

在新材料领地辛勤耕耘

王 景 唐

(中国科学院金属研究所)



近十多年来,我根据国家对理论工作和发展高新技术的需要,进行了液态与非晶态的相关性、非晶态合金的形成及晶化机制、纳米晶和超细粉的形成及性质等研究,并取得一些较系统的、创造性的科技成果。

在现代科学非常发展的今天,人们对于“气态”和“固态”已有相当深刻的了解和研究,然而对于“液态”的研究,却仍是一块尚待辛勤耕耘的土地。

液态金属研究一般需要在高温下进行,实验条件苛刻,所以研究液态金属的性质和结构是相当困难的。多年的实践使我们认识到要深入研究液态金属的结构和性质,就必须把它和固态的研究结合起来进行,特别要注意把它与新型材料(如非晶态材料)结合起来进行探索和研究,从而开拓出新思路,并形成特色。

非晶态金属是本世纪 70 年代才得以迅速发展新材料。它是由合金熔体在大约每秒百万度的激冷速度条件下形成的。由于熔体激冷凝固,合金中的原子来不及有序排列而形成无序态的非晶态金属,与传统工艺生产的晶体金属材料相比,它具有诸多优异性能,故而被誉为金属材料和工艺上的一次“革命”。因此,研究液态与非晶态金属的相关性,如液态金属的结构、性质与非晶态金属的形成能力,就显得十分重要。

非晶态金属可视为“冷冻了”的液态金属。研究液态金属与非晶态金属的相关性可以深入了解非晶态的形成能力及其玻璃转变,同时又可深化对液态金属结构和性质的认识。早在 1977 年,我们首先提出了把“液态金属与非晶态金属”结合起来研究的观点,并作了学术报告。我们对液态与非晶态的粘度(两者的粘度比值达 10^{15})的相关性做了研究,得到了创新的结果。通过实验和计算,对过去由熵模型导出的粘度公式引入结构因子进行修正,率先得到能够统一描述合金熔体及其非晶固态的粘度随温度变化规律的表达式,该关系式具有广泛的适用性,进而又从应力场论出发也导出该关系式。据此计算出温度-时间-相变(3T)图和形成非晶态的临界冷却速度,加深了人们对液态和非晶态相关性的认识。

我们又对过冷液态金属性质进行了变分计算研究,根据 Gibbs-Bogoliubov 热力学变分算法,以硬球体系为参考体系,对第 III 族中铝、钙、铈及过渡金属钛进行了过冷液态热力学性质计算,从 C_p -T (热容-温度) 曲线得到非晶转变温度 T_g ,据此估算出液态金属形成非晶态的能力。这些工作,在国内尚未见报道,在国外也属罕见。

激冷速度测量具有非常重要的意义,因为冷却速度是由液态金属形成非晶态时的重要参量。我们首次用红外热成像技术直接测量了熔体喷铸时的激冷速度(10^5 — 10^9 度/秒)。据此,

研究了激冷速度对铁镍基非晶合金的性能和结构的影响,得到有特色、有创见的研究结果,如冷却速率对非晶合金膨胀系数、比热和磁各向异性的影响等。

我们首次研究了铁-硫、铁-锰、镍-铝-磷、钴-硫、钴-碳、钴-硫-碳等二元和三元合金熔体的表面张力和表面组成,并将表面层中组成沿深度分布的实测值与按表面张力计算的吸附值进行比较,进而探讨了偏析元素扩散系数测定的新途径,还据此计算了镍-磷熔体形成非晶态的能力。

我们在研究非晶态硒(a-Se)的晶化过程中,发现硒的玻璃转变的可逆新现象,并首先研究了其转变分数与温度、时间的定量关系。正电子多普勒展宽线性参数S测试表明,这一可逆转变过程是外层电子湮没增加,而芯态电子与正电子湮灭减少的过程。进而指出a-Se的玻璃转变实质上是一个以 $D^+ + D^- \rightarrow 2D$ 双粒子反应为特征的可逆转变过程。此项研究具有重要理论价值和实际意义。

在上述研究的基础上,我们成功地研制出Ni-P和Ni-Cr-Si-B系非晶态钎焊料,分别用于核电站工程的反应堆内组件和航空发动机组件,并取得显著经济效益。研制的铁基超高强度非晶带,将在航空航天事业中发挥重要作用。

另一项有特色的工作,就是由非晶合金相变法形成纳米合金和超微粉的研究。纳米固体材料是指由具有清洁表面的粒度为5—20纳米的超微粒子经高压成型材料,它具有高磁化率、高扩散率、高比热、高热膨胀、高强度、高韧性等诸多优异性能。这种材料无论在理论上还是在应用性能上,都引起各国科学家的极大兴趣,被誉为“21世纪最有前途的材料”。因此,如何廉价、大量地制备纳米固体材料,将是研究纳米材料和未来应用的基础。我们在深入研究非晶态金属晶化机制的基础上,对纳米晶的形成和制备,做出了创新的研究成果。

我们采用电子显微镜原位观察非晶态合金的等温晶化过程,发现晶体长大时呈“台阶型”长大,并通过理论分析提出了非晶态合金晶化过程的新机制,即晶化过程不仅有传统理论所说的单原子跃迁(或扩散)过程,而且有有序原子团的“切变沉积”呈“台阶型”长大的过程,合理地解释了文献中所发表的实验结果。基于所提出的新的晶化机制导出了晶体长大速率的表达式,进而根据此表达式和形核速率以控制晶粒的尺寸,从而发展出可制备价廉量大的多种纳米晶合金和超微粉的新方法,获国家发明专利,为纳米晶材料的制备开辟了有广阔前景的新途径。所研制的纳米粉体作为催化材料曾在加氢催化反应中应用,具有显著效益,可望成为一代新的催化材料。

发展煤田地质学 服务祖国经济建设

杨 起

(中国地质大学)

新中国成立后,由于国家建设急需大力勘查、开发煤炭资源,并需培养一批高质量的煤田地质工作者,我被从基础地质教学科研工作调到煤田地质教学岗位上,在原北京地质学院主持创建了我国第一个煤田地质专业,并在国内首次开出《煤田地质学》和《中国煤田》课。多年来我