

新中國有色金屬

鈦合金加工工業

《當代中國有色金屬工業》編委會

一九八七年·北京

机密

编号:

新中国有色金属

钛合金加工工业

《当代中国有色金属工业》编委会

一九八七年 北京

新中国有色金属钛合金加工工业

· 内部发行 · 注意保存 ·

编编出版：《当代中国有色金属工业》编辑部

印 刷：北京昌平百善印刷厂

850×1168毫米 32开本 5 印张 132 千字

1988年 2 月 印刷

前 言

遵照中央宣传部一九八二年十一月十二日中宣发文〔1982〕44号《关于编写出版〈当代中国〉丛书的通知》，中国有色金属工业总公司组成了《当代中国有色金属工业》编委会，组织力量，汇集资料，进行编写的准备工作。在工作过程中，收集到有关有色金属工业各方面的大量素材。为了把这些材料系统整理起来，按专业编成十七卷，定名为《新中国有色金属工业》丛书，做为编写《当代中国有色金属工业》一书的基础资料，付印内部发行。各卷的名称是：

1. 新中国有色金属地质事业
2. 新中国有色金属采矿工业
3. 新中国有色金属选矿工业
4. 新中国有色金属铝镁工业
5. 新中国有色金属铜工业
6. 新中国有色金属镍钴工业
7. 新中国有色金属铅锌工业
8. 新中国有色金属锡工业

9. 新中国有色金属锑汞工业
10. 新中国有色金属钨钼工业
11. 新中国有色金属贵金属工业
12. 新中国有色金属稀有金属工业
13. 新中国有色金属合金加工工业
14. 新中国有色金属环境保护与安全卫生
15. 新中国有色金属基本建设
16. 新中国有色金属科学研究
17. 新中国有色金属教育事业

本丛书不公开发行，仅供内部参考使用，故在保密上和文字上未做过多的处理，对一些问题也仅是提出初步看法，敬希保管使用本丛书的单位或个人，要注意这一点。

本丛书的编撰过程中，有色金属工业各部门抽出大量人员参与提供素材，撰写成书，在此谨向他们表示感谢。本丛书编撰出版时间短促，不妥和错漏之处在所难免，敬希读者同志提出宝贵意见。

《当代中国有色金属工业》编委会

一九八五年十月

《新中国有色金属钛合金加工工业》

编 辑 说 明

在前言中已说明,《新中国有色金属工业》丛书以十七卷发行。鉴于其中第十三卷《新中国有色金属合金加工工业》的内容十分丰富,《当代中国有色金属工业》编委会和编辑部决定将该卷分六卷出版,即《重有色金属合金加工工业》、《铝镁合金加工工业》、《硬质合金加工工业》、《难熔金属合金加工工业》、《钛合金加工工业》与《铍加工工业》。

《钛合金加工工业》是新中国建国以来第一本叙述钛加工工业发展的史书。该书简要地叙述了新中国钛合金加工工业的发展历程和成就,以及为我国钛合金加工工业的建立、发展而作出贡献的人物及其事迹,以教育当代,留给后代,指导未来。

在编写过程中,广州有色金属研究院、北京有色金属研究院、宝鸡有色金属加工厂(所)、沈阳

有色金属加工厂等单位，给予了大力支持。许多工厂、研究院(所)提供了资料，许多领导、专家参加了审稿工作。在此谨向给本书编写工作以大力支持与帮助的单位、领导、专家，致以深切的谢意。

由于素材不够齐全，编者水平有限，书中错误与不足之处在所难免。欢迎读者批评指正。

编者

一九八七年

目 录

第一章	概 述	1
第二章	新中国钛加工工业的兴起	5
第一节	仿制钛合 金	5
第二节	北京有色金属研究院小型厂的问世	6
第三节	苏家屯钛合金加工车间的建立	9
第四节	上海钛加工工业的兴起	13
第三章	新中国钛加工生产工 业 化	15
第一节	抚顺钢厂试制生产钛 材	16
第二节	苏家屯钛材生产工 业 化	18
第三节	自成体系的上海钛加工工 业	21
第四节	天津的钛加工工 业	31
第五节	钛材生产标准 化	33
第四章	宝鸡基地的 兴建	39
第一节	创业艰 辛	39
第二节	攻关岁 月	42
第三节	科研劲 旅	46
第五章	新中国钛加工工业的新 发 展	51
第一节	残钛回 收	51
第二节	铸造钛合 金	53
第三节	钛粉末冶 金	58
第六章	新中国的军工用 钛	62
第一节	航空工业用 钛	62
第二节	航天工业用 钛	73
第三节	舰船工业用 钛	75
第四节	兵器工业用 钛	76

