Ti ₄₄ Nb ₉ 合金形变特性的影响·····	哈尔滨工业大学	张春生等(610)
钛及钛合金电解质阴极充氢与腐蚀氢脆研究·····	上海石化总厂机械研究所	余存焯(614)

第 5 部分 钛及钛合金的应用

钛在纯碱工业中的应用·····	宝鸡有色金属加工厂	张建英(621)
全钛凝汽器的开发与应用·····	能源部西安热工研究所	汪德良(624)
钛人工牙根种植体和临床应用·····	北京口腔医院	董 辉等(628)
牙科钛种植体粗糙表面的研究·····	第四军医大学口腔医学院颌面外科	李德华(632)
TB2钛合金扭力弹簧·····	天津冶金材料研究所	王 戎等(633)
7715D高温钛合金与推进剂的相容性及试车情况·····	上海钢铁研究所	罗月新等(636)
蒸氨塔试制成功·····	哈尔滨锅炉厂	赵生光(641)
首台国产衬钛《酸化液冷却器》的开发设计及研制·····	哈尔滨锅炉厂	潘兴波(650)
容器钛衬里质量的分析与保证·····	辽阳制药机械总厂	王德林(656)
形状记忆合金文胸的研制与开发·····	天津冶金材料研究所	霍 洁等(660)
NiTi形状记忆合金螺钉研究及其临床应用·····	天津冶金材料研究所	周守理等(661)
Ni-Ti形状记忆合金钳夹式内固定器及临床应用·····	上海钢铁研究所	孙 奇等(665)
俄罗斯几种新型钛合金及其应用·····	天津冶金材料研究所	张国才(670)

第 6 部分 其 它

高均匀钛合金标样铸锭的研制·····	宝鸡有色金属加工厂	高 颀等(675)
钛制真空脱氯塔破损修复·····	锦西化工机械厂	龙 红等(679)
HT-1型钛材焊缝坡口清洗膏的研制及其效果分析·····	化工机械研究院	张一敏等(682)
钛容器规范的材料问题·····	通用机械研究所四联钛设备设计制造公司	黄嘉琥(685)
钛材设备生产技术浅说·····	苏州吴县钛材设备厂	顾伟铭(686)
发展中的中国钛加工基地·····	西北有色金属研究院	张太贤等(690)
钛在制药工业中的应用·····	上海医药设计院 苏州吴县钛材设备厂	岑斐然(694)

我国钛的生产与推广应用概况

马云凤 胡桂珍

(全国钛应用推广领导小组办公室)

摘 要

本文简述了我国钛工业的现状 & 近年来在国内各部门推广应用的情况, 并对今后进一步发展我国的钛工业提出了一些建议。

1. 我国钛工业发展现状

我国钛的资源极其丰富, 已查明的矿产储量按二氧化钛计占全世界的90%, 名列第一。

为把资源优势转化为产业优势, 我国已在钛工业建设方面投入了大量的人力和物力。六十年代在遵义和宝鸡建设了海绵钛和钛材的生产基地。加上在辽宁和上海建设的一些较小规模的生产点, 目前, 已形成了一个多品种的钛工业体系。但是, 国内钛的用量不多, 使我国钛的生产多年处于较低水平。进入八十年代, 由于争取到国家的大力支持, 钛的国内市场迅速扩大, 我国钛工业生产终于有了较大的提高。各个时期我国钛材产量的变化情况见表1。1971—1975年1460吨, 1976—1980年2080吨, 比前五年增长43%; 1981—1985年2929吨, 比前五年增长41%; 1986—1990年5725吨, 又比前五年增长95%; 1991—1992年2728吨。从发展趋势看, “八五”肯定会超过“七五”。从1971到1992年钛材平均年产量已由292吨上升到1364吨。宝鸡有色金属加工厂的产量在全国总产量中的比例由35%上升到86%。现在。宝鸡有色金属加工厂已成为我国钛材的生产基地, 它已能满足全国大部分钛材用户的需求。

表1 历年钛材产量统计(吨)

时 间	全国产量	平均年产	宝鸡厂产量	占全国的%
1971—1975	1460	292	507	35
1976—1980	2080	416	1173	57
1981—1985	2929	586	2069	71
1986—1990	5725	1145	4397	77
1991—1992	2728	1364	2340	86

