

·基金纵横·

国家自然科学基金是我们从事 基础研究的坚强后盾

孙维莹

(中国科学院上海硅酸盐研究所, 上海 200050)

基础乃一切事物发展的根本。基础研究是整个科学与技术发展的出发点。从事基础研究需要一支有持久性、较高的科学水平、且不计较个人经济得失的科研队伍。目前,在我国处于从计划经济转向市场经济的环境下,要稳定这支队伍确实不太容易。在这方面,国家自然科学基金发挥了重要的作用。我们能坚持 10 多年开展基础研究的一个重要原因就是长期受到了国家自然科学基金的支持。我们深切地体会到,国家自然科学基金是我们从事基础研究的坚强后盾。从 1987 年至今,我们课题组总共获得了国家自然科学基金的 7 项资助,其中与氮陶瓷有关的有 6 项,即 1 项重大基金(“结构陶瓷的组成(结晶相)设计及原理研究”); 2 项重点基金(“自增强 Sialon-Alsion 复相陶瓷设计及研究”,和“复相结构陶瓷材料设计及晶界应力研究”)和 3 项面上基金(“原位自增强复相氮陶瓷的研究”;“氮化硅和稀土氧化物高温相平衡和结晶化学研究”;“稀土-Sialon 陶瓷的高温抗氧化研究”)

我们长期从事的基础研究主要是围绕着氮化硅基陶瓷。氮陶瓷,尤其是氮化硅基陶瓷,是一个重要的材料系统。和以 $[\text{SiO}_4]$ 四面体为基本结构单元的一类硅酸盐材料相似,氮化硅基陶瓷则是以 $[\text{SiN}_4]$ 或 $[(\text{Si}, \text{Al})(\text{O}, \text{N})_4]$ 四面体为结构单元的一大家族材料。氮化硅基陶瓷具有耐高温,高强度,高硬度和耐磨损等优异性能,已在密封环、陶瓷车刀和陶瓷发动机部件等方面得到应用。它的优异性能归因于 Si-N 键的高共价性。但是,高的共价键性又导致氮化硅低的扩散系数。若没有适当的添加剂,氮化硅材料无法烧结致密。因此,寻找有效的添加剂,主要是金属氧化物,已成为发展氮化硅基陶瓷的重要研究内容。(事实上,我们于 80 年代就开始从事 M-Si-

Al-O-N 系统(M = Y, Li, Ca, Mg, 稀土元素)的高温相平衡研究,并因此而获得 1987 年度中国科学院科技进步奖一等奖。它为建立氮化物与氧化物之间的相容性关系,为材料的制备提供了重要的基础数据)。在有效的氧化物添加剂加入后,它们与氮化物原料表面附着的氧化物在高温时形成液相,促进了材料的烧结致密化。烧结以后的液相一般在冷却过程中形成玻璃而残留在陶瓷材料的晶界上,且有损于材料的高温力学性能。因此,设计耐火度高的玻璃晶界相;或通过组份设计使玻璃相的组份在烧成后通过中温热处理析晶成结晶相;或通过组份设计使加入的氧化物在烧成过程中既能形成液相,在烧结后又能固溶进氮化硅的结构中形成所谓的 α -Sialon 陶瓷都是提高氮陶瓷的力学性能,尤其是高温性能的有效途径。陶瓷材料的力学性能在很大程度上又依赖于它的显微结构,长柱状的晶粒与晶须和短纤维相似,对材料具有增强和增韧的作用,因此微观结构的优化设计也是提高其力学性能的主要途径。氮化硅基陶瓷存有多种 Sialon 物相,它们分别具有不同的性能和显微形貌,这给材料的组份和微观结构设计带来了很大的空间。如何对这些 Sialon 物相进行组份设计,使它们在性能和微观结构上得以剪裁,已成为了当今氮陶瓷研究的一个热点。

十多年来,在国家自然科学基金的大力支持下,通过我们这一领域坚持不懈的努力,取得了不少国际一流水平的研究结果。1987 年以来,我们在国内外刊物及重要国际会议上发表了 100 余篇论文,其中在国外发表的近 80 篇,且绝大多数是为 SCI 收录的期刊。经 SCI 检索,至 1996 年止,论文被他人引用 76 次。国内外著名的材料科学家严东生院士是此项基础研究的指导者,他多次被邀请参加国际