第七章 新中国的民用钛工业	80
第一节 民用钛工业的发展进程——酝酿时期	
(1960~1971)	80
第二节 民用钛工业的发展进程——历史性转变期	
(1972)	83
第三节 民用钛工业的发展进程——蓬勃发展时期	
(1973~1985)	86
附录1 新中国钛合金加工工业大事记	108
附录2 新中国主要钛加工科研生产单位一览表	210
《钛合金加工工业》照片集	121

第一章 概 述

钛是一种银白色金属。钛及钛合金比强度高，抗腐蚀，无磁性，耐高温，耐低温。某些钛的合金有储氢、超导、记忆等特异功能。

钛材用途十分广阔，是航空、航天、舰船、兵器等军工部门不可缺少的重要材料。钛材在民用工业部门应用也很普遍，钛甚至进入了人们的日常生活。

钛材在中国航空工业部门，已被成功地用于航空发动机与飞机机身的制造。有多种不同型号的涡轮喷气发动机及涡轮风扇发动机采用了钛材。其用钛部件有压气机盘及叶片、风扇盘及叶片、鼓筒、隔圈、封严环、静子内环、前后整流罩、机匣、传动机构壳体、轴承壳体等多处。机身用钛的飞机有多种不同型号的轰炸机、运输机、歼击机等。其用钛部件有减速板、机尾罩、起落架、整流包、襟翼扭力杆、机轮刹车盘、离锁螺柱、航空铆钉等。中国航空工业所用的钛材除纯钛外，尚有10余种钛合金，其品种有盘、饼、棒、板、丝材及钛铸件。

在中国航天工业部门，钛材已成功地用于运载火箭及人造地球卫星的制造。“东风三号”等运载火箭的高压气瓶，“东方红号”、“尖兵号”等卫星的尾裙、加强筋、内外蒙皮、星弹连接解锁装置和导弹壳体内各种油气管路的接头、高速撞击回收装置等，均采用了钛合金材料制作。中国航天工业应用了多种钛合金，其品种有饼、板、棒、丝及型材。

在中国舰船工业部门，钛材已成功地用于水翼快艇、核潜艇、万吨轮及其他舰船的制造。用钛材制作的部件有水翼、螺旋推进器、舵叶、发射筒体、柱塞、鞭状天线及气封抽吸器、热交换器、冷凝器等。所用的钛材除纯钛外，还有多种钛合金，其品种有板、

管、丝材及钛铸件。

在中国兵器工业部门，钛材已成功地用于制造无后座力炮和迫击炮炮管及底盘、战术导弹的固体火箭发动机壳体、战车的装甲以及高射机枪等。所用的钛合金也有多种，其品种有管材、板材、筒体等。

钛材在中国军工部门的应用，对提高人民军队的战斗力、加速实现国防现代化具有一定作用。

在中国民用工业用钛中，化工工业居领先地位。在许许多多化工产品的生产过程中，采用了大量的钛制设备和钛制零部件。例如，各种钛制氧化塔、再沸器、反应器、喷头、泵、罐、风机、管道、阀门等等。涂钎钛阳极、钛制湿氯冷却器及钛制换热器，在氯碱和联碱生产中得到了普及；湿法冶金普遍采用了钛制阴极母(种)板与钛制换热器；焦化工业使用了钛制除尘器；全钛凝汽器在中国电力工业部门已正式投产运行。发电机组配套设备的用钛改造正逐步展开；真管制盐采用了钛制氨蒸发器等钛制设备与部件；造纸工业应用了钛泵与钛风机；纺织与印染工业使用了钛制亚漂机、亚漂罐；电镀工业采用了钛制薄膜蒸发器。石油化工、农药、染料、医疗器械、化肥、制药、真空机械、仪器仪表、机械、印刷、防腐、建筑等行业，也都应用了钛材制品。钛材在中国民用工业的应用，使民用工业产品的质量、产量大为提高，设备使用寿命延长，环境污染减少，工人劳动条件改善，取得了显著的社会经济效益。

