

液态 Pb-Sn 合金的内耗研究*

祖方道¹, 朱震刚², 郭丽君¹, 张 博¹, 水嘉鹏²

(1. 合肥工业大学材料科学与工程学院, 合肥 230009;

2. 中国科学院固体物理研究所内耗与固体缺陷开放研究实验室, 合肥 230031)

摘 要: 用强迫振动法测量了 Pb-Sn 合金在熔液状态时的内耗观测到好几个内耗峰. 这说明在液相线以上 Pb-Sn 合金的熔液中仍存在一定的相结构并可能产生相变.

关键词: Pb-Sn 合金; 液态; 内耗

中图分类号: TG111.2 **文献标识码:** A **文章编号:** 0529-6579 (2001) S1-0273-03

对 Pb-Sn 合金熔体的内耗研究发现, 在熔体加热至液相线温度数百摄氏度以上时, 呈现出明显的与频率无关的内耗峰, 这一发现有助于对液态合金结构及其变化的深入研究, 并拓展了内耗研究的新领域. 本文报道这一研究的初步结果.

1 问题的提出

液态物理已成为凝聚态物理的一个重要分支和前沿, 而液态结构的研究, 由于现今实验手段和目前理论的局限性, 无论是内容上还是方法上, 尚有许多空白等待人们去探索^[1].

工业部门许多金属凝固后的组织和性能, 与凝固前液态金属的热历史(加热温度和升温方法)往往有很大关系^[2]. 人们推测这与熔体的结构有联系, 但实验上难以验证. 常见的合金状态图中, 液相线以上无任何定义的线段, 因而对这一普遍现象尚无统一认识. 如果能弄清其内在本质规律, 无论在理论上还是实践上均有重要意义.

内耗作为固体结构、缺陷与相变等领域的有效研究手段已有几十年的历史. 但至今未见用于液态结构的研究报道. 那么, 内耗能否适合于金属液态结构的研究? 如果答案是肯定的, 无疑为液态物理研究和液态结构的实验方法提供了一个新的手段, 同时为内耗的研究对象和内耗的基本理论研究拓宽了新的领域.

2 实验方法和内容

实验对强迫振动扭摆内耗仪的探测部位作了

相应改造. 为了排除高温下试样与其它成分的交互作用, 以石英玻璃特制成熔炼和存放合金试样的坩埚, 并以石英玻璃作为扭摆探头. 实验采用 $w = 99.999\%$ 纯 Pb 和 Sn 配制成不同成分的二元合金. 其相图见图 1. 合金加热至液相线温度以上 $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ 左右熔化, 保温 30 min 后在坩埚内风冷凝固成待测试样.

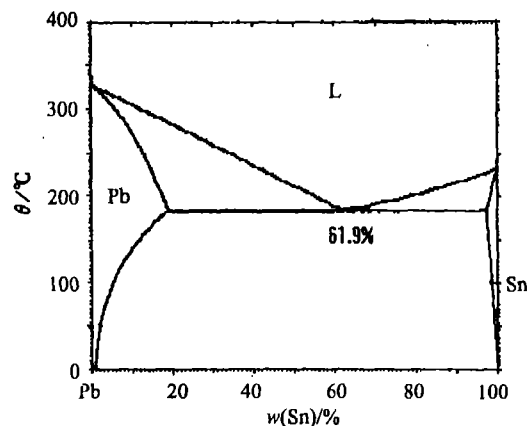


图1 Pb-Sn 合金相图

测试前试样加热至熔化, 然后探头深入熔体内部 12 mm 深度. 为了抑制高温下合金元素的氧化而影响内耗测试结果, 测试过程中保持真空, 抽真空后以 $2.5\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 速度升温并开始内耗测试, 测试频率分别为 $0.5, 1.0, 2.0, 4.0\text{ Hz}$.

3 实验结果

图 2 为共晶成分点 ($w(\text{Sn}) = 61.9\%$) 的内耗温度曲线. 实验结果表明, 升温过程中, 在合金的液相线以上 $300\sim 500\text{ }^{\circ}\text{C}$ 范围内均出现明

* 收稿日期: 2000-12-30; 作者简介: 祖方道 (1956-), 男, 教授.