本文于 1999 年 3 月 23 日收到。

会议就我们的研究成果作特邀报告,如1988年日本的MRS会议;1991年日本陶瓷协会100周年年会;1992年美国MRS会议和1996年的澳大利亚陶瓷年会。由于在此项工作中所取得的成就,我本人被推荐为国际陶瓷科学院院士。我们发表的M-Si-Al-O-N系统的相图中有12个系统被美国标准局出版的“Phase Diagram for Ceramists Vol.10”所收录。在研究Ln-Al-O-N系统(Ln = La, Ce, Pr, Nd 和 Sm)相关系中,发现的新相 $\text{LnAl}_2\text{O}_8\text{N}$ (一类新的磁铝矿化合物)的X射线衍射数据,被粉末衍射的JCPDS卡所收录。在稀土-Si-Al-O-N系统,我们已为国际衍射数据中心(ICDD)提供了7个化合物精确的X射线粉末衍射图谱和晶胞参数,并分别在1995年和1996年2次获得ICDD的嘉奖。ICDD还将我们发表在文章中的一些氮氧化物的XRD图谱收录为标准的JCPDS卡片数据。依据相关研究中所取得的成果,我们又提出了对复相陶瓷的组份和微观结构设计的设想。通过实践,证明了这些设想的正确性,如原位自增强的 α - β -Sialon和 α -Sialon-12H(一种AlN多型体)复相陶瓷。 α -Sialon具有高硬度, β -Sialon具有高强度,而且在微观结构上, α -Sialon一般呈等轴状,而 β -Sialon易发育成长柱状。经复合后能获得长颗粒和短颗粒紧密排列的显微结构,这种结构有利于在断裂时发生长颗粒的拔出,从而产生增韧效果。国际上对 α - β -Sialon的研究都是以玻璃相作为晶界相,故高温强度较低。我们依据Y-Si-Al-O-N系统的相关系,提出以YAG($\text{Y}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$)作为其晶界相。这种材料通过气压烧结其抗折强度达925 MPa,断裂韧性为 $7.2 \text{ MPa}\cdot\text{m}^{1/2}$,硬度为1 884(HV₁₀),1 000℃时的抗折强度为830 MPa,1 350℃时仍能保持为715 MPa,其综合性能超过通常的 α - β -Sialon陶瓷。此项成果已申请了专利。由于在氮陶瓷的相平衡和组份设计研究中所取得的成就,我们荣获了1997年度中国科学院自然科学奖一等奖。

十多年来,我们先后与国际上开展氮陶瓷研究

的著名实验室保持了长期、良好的合作研究关系,如美国密执安(Michigan)大学,英国纽卡索(Newcastle)大学,瑞典斯德哥尔摩(Stockholm)大学和澳大利亚蒙那叙(Monash)大学。通过国际协作,不仅联合发表了20多篇论文,并且提高了我们的工作水平,扩大了我们在国际上的影响。美国密执安大学的田增英教授评价我们课题组在研究相平衡方面是国际上3个中心之一。英国纽卡索大学Jack教授对我们Y-Si-Al-O-N系统相平衡的工作给予了高度评价,将我们的相图在未正式发表前已散发给英国的同行。正是由于在国际上享有一定的声誉,我们多次得到国际资助,使课题组人员能出国开展协作研究。美国密执安大学田增英教授和严东生院士还联合申请到3次美国国家科学基金会的资助。通过国际合作,使某些国内尚无条件完成的高难度研究工作能利用国外的先进设备得以顺利进行。近年来,研究具有长柱状晶粒形貌的 α -Sialon陶瓷成为国际上氮陶瓷的热门课题,这是因为这种材料既保持 α -Sialon的高硬度,其显微形貌又具有自增韧作用。由于这一新颖课题尚有不少科学问题有待深入,国家自然科学基金委员会又大力支持我们与澳大利亚蒙那叙(Monash)大学开展合作研究(“高硬度,自增韧 α -Sialon陶瓷的制备与研究”),使我们能及时加入到国际前沿课题研究的行列中。

在取得丰硕研究成果的同时,我们培养了一支高质量的学术研究队伍。有3名博士生和7名硕士生分别取得了博士和硕士学位,其中1名硕士生获1998年度中国科学院刘永龄奖。2名博士生和1名硕士生在读。3名博士都先后得到国外的资助在国外做博士后。6名硕士也得到国外资助,在国外完成和正在就读博士学位。

我们深深地体会到,我们所取得的点滴成绩都与国家自然科学基金的资助密切相关。没有国家自然科学基金长期以来连续不断地支持,我们不可能保持一支稳定的骨干队伍,更不可能在这一领域的国际学术界占有一席之地。

NSFC——THE POWERFUL BACKING FOR OUR BASIC RESEARCH WORK

Sun Weiyong

(Shanghai Institute of Ceramics, CAS, Shanghai 200050)