一九四八年，美国首先实现了海绵钛工业化生产，一九五〇年开始生产钛材。在世界上，美国最先将钛材用于飞机制造，使美国的航空事业，在五十年代中期就进入了超音速飞行时代。英国一九五三年引进美国的钛材加工技术，一九五四年开始生产钛材。苏联一九五三年开始钛材研制，也将钛材优先用于航空工业，一九五八年苏联航天工业开始用钛。

中国一九五六年开始制订钛的发展规划。一九五七年至一九

六四年是中国钛加工工业的艰苦创业时期。这期间，以满足军工需要为目的，科研试制先行，从仿制国外钛合金入手，以耐蚀、耐热钛合金为主要研究对象，进行合金化的理论探索与试验工作，为工业化生产钛材作准备。一九五八年，在抚顺铝厂建立了中国第一个海绵钛生产车间，实现了海绵钛半工业性生产；北京有色金属研究院试制出中国第一支钛锭；沈阳有色金属加工厂半工业规模试制出中国第一批钛加工材。一九六五年至一九七二年是中国钛加工工业半工业化及工业化生产时期。这期间，在东北、西北、华北、华东、华南等地或增加或新出现了一些钛的科研生产单位，中国钛材生产规模明显扩大，钛材产量显著增加。一九六六年，抚顺钢厂生产出钛宽板。一九六八年，上海地区生产出多品种、大规格的钛加工材，中国钛加工工业开始进入大型化生产年代。一九七一年，钛科研生产基地宝鸡有色金属加工厂和宝鸡稀有金属加工研究所建成投产，大批钛材投放市场，中国钛加工工业进入了大规模工业化生产时期。一九七二年，中国钛加工工业的生产指导方针，发生了历史性转折：“军工为主”转变为“军民结合”。一九七二年至一九八五年是中国钛加工工业的大发展时期。在保证军工需要的同时，扩大钛材民用推广，使钛加工工业活力倍增。特别是一九七八年中共中央十一届三中全会以后，中国钛加工工业进入了空前繁荣时期。随着生产的发展，钛加工理论研究也进一步深化，技术上获得许多突破性进展。研究成功了不少新合金。中国的钛合金研制已从仿制阶段，步入独创时期。中国人民在中国共产党的领导下，经过近30年的艰苦奋斗，从无到有，从弱到强，建立起了具有中国特色的完整的钛加工工业体系，培养造就了一支力量雄厚的钛加工专业的技术队伍。

中国主要的钛科研生产单位有10余个（见附录2）。

中国能生产多种规格与品种的钛材。能生产包括宽板、薄板、中厚板、复合板在内的多种钛合金板材；能生产包括轧棒、复合

棒在内的多种钛合金棒材；能生产包括等温精锻件、直径 1.2 米的锻饼在内的多种钛合金饼材与模锻件；能生产包括外径 1.6 米、重 2.8 吨的空心锻件在内的多种钛合金环材；能生产包括薄壁（0.1 毫米）管在内的多种规格的钛无缝管、焊接管、毛细管、复合管及有记忆功能的钛镍合金管；能生产包括微细钛丝、形状记忆合金丝在内的多种钛合金丝材；能生产钛箔、无焊缝钛合金整体球以及多种钛制设备。

除纯钛外，中国能生产并得到成功应用的钛合金有 20 多个牌号。其中中国独创的钛合金有 3 种。中国能生产耐热钛合金、低温钛合金、高强钛合金、耐蚀钛合金、高强高韧钛合金等多种类型的钛合金以及形状记忆、超导、储氢等多种功能钛合金。它们的性能，已接近或达到国外同类钛合金的先进水平。

中国能用几种不同的工艺生产出多种类型的钛粉末冶金制品及钛精铸件。可工业规模回收残钛，并向用户提供残钛加工材。

为提高钛材质量，中国整个钛加工行业实行了全面质量管理，使生产稳步发展。一批钛铸锭和钛加工材，获得了国家金质、银质奖章。中国生产的钛材已远销国外。

为促进钛加工工业的繁荣，国家重视标准化工作。一九七一年颁布了 7 个海绵钛及钛材的冶金部标准。一九八三年颁布了 15 个海绵钛及钛材的国家标准。由于航空部门的特殊需要，航空部又颁布了航空工业用钛材的航空部标准。

