



赵振业

Zhao Zhenye

赵振业

金属材料专家。1937年11月13日出生,河南省原阳县人。1961年毕业于西北工业大学金属学及热处理专业。北京航空材料研究院研究员、博士生导师,国家级有突出贡献专家。40多年来一直从事航空超高强度钢应用基础理论、合金设计和应用研究。主持并为主完成“300M钢应用研究”,提出“提纯原材料”VIM+VAR高纯熔炼、“锻—拔开坯”技术路线,研究成功300M钢;创新发展材料应用科学与技术思路,设计长寿命起落架等总体技术方案,提出“无应力集中”抗疲劳概念,创新和集成创新抗疲劳应用技术体系和先进工艺技术。实现了长寿命起落架重大工程目标和技术跨越发展,并得到广泛应用。系统研究二次硬化、超细化等强韧化机理与合金设计,获中温超高强度钢、超高强度不锈钢等5项发明,开拓航空超高强度钢新领域,为合金体系发展和多项重大航空工程做出贡献。获国家科技进步奖一等奖等国家级科技成果奖5项,部级科技成果奖6项。获国家发明专利2项。出版《合金钢设计》专著,发表论文60余篇。2005年当选为中国工程院院士。

我出生在豫北平原黄河岸边一个乡村教师家庭。昔日的家乡土地贫瘠,兵匪横行,水、旱、蝗、汤闹得乡亲们家徒四壁,缺吃少穿。父亲用微薄的薪水维持着一家人的生计,节衣缩食,变

卖家什,供给我读完了高中。人民助学金支持我完成了大学学业,我是那个年代的幸运者。

我于1961年分配到北京航空材料研究院,圆了我当一个科研工作者的梦想。40多年的材料研究磨炼是我对探索未知自憧憬而热爱到快乐的演进历程。我很庆幸,一接触工作便投入了我国第一个12%Cr型马氏体热强不锈钢研究。虽然那是跟着老一辈研究人员学步,而且一学就是10多年。但是作为一个主要参研者,看到亲自创造的综合性能优于国外同类合金的新钢种,并先后在三个航空发动机上压气机转子叶片、轮盘应用成功;回味在那场“文化大革命”中日夜兼程走完的从合金设计、实验研究、工业试制到应用研究、构件生产革新材料研究全过程,从中学到的知识,积累的经验,培养的习惯以及对随后从事研究工作的裨益,我感到很值得。

1975年起,我开始步入新的研究领域,进入独立研究时期,受命主持研究航空中温超高强度钢。当时除了美国把热作模具钢H11用作飞机构件外,世界上还没有一个真正的航空中温超高强度钢。我从研究二次硬化和强韧化基本理论出发,在硬化特征、相变、热处理、力学性能、工艺性能等系统探索基础上,研究成功以Mo为主强化元素,Cr为调整元素的38Cr2Mo2VA中温超高强度钢。由于巧妙地利用了Mo元素的强二次硬化效应,少量Cr元素与Mo配伍能压低Mo的硬化峰值,减少其对基体韧性的伤害程度,调整钢的韧性;少量Cr还可以提高Mo硬化峰前的硬度,调整钢的回火曲线,拓宽回火温度范围等特性,38Cr2Mo2VA钢不仅达到了超高强度,综合力学性能良好,耐温高达500℃。而且,合金元素总添加量不足5%,从而将该类中温钢由中合金体系降为低合金体系。新钢种的研究成功,解决了飞机后机身超温超重的选材问题,如今已经生产使用20多年。获得国家发明三等奖。