我国钛工业生产工艺落后, 品种不齐, 生产成本低, 在国际市场缺乏竞争力。因此, 国外钛产品年年都有不少涌入国内市场。在“六五”“七五”期间, 每年进口的钛产品一般保持在200吨左右。就其品种而言, 主要是我国尚不能生产的电力工业用的宽厚板和焊接钛管。货源来自日本。苏联解体后, 独联体的钛产品通过边境贸易大量涌入我国, 严重冲击我国钛市场。1991年我国进口钛产品398吨, 1992年我国进口量猛增到1156吨。1992年的进口货中, 钛加工材和钛制品达688吨, 占60%; 海绵钛等初级品占40%。这样, 不但引进了我国短缺的钛材, 也引进了国内已经积压的海绵钛和并不短缺的钛材品种。这种情况对我国钛生产企业构成了威胁。面对严峻的形势, 我国钛的主要生产企业, 一方面争取国家的政策扶持, 一方面加倍开拓进取, 力求稳定和不断扩大自己的市场。通过多方努力, 近二年, 国内钛

的生产仍然取得了好的成绩,产量在缓慢增长。

2. 国内应用现状

在国外钛工业受航空、航天工业影响较大。美国航空、航天工业用钛占80.4%,原苏联占50%,欧洲占57%。据日本神户钢铁公司预测,到21世纪,资本主义国家钛在一般工业的用量至少可达总消费量的50%。在我国钛80%用于民用工业。

近十年来,我国钛的应用发展很快。“七五”期间累计推广应用钛材5725吨,是“六五”期间用钛的1.95倍。钛的发展与国家的关怀和支持是分不开的。1982年根据我国钛工业发展的需要,为使钛推广工作有组织、有计划地向深度和广度发展,进一步繁荣我国钛工业,成立了全国钛应用推广领导小组,并建立了钛应用推广领导小组办公室,具体抓钛的推广应用工作。钛的应用推广被国家相继列为“六五”“七五”“八五”国家重点新技术推广项目。同时,为了支持企业用钛进行技术改造,国家又设立了钛重点技术改造专项贷款。

自1983年至1988年国家先后拨新技术推广费1003万元,支持了50多项重点项目。1987年至1992年下达钛重点技术改造专项贷款1亿1千多万元,支持了20多项技改工程。钛的新技术应用推广项目和钛重点技术改造项目由于在立项之前,经过严格的论证和筛选,绝大多数获得了明显的经济和社会效益。据统计,使用一吨钛材可为用户增创效益每年约10万元。钛的应用领域不断扩大,目前已用于航天、航空、兵器、核工业、冶金、化工、轻工、石化、电力、医药、纺织等部门。

2.1 化学工业

化工生产腐蚀性强,用钛代替一般金属

材料和搪瓷等,对增加产量、提高质量、延长设备寿命、减少消耗、降低成本、防止污染、改善环境、提高劳动生产率等都有显著的效果。自1972年上海天原化工厂带头应用钛材以来,用途日渐扩大,现在已从烧碱生产扩展到纯碱、化肥、无机盐、有机合成、农药、精细化工等方面。化工部统计,1992年末,全国烧碱产量已达400万吨/年,其中石墨阳极槽和钛阳极槽各占一半。实际产量钛阳极槽为213万吨,石墨阳极槽为160万吨。前者已超过后者。尚未改造的石墨阳极槽,有一部分需保留,多数准备实行改造。

氯酸钾厂的电解槽原来与烧碱一样也是用石墨阳极槽。八十年代初,福州第二化工厂和大连氯酸钾厂率先用钛阳极槽取代了石墨阳极槽,从此,全行业都跟着实行改造。现部各地新建的氯酸钾厂都采用钛阳极槽。

纯碱与烧碱一样,是基本化工原料之一。多年来,供不应求。为了提高老企业的产量和量,采用钛材是有效方法之一。上海浦东化肥厂带头采用钛材做氨外冷器取得成功,随后,大连碱厂、天津碱厂、湖北化工厂、青岛碱厂、鸿鹤化工总厂等相继学习国内外先进经验,大量应用钛材制造主要生产设备。“七五”期间新建的三大碱厂—连云港碱厂、潍坊碱厂、唐山碱厂都根据国内成功经验在设备设计中大量采用钛设备,使他们的装备达到国外同类工厂的先进水平。

