

·祝贺师昌绪院士 80 华诞·

## 中国高温合金材料的开拓者 ——著名材料科学家师昌绪院士

范桂兰

(中国科学院金属研究所, 沈阳 110015)

师昌绪是我国著名材料科学家,半个多世纪以来他在金属材料科学的发展特别是在高温合金领域的发展作出了重要的贡献。他是中国高温合金开拓者之一,领导研制出我国第一代空心气冷铸造镍基高温合金涡轮叶片,获国家级奖励 10 余项,并培养了一批高质量的科技人员。参加或主持制订中国有关冶金材料、材料科学、新材料全国科技发展规划,对我国一些重大科技政策、措施及规划等方面,提出了重要建议。1989 年被评为全国先进工作者。1995 年获何梁何利科技基金奖。1994—1999 年任中国工程院副院长,他把大半生的精力都无私地献给了祖国的科学事业。是在国内外金属材料研究领域功绩卓著、德高望重的科技领导人。他现任国家自然科学基金委员会特邀顾问、第三世界科学院院士、中国科学院金属研究所名誉所长。

师昌绪,1920 年 11 月 15 日生于河北省徐水县。1945 年毕业于西北工学院矿冶系。1948 年赴美国,在美国密苏里大学矿冶学院攻读硕士学位,从事真空冶金的研究。当时真空冶金工作仅处在实验室阶段,他的研究工作具有一定开拓性。1949 年 5 月他获得了硕士学位,并获麦格劳·希尔奖。1950 年 1 月在欧特丹大学冶金系任研究助教,同时攻读博士学位。博士论文是“铟-砷-铋三元族元素相图”,他克服了困难,完成了研究工作,获得博士学位。这项工作为后来化合物半导体研究提供了参考。

攻读博士期间,国内的北洋大学曾聘请他回国任教,但当时正值抗美援朝期间,未能成行。因此,他在完成博士学业后,继续受聘于麻省理工学院(MIT)冶金系,在著名金属学家 M·柯恩教授的指导下,进行博士后研究工作。他首先进行了恒温马氏体研究,还开展了“硅在超高强度钢中作用的研究”,80 年代初,师昌绪访问麻省理工学院,应邀在材料

科学与工程系报告时,他原来的导师 M·柯恩教授在介绍他时有这样一段话:“师昌绪是中国著名研究所的著名科学家,他曾在麻省理工学院从事硅在超高强度钢中作用的研究工作,取得很有成效的结果,目前飞机常用的 300M 钢就是在他研究工作基础上发展起来的”。

师昌绪在麻省理工学院期间,虽然工作进行的很顺利,生活也很舒适,但他并没有放弃回国的念头,特别是中国在朝鲜战场上的胜利,使他倍受鼓舞。因此在研究工作之余,他冒着危险与留美中国学者一起积极组织争取回国活动。1955 年春,美国公布同意 76 人中国留学生回国名单,师昌绪名列其中,同时达成中美两国大使在华沙会谈协议,为中国留学生回国打开了大门。同年 8 月师昌绪和同伴们顺利地回到了日夜思念的祖国。

师昌绪回国后,服从分配来到沈阳中国科学院金属研究所。师昌绪立即来到鞍钢,和同事们对精矿烧结、高炉渣的形成及平炉冶炼与铸锭等方面开展了广泛的研究。在他主持下建立了钢中夹杂物鉴定与形成的研究,这对全国钢质量的控制产生了深远影响。

1957 年师昌绪负责主持高温合金方面工作,同时兼合金钢研究室主任。在镍基高温合金中,师昌绪等研制出我国第一个铁基高温合金 GH135(808),代替了当时的镍基高温合金 ЭИ437Б(GH33)。虽然后来 808 合金停止了做叶片材料。但是通过 808 合金的研制,建立了一整套铁基高温合金的冶炼锻造及工艺技术条件,在他们影响下,促进国内掀起了发展铁基高温合金的热潮,在一段时期内,我国高温合金研究处于较高水平。在他主持或建议下,所内相继成立了力学性能检验、物性测试、相分析及微量分析等有关发展高温合金的各项新技术。同时还引进

本文于 2000 年 12 月 20 日收到。

我国第一台 5 kg 真空感应炉,为金属所高温合金的发展奠定了基础。

20 世纪 60 年代初是我国暂时困难最艰苦时期,师昌绪带领助手到了抚钢,在极其艰苦的条件下,师昌绪以坚强的毅力克服困难,除了组织生产攻关活动外。还在抚顺钢厂开办了一个真空冶炼与高温合金讲习班,为我国高温合金立足于国内生产做出了重要的贡献。