起落架是飞机的最重要构件,疲劳性能要

求很高。长期以来,起落架寿命短,故障多,一直是困扰我国飞机设计发展和可靠使用的难题。1983 年秋,我开始主持超高强度钢 300M 研制和长寿命起落架应用研究课题。结合我国熔炼设备和技术现状,在之前研究基础上,提出“提纯原材料,降低硫含量”、“镓—拔开坯”技术路线建议,经抚顺钢厂创新提纯技术,于 1984 年一举达到美国标准要求 and 实物水平,从而开拓了一条自己的冶金技术路线,中国航空超高强度钢开始走上了 VIM+VAR 双真空熔炼的高纯道路。300M 钢是世界最好的起落架钢,强度高,韧性良好,固有(应力集中系数 $K_t=1$) 疲劳强度高,用作起落架可做到体积小、重量轻、寿命长、使用可靠。但是,其突出缺点是疲劳强度对应力集中敏感和氢脆敏感。如不解决,非但不能满足起落架要求、充分发挥其超高强度优越性,还会潜在灾难性隐患。为此,提出了发展材料应用科学与技术思路,从抗疲劳原理出发,设计了长寿命起落架的总体技术方案。研究并提出一种“无应力集中”抗疲劳概念,研究了微观机理,建立了理论模型。在系统研究基础上,创新和集成创新了抗疲劳应用技术体系,即表面完整性机械加工技术体系;表层组织再改造性技术体系;表面完整复合防护技术体系,构件细节设计技术体系和(分课题负责人为主创新的)10 多项先进工艺。这些技术克服了 300M 钢的两项弱点,回复了因应力集中丧失的疲劳强度,抑制和防止了氢脆。这些技术用于国产 300M 钢制造起落架,疲劳寿命一举达到 5 000 小时不破断,增加载荷 30%再继续试验至 6 000 小时仍不破断。这一结果远远超过了课题规定 3 000 小时指标,也超过了国外同类起落架最高规定 5 000 小时指标。如今,起落架已广泛应用于多种飞机,使用至今无故障。实现了我国长寿命起落架的重大工程目标,开

拓了一条材料应用科学与技术实现长寿命构件的技术道路。获得国家科技进步一等奖。

我国是一个海岸线很长的国家,各种飞机经常处于海洋气候环境中,发展超高强度不锈钢,解决腐蚀问题,提高全寿命期经济可承受性是个现实问题和发展方向。为此,我和我的研究生一起致力于强韧化机理研究。经过几年探索,初步获得三个新机理:超细马氏体板条、超细沉淀相 M_2C 、 Fe_2Mo 和逆转变奥氏体。优选了一个合金成分体系: $Fe-13Cr-12Co-Mo-Me$ 。在实验室采用 VIM+VAR 双真空高纯熔炼和控制相变热处理后,抗拉强度 (σ_b) 接近 1 900 MPa,断裂韧性 (K_{Ic}) 达到 $110 MPa^{1/2}$ 。把不锈钢提升到了超高强度。与此同时,为解决机械传统系统长寿命齿轮、轴承问题,还设计了一种表层硬化型不锈钢齿轮轴承钢 $Fe-14Cr-12Co-Mo-Nb-Me$,力学性能达到 $\sigma_b \sim 1850 MPa$, $K_{Ic} \sim 110 MPa^{1/2}$,探索研究的表层超硬—韧化方法可使钢的表面硬度达到 HRC70 以上,500℃下的硬度保持在 HRC63。把齿轮轴承钢也提升到了超高强度高韧性并双获国家发明专利。

40 多年专业研究取得的国家级成果和 5 项发明,构筑了我国航空超高强度钢体系的基本架构:低合金钢、中合金钢、高合金钢和不锈钢。我满怀信心地在和年轻同伴们继续完善这一体系,进一步提高航空超高强度钢的性能水平。我国是一个机械制造大国,传动问题也很突出。近来,还热衷于高性能传动齿轮、轴承应用、制造的基础理论和技术研究。

40 多年科研历程和所取得的各项成果中,凝聚着我大半生的拼搏,蕴涵着同伴们的功劳和无私奉献,也饱藏着父母妻儿的含辛茹苦。我永远铭记他们的高贵,敬仰他们的伟大!