化肥厂的尿素生产装置,现在大部分应用引进的超低碳不锈钢,只有四川化肥厂和齐鲁化肥厂采用日本钛材。经验证明,钛材的耐蚀性能远远优于超低碳不锈钢。钛在尿素生产中的应用也可能扩大。

2.2 轻工业

十多年来,钛材在轻工系统主要用于真空制盐和电解二氧化锰企业。

真空制盐企业在改造前,钢材或铜材制造的设备被高温盐水腐蚀,跑、冒、滴、漏

现象严重,不仅生产环境恶劣、产品的产量和质量也上不去。设备结构材料耐蚀性差的问题一直阻碍了生产的发展。七十年代末,轻工部所属湖南湘澧盐矿和自贡大安盐厂率先做应用钛材的试验,结果,在湘澧盐矿取得成功。他们的生产环境改善了、产品质量上去了、企业面貌大大改观。湘澧的经验证明,钛材是真空制盐行业的最好的设备结构材料。继湘澧之后,四川大安盐厂、五通桥盐厂、内蒙古吉兰泰盐场、湖北应城盐矿、辽宁营口盐化厂等企业相继实行改造,都取得了令人满意的效果。一批新建真空制盐企业也决定采用钛设备。这个行业的钛材用量由“六五”期间的不足100吨提高到“七五”期间的300多吨。“八五”期间可望达到400吨左右。据中国盐业总公司统计,现在全国真空制盐能力为年产400万吨,其中175万吨已完成改造,约占45%。其余55%将在今后根据可能逐渐改造。

近十年来,电解二氧化锰企业用钛积极性日渐增长。电解二氧化锰主要用于干电池生产中作为高效去极化剂。二氧化锰的质量对于干电池的使用寿命起决定性影响。过去电解一氧化锰生产中普遍采用铅合金或石墨作阳极材料。它们的强度低、易腐蚀,产品中有害杂质含量高,严重影响电池的电性能。七十年代初,湘潭电化厂在电解二氧化锰生产中,用工业纯钛板取代石墨电极取得成功。接着,上海钢铁研究所于八十年代中期研制成功钛-锰-铬-铁四元合金电极,1987年用于广东蕉岭锰化工厂及张家口电池厂等企业。北京有色金属研究总院研制了一种钛基钛锰涂层电极,从1990年起先后用于张家口电池厂和河南开封炼锌厂等企业。宝鸡有色金属加工厂研制成功大尺寸的工业纯钛波纹板用于重庆化工厂和遵义化工厂等企业。以上几种电极都在不同程度上提高了电解二氧化锰的质量和单槽的产能、降低了槽电压、延长了阳极的寿命、提高了电流效

率。使用钛阳极的电解二氧化锰产品由于有害杂质含量及电化学性能达到国外先进水平,在国际市场很受欢迎。

轻工系统除了真空制盐和电解二氧化锰企业以外,造纸、食品、钟表、自行车等企业也应用不少钛材。

2.3 纺织工业

国内使用的第一台针织物亚漂联合机是从日本引进的,花去外汇26万美元。德州纺织机械厂在引进、消化吸收国外先进经验的基础上,于1983年研制成功具有我国特点的针织物亚漂联合机。亚漂工艺是机用亚氯酸钠分解产生的二氧化氯这一强氧化剂对针织物进行漂白。二氧化氯是强腐蚀性气体,与之接触的容器、管线和泵、阀等需用钛材制造。目前,纺织行业已推广应用国产亚漂联合机近40台,节省外汇约一千万美元。推广这些亚漂联合机后,每年可节电500多万度,节省棉纱600多吨,漂白成本可下降20%,年增利税700多万元。国内现以每年10台的数量继续推广应用。