1964 年,我国航空发动机设计部门提出“采用空心涡轮叶片以提高涡轮工作温度”的建议。同年 10 月组成了以金属所、606 所及 410 厂为主的三结合攻关小组。师昌绪任组长,并在所内组织上百人的队伍,开展空心涡轮叶片的研制。大家群策群力,各自发挥专长,攻克难关。首先碰到的难题是型芯材料的选择,因为是高度保密技术,查阅很多文献不得要领,设计了几个方案,都没有成功。一天,师昌绪偶然从一本美国杂志上看到刊登出售各种规格石英管广告得到启发,认定这可能就是用于制作多孔空心叶片型芯的材料,于是集中力量在石英管上下功夫。经反复试验并配以改变设计和模具,不到一个月就攻下了型芯的难关。接着相继解决了用氟氢酸脱芯、超声波测试壁厚等。仅一年的时间,他们用金属所研制的 M17 高温合金在实验室做出我国第一片 9 孔铸造镍基高温合金空心涡轮叶片,1966 年 11 月,由 410 厂精铸生产线正式投产并提供了一台份,通过了台架试车,结果完全符合设计要求。铸造 9 孔空心涡轮叶片作为改型设计新型飞机发动机的定型叶片,使我国的涡轮叶片发展一步迈上两个台阶(由锻造合金改为真空精铸;由实心叶片改为空心叶片)。是继美国之后世界第二个成功地采用了精铸气冷涡轮叶片的国家,仅比美国晚 5 年时间。

20 世纪 70 年代中期,空心叶片的生产转移到贵州的 011 基地。在贵州,师昌绪和同事们和工人一起住在漏风的工棚,与厂里的技术人员朝夕相处,共同攻关。最后空心叶片的成材率远远超过了该厂生产的实心叶片。这种叶片多年来装备了国家先进机种的发动机。如今已经大批量出口,取得了显著的经济效益。为此该项成果获 1985 年国家科技进步一等奖。

师昌绪始终坚持从我国经济建设的实际出发,为生产实际解决困难。20 世纪 50 年代末,为改变我国长期沿用前苏联镍铬合金钢体系,他提出发展不含镍铬或少含镍铬的高合金钢,并为之艰苦奋斗了 30 余年。用十多年时间先后发展出 Fe-Mn-Al 系

耐热、低温、无磁奥氏体钢, Cr-Mn-N 系耐蚀、耐热和抗锈的高强度不锈钢。为了这些科研成果的推广,他和科技人员长期下厂,帮助解决生产与使用中的问题,在工业生产中取得了很好的效果。如 Cr-Mn-N 不锈钢从成份确定到在工业上的应用,他们苦战了十余年。南京化肥厂的尿素分离塔采用这种钢以后,其使用寿命比铬镍不锈钢延长十多倍。

因为工业燃气轮机用的是劣质油甚至是渣油,工作环境十分恶劣,所以对高温合金的要求更为苛刻。20 世纪 70 年代中期,我国开始引进工业燃气轮机并在南京汽轮机厂定点生产,师昌绪闻讯之后立即带队下厂,承担了发展 IN738 合金的任务,他们用了不到一年的时间,便研制出每片达一公斤多重的大型叶片并解决了使用中的技术问题,开创了我国耐热腐蚀高温合金科研与生产的新局面。

师昌绪十分注重解决成果在推广过程中遇到的难题,他不辞辛苦,走遍了全国的主要特殊钢厂和航空发动机厂。我国发动机要解决延寿等问题,经常邀请他参加各种技术论证会,出厂的产品如果发生故障,也邀他来会诊,由于师昌绪多次较好地解决这类疑难项目,工厂领导都称他为“材料医生”。

师昌绪在注重应用与开发研究的同时,不忘应用基础研究,使应用研究和基础研究协调发展。60 年代初,为了配合高温合金的发展,他与柯伟在国内率先开展高温合金在接近使用条件下力学性质的研究。在国内首先建立了蠕变与疲劳的交互作用试验装置,进而他在国内首先提倡“接近使用条件下力学性能的研究”。由于他的努力,20 世纪 80 年代末国家计委投资金属所建立了一个“材料疲劳强度与失效分析”的国家重点实验室。

师昌绪倡导开展高温合金凝固过程的机理研究,在这种思想的指导下,20 世纪 70 年代,金属所开展了对高温合金在凝固过程中的疏松形成研究。朱耀霄等在研究高温合金共晶形成过程中,发现某些微量元素(如磷、锆、硼、硅等)对合金元素的偏析影响十分显著,这一发现使铸造高温合金的工作温度提高 20—25℃,使变形合金的开锻温度有上百度的提高。并发展了一系列低偏析的铸造、定向和锻造高温合金,使我国高温合金的发展进入一个新阶段。该工作获得 1986 年中国科学院科技进步奖一等奖和 1988 年国家自然科学奖三等奖。1998 年被国际实用材料创新会议授予实用新材料创新奖,是全世界 12 项获奖项目之一。