为活跃钛学术思想，交流学术信息，中国除编辑出版大量有关技术资料外，还开展多种形式的学术活动。从一九七三年起，每三年（后改每二年）举办一次全国性的钛及钛合金学术交流会。

为增进中国人民与世界各国人民的友谊，促进钛工业进步，中国与国外交往日益频繁。学习和引进国外先进技术。中国代表出席了第四届、第五届国际钛会议。一九八〇年，中国正式成为国际标准化组织（ISO）轻金属学术委员会钛及钛合金分技术委员会成员。中国钛加工工业的成就，赢得了世界瞩目。

第二章 新中国钛加工工业的兴起

第一节 仿制钛合金

一九五八年，北京有色金属研究院孙鸿儒院长，主持改组了合金加工研究室。任命合金加工研究室主任兼书记胡世长、副主任马传彪，充实了钛熔炼试验小组的人员。将原熔炼组的名字，改为钛合金组。谢子和任组长，于淑健任副组长。

钛合金组首先把冶金室检验海绵钛用的非自耗电弧炉调试起来，搞钨极非自耗熔炼。因钨进入钛锭造成污染，而改用碳极非自耗熔炼。但碳的污染更为严重，不得不采用自耗电电极、氩气保护的熔炼工艺。于是改造原非自耗电弧炉为自耗电弧炉，加长电极杆，用自行车内胎作电极杆运动的密封套，用土办法解决了电极的密封问题。自行设计制造了电极夹头和电极压模，调试成功245吨油压机，解决了方20、长300毫米电极的压制与焊接问题。终于突破了设备关、熔炼关，于八月下旬熔炼出一支直径65毫米，重1公斤的小钛锭——中国的第一支钛锭在北京北太平庄问世。

从八月份起，北京有色金属研究院开始仿制钛合金。

他们用从苏联买回的1吨海绵钛制取了中间合金。至九月底，已仿制出BT3-1、BT3、BT5、BT5-1、BT6、BT8等6个苏联牌号的钛合金，结果比较满意，常温性能达到了标准。后来又采用抚顺铝厂生产的海绵钛，重点研制了BT3-1耐热钛合金，其性能也达到了苏联标准要求。

仿制钛合金是一场攻坚战。从“八一”到“十一”，不到60天，在这日日夜夜里，攻克了道道难关。

当时的条件相当艰苦。例如，在原料准备过程中，海绵钛全部是用手锤破碎的。有的人震破了手的“虎口”，鲜血染在锤柄上。他们用20多天，把1吨海绵钛破碎成小块；在中间合金制备过程中，没有经验。6种钛合金，需要加进铝、钼、钒、锡、铬、硅等6种元素。为确保合金成份的均匀和性能的稳定，查阅文献资料，研究确定试制方案，一切从零做起。因时间短而日夜奋战。人们不怕眼睛熬红，身体消瘦，终于试制成功中间合金，熔铸出合格的钛合金锭；试样加工也是困难重重。6种合金，几十个铸锭，几百支试棒和试片，锻造，轧制，剪切，打磨，喷砂，酸洗，全部是笨重的体力劳动，甚至用手工修磨试样。

领导给他们工作以高度评价，授予他们先进小组的光荣称号。钛合金样品送到“中南海”，邓小平总书记亲自接见了研制人员。国家科委向研制者颁发了一等奖的奖金。

由于当时缺少经验，在研制过程中曾出现了片面追求“单指标”，而忽视了全面性能的倾向。转入半工业化生产时的稳定性试验，也欠周密考虑。这是应当引以为戒的。

第二节 北京有色金属研究院 小型厂的问世

钛合金研制成功后，钛加工材的试制，便提上了日程。当时，航空工业部、航天工业部都迫切需要钛材。

一九五八年底至一九五九年初，北京有色金属研究院派加工室刘雅庭到东北轻合金加工厂，利用600吨挤压机，作钛管的挤压工艺探索试验。在厂方的支持下，用中心试验室的碳硅棒炉加热钛锭，挤制出一段钛管坯。

本来，一九五七年中苏签订了稀有金属合作协议，将建设稀有金属材料生产基地，列入了苏联援建的工程项目之中，即所谓的“299工程”。一九五八年，苏联还向中国提供了一套稀有金