2.4 医药工业

全国制药行业中已有25家企业应用了钛材,其中成绩比较显著的有东北制药总厂、武汉制药厂和山东新华制药厂。

东北制药总厂从1977年开始应用钛材。他们在氯霉素、黄连素、维生素、葡萄糖等产品的生产设备中用钛代替了原来的不锈钢、搪瓷、石墨、橡胶等结构材料。该厂投资300万元,先后做了16台钛设备,初步解决了设备腐蚀问题,提高了装备水平。1977—1992年期间,这些钛设备为企业增收约600万元。

武汉制药厂已投资130万元,用钛材七吨。他们首先在吡啶酮水解设备上用钛取代铅制造蛇形加热管取得成功,在98℃的稀硫酸和氯化物溶液中已工作了12年,仍然完好

如初。原来的铅管寿命只有2—3个月。使用寿命相差很大。此后，又在安乃近硝化、水解及氯霉素回收过程中用钛取代不锈钢获得成功。以上钛设备的投资可在二年内收回。

钛人工关节和接骨板已广泛应用于临床。近十年来，开展了全髋关节、人工肘、膝关节、下颌骨、人工椎体等手术试验。钛在血管外科方面也得到了应用，已用于制作人工心脏瓣膜、心脏起搏器外壳、颅脑外科用的血管夹等。钛还用于眼球器械、小血管缝合针和心电图机等。钛镍形状记忆合金已广泛地用于儿童牙齿矫形中。

2.5 电力工业

发电机组的凝汽器，一般是用铜材制造。在沿海电站因为直接用海水冷却蒸汽，铜材不耐水腐蚀，国外就把钛材引入这一应用领域，并且用得非常成功。

我国自七十年代末开始探索在沿海电站应用国产钛材取代铜材。首先在上海石化总厂发电厂做试验，获得成功。接着八十年代在浙江台州电站相继采用国产钛材新建和改建了六台12.5万千瓦的凝汽器，共用国产钛材143吨。这些全钛江汽器已安全运行了多年，其中最早的一台已工作十年了。与此同时，镇海电厂有二台20万千瓦的凝汽器用国产钛材制造，用钛共80吨。

到1990年末，国内已有33台总容量为776万千瓦的沿海发电机组投入运行。所用钛材85%来自国外，国产钛材仅占15%。随着国门的进一步开放，进口钛材可能会进一步增加。

2.6 军事工业

我国钛的应用是从航空工业开始的。从1964年起，应用钛合金研制航空发动机的机匣、叶片和盘件。后来，还试制了机身上用的大型航空模锻件。由于航空工业发展很慢，每年用钛量徘徊在几吨到几十吨之间。

航天工业中卫星和火箭用的高压气瓶、储液罐等重要部件已用钛材制造，作用和意义重大，但用量很少。

2.7 冶金工业

有色冶金中，湿法冶金采用钛阴极种板已经多年了。现在已有云南冶炼厂、金川冶炼厂、武汉冶炼厂、白银冶炼厂、贵溪冶炼厂等一批大型企业采用，都获得了良好的经济效益。在流体输送和处理中，还应用了钛制的泵、阀、管道和风机、热交换器等。据金川公司统计，用钛种板后，始极片剥离比以前容易得多，成张率由60%提高到90%。企业经济效益明显提高。钛材投资当年即可收回。

白银冶炼厂在电解铜箔生产中用钛制阴极辊取代了不锈钢阴极辊。结果，铜箔的成张率由70%提高到90%，每吨原料生产的成品比过去多了200公斤。铜箔的技术性能达到国际先进标准，使产品能够远销国外。现在，上海冶炼厂、本溪合金厂、山东招远电化厂也相继采用国产的钛阴极辊，企业的经济效益都提高了。

黑色冶金中，钛作为合金添加剂已经大量应用。近年来，钢材酸洗及酸回收设备、焦化厂的熄焦塔也先后采用钛材制造，使用效果令人满意。这方面的应用可望逐渐扩大。

2.8 石油化工

我国石油化工企业引进了许多成套设备，如扬子石化、燕山石化、齐鲁石化等，这些成套设备中，钛设备不少。

上海石化总厂的引进设备经多年运行，其中一些不锈钢的设备腐蚀破坏严重，每年都要进行大修。为了提高装备水平，他们根据钛材的特性和国内外的经验，逐年把与醋酸和海水接触的设备改用钛材制造。现在，新换上的钛制设备已在上海石化总厂安全运