1978 年,师昌绪担任金属所副所长期间,争取

到联合国工业发展组织的赞助,在金属所成立了材料科学与工程培训中心,仅1981年接待了12个国家和地区近70位访问学者和工程技术人员,举办40多场技术讲座,同时也派出一批科技人员出国访问、考察、进修和合作研究,这对金属所国际地位的提高起了积极的促进作用。

1980年接任金属所所长后,他提出材料基础研究与承担重大任务并重,积极更新设备与开展前沿课题并重的发展规划。充分发挥科技人员专长和创造性,同时十分重视培养研究生,这些工作为金属所在科技体制改革大潮中,迅速走上良性循环发展的轨道打下了坚实的基础。

1982年,师昌绪承担了筹建中科院金属腐蚀与防护研究所的任务并兼任所长,这是我国第一个腐蚀专业研究所。他在选址、征地、组织队伍、创造科研条件、确定研究方向等方面都付出很多的心血,十多年来腐蚀所已形成具有一个博士点和博士后流动站,一个国家重点实验室和一个国家工程技术研究中心的腐蚀科学研究基地,在国内外享有较高的知名度。

1983年,师昌绪在北京主持制订我国新材料长远规划期间,他和另外一位高温合金专家高良共同上书国务院,建议国家迅速开展下一代大推力航空发动机的研制,促进了我国高温合金的持续发展。1984年师昌绪被任命为中国科学院技术科学部主任,他组织学部委员们对钢铁、能源、通讯、计算机、集成电路、科技人员培养等问题进行了咨询,并将报告送到国务院,受到国家高度重视。并在“八五”计划中适当采纳。他极力主张科学院与高等院校联合及相互渗透,他领衔与20多位著名科学家共同提出:中国科学院要与大中型企业联合,要让科学技术推动大中型企业发展,这个倡议受到国家经委的重视,并为此专门召开会议做了安排……。

1986年2月,他任国家自然科学基金委员会副主任,在任职期间,他提出很多具有创见性的建议或意见,为我国基金制的建立和发展做出了贡献。此外,他亲自制订与主编科学基金《项目指南》,为国家自然科学的发展起到导向作用。他亲自主持了《学科发展战略研究》系列丛书的启动与编写,对国家基础和应用研究的发展,提出了一套比较完整的看法。被学术界认为对推动我国基础研究的发展颇有新建树。

作为“863计划”新材料领域专家组的顾问,他积极推进中国新材料的创新研究与尖端课题。作为

国家计委科技司聘任的专家组组长,他在1988年到1991年为国家重点实验室的建立付出了大量的心血,特别是公正地主持或参与利用世界银行贷款建立的75个国家重点实验室和58个专业实验室立项和可行性报告的评审。1996年受国家科委和计委的委托下,他主持并顺利完成了我国投资强度大、涉及面广、情况复杂、难度大的重大科学工程项目的评审工作……。在确定启动“重大基础研究”项目时,只有农业、环境等五个领域而没有材料,为此师昌绪于1998年2月向国家科技领导小组上书,阐明材料应列入重大基础研究范围,当即得到批准,为材料科学的发展拓宽了新的研究领域。

师昌绪作为中国工程院发起人之一,他是提出组建方案的主持人和筹备组副组长。1994年中国工程院正式成立,他被选为副院长,由于他在工程院有较高的威信,1997年被选为中共15大代表。

为扩大国际学术交流,师昌绪十分重视出版工作。1984年他创办并主编了我国第一个英文版金属材料杂志《Journal of Materials Science and Technology》、《能源材料》(现改名为《材料研究学报》)、《中国科学基金》、《自然科学进展》,任《金属学报》主编近15年,他还主编了《材料科学大词典》、《材料科学技术大百科全书》,最近他又主持编译了德国VCH出版的《材料科学与技术》丛书中文版,共23本2000余万字。

师昌绪十分重视科技人才培养。他主张充分发挥每个人的创造性和专长,鼓励助手在研究工作中要有坚韧不拔的精神,几十年来带出了一支能打硬仗的攻坚队伍,其中已晋升高级职称的上百人,有的已担任所长或副所长、室主任、省科协副主席,开发部门的负责人等职务,他是两个学科的博士生导师,已和合作者共同培养硕士、博士毕业生近100人,并在国内外发表论文300余篇。

回顾40多年来的工作,师昌绪深有体会地说:“一要有恒心和坚韧不拔的毅力,否则将一事无成。二要依靠集体的力量,每一个人都有长处,做为一个指挥者或领导者,要善于发挥和利用他们的长处。三是对科研水平的认识。在回国初期,曾把发表论文做为最重要的目标之一;在承担了发展新材料、新工艺的任务以后,就改变了看法,衡量科研水平的一个更重要的标准是看能否解决实际问题”。

现在,师昌绪作为材料科学界的一代宗师,他每天的活动日程仍然安排满满的,他仍然精力充沛地为祖国的科学事业繁荣昌盛而忙碌着……。