属加工厂的设计方案和图纸资料,拟将工厂建在湖南地区。后来,中苏关系明显破裂,在仿制钛合金的过程中,苏联就不再提供实质性的援助。

一九五九年,北京有色金属研究院计划建立以钛为主的稀有金属加工车间。北京有色金属研究院抽出加工专业的骨干力量,组成工艺设计组,李青云任组长,开始了压力加工车间的工艺设计,同时成立了施工管理机构。一个以生产钛锆材为主的较大型的稀有金属加工实验车间在设计筹建之中。

一九六〇年,北京有色金属研究院还作了近期安排。将刘雅庭提升为合金加工室主任,责令胡世长、刘雅庭二主任,抽调熔炼加工专业人员,在北京有色金属研究院的一角,办起了稀有金属熔炼加工中间实验厂,即“小型厂”,边试验,边筹划设备,边小批量生产。

钛合金组从此分为两部份:一部份人员,仿制与独创相结合,搞新合金研制,于淑健为组长。这期间,她编写出《国外钛合金发展趋势》一书。该书是中国出版的第一本关于钛的书籍;另一部份人员,调入小型厂,组成稀有金属熔铸组,搞钛锆钽铌的熔铸,谢子和任组长,沃庭枢任副组长。小型厂后来又成立了稀有金属板材组,组长穆连起、张锡恩,成立了稀有金属线材组,组长王中兴、林荣勤。

稀有金属熔铸组于一九六〇年至一九六一年,自行设计制造了5公斤真空自耗电弧炉,调试成功了沈阳410厂制造的25公斤真空自耗电弧炉。一九六二年至一九六四年调试成功了锦州新生电炉厂设计制造的5公斤及25公斤真空自耗电弧炉,设计制造了真空电极焊箱,购买了500吨带侧压的电极压力机等。至此,熔炼试验车间规模初具,成功地熔铸出了5、10、15公斤钛铸锭。

稀有金属板材组于一九六〇年,自行设计制造了外热式板材真空退火炉、内热式高温井式钼片炉。在 $\phi 300$ 毫米二辊热冷轧机上,轧制出厚2~0.1毫米、宽50~200毫米的钛板带材,包括海绵

钛板及碘化钛板，解决了碱酸洗与表面光亮处理的技术与设备问题。每月以100公斤的规模，进行小批量生产。因供军工急需成绩显著，而获得国家科委的一等奖励。一九六一年、一九六二年，又自己动手，设计改装了二四重带箔轧机，还购入了大二辊及小十二辊轧机、小六辊箔带轧机，建立起轧制力的测试方法，解决了厚0.1~0.05毫米、宽2~100毫米钛箔带材的轧制问题。一九六三年、一九六四年，先后与日本、英国、西德等国订购了真空试验轧机、二四重万能试验轧机、罗恩式小二十辊箔材轧机及一批真空热处理炉等设备。较为完备的稀有金属板材加工实验室初步建成。

稀有金属线材组从一九六〇年起，不到二年时间，就建立起了B201、B202、B203等5台旋锻机及1/460、C18、LS818型及仿日型拉丝设备。开展了电阻加热及阳极氧化的工艺研究。解决了直径0.05~6毫米的钛丝材拉伸工艺问题。每月以50公斤的规模，投入小批量生产。供应了国防尖端的急需，也受到了国家科委的物资奖励。

小型厂的建设和发展，也遇到了重重困难。参加建设与试制的人员，都是刚刚毕业的大学生，缺乏实践经验。然而，恰恰是他们，攻克了钛熔铸和加工的难关。

例如，稀有金属熔炼组曾遇到真空、电气问题。一九五九年，发现氩气保护自耗熔炼并不好，不能排除有害气体，铸锭出现皮下气孔，须改用真空自耗熔炼的方法。当时，国产真空设备正处于攻关阶段，加上研制人员又不懂设备，不懂真空技术，工作十分吃力。一出现真空泄漏问题，就拆泵、装泵、拆管路、装管路，这里涂点儿密封油，那里抹点儿橡皮泥，一折腾便是几天几夜，一头汗水，一身油泥。后来摸出点儿经验，加之国内真空行业突破了真空关、设备关，问题才获解决。电流参数一度也成了主要矛盾。在熔化电极过程中，时常出现熔池飞溅、电弧飘移、打边弧的现象，甚至击穿坩埚。他们又深入学习电气技术。摘自激直流发