显的内耗峰(主峰),峰前内耗随温度升高而下

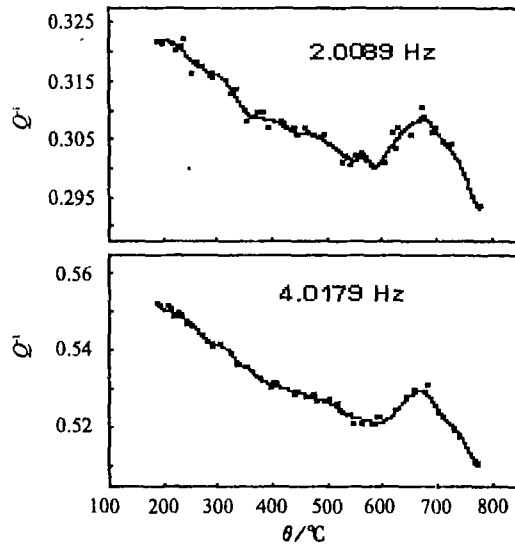


图2 Pb-Sn ($w = 61.9\%$) 合金熔体升温过程内耗

实验结果还指出,在主峰低温侧某一特定温度处,除共晶成分试样外,其他试样内耗曲线上均有次峰出现(如图3),这表明次峰的形成与熔化前亚共晶或过共晶成分固体中先析相承袭到液态的同类原子集团相关.无试样时系统内耗随温度呈线性下降的斜直线,多次测试系统内耗均未见峰(见图4).

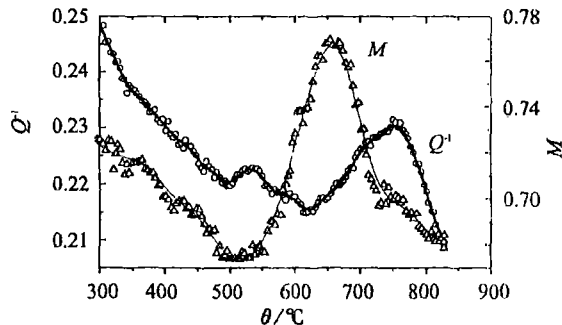


图3 Pb-Sn 合金熔体升温过程内耗

同一成分的试样在不同频率下显示出峰温与频率无关的特性,这与固态相变内耗峰温度与频率无关的特征相吻合.

不同成分试样的内耗峰温相异,且与相图液相线的走势不同.试验还表明,同一试样在升温速率不同或加热循环次数不同时,内耗峰温位置也不一样,这预示着内耗峰的出现存在其内在本质机理,需深入研究.

降,而峰后的内耗均降到比峰前更低值.

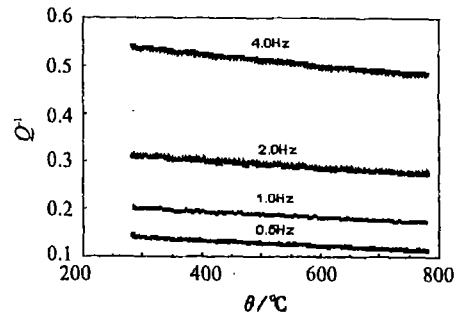
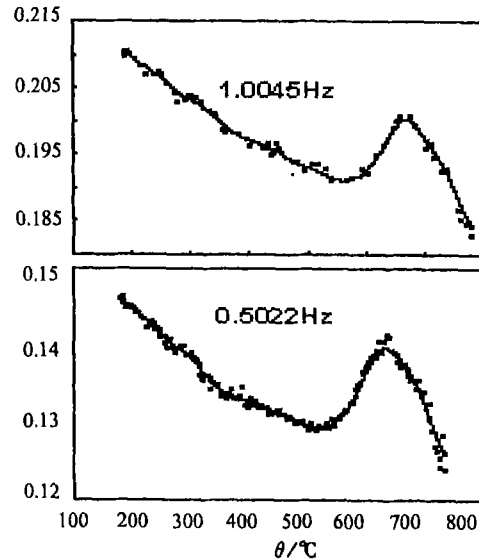


图4 无试样时系统内耗-温度曲线

4 初步认识

峰后内耗值普遍比峰前内耗有明显降低,这表明 Pb-Sn 合金液态结构在峰温处存在一临界转折点(或转变区间),通过临界点液态结构发生明显改变.我们认为,这是因为在合金液相线以上很大范围内仍处在结构不均匀区,原固态组织的共晶体中的富 Pb 和富 Sn 相与共晶先析相(富 Pb 或富 Sn 相)在熔化以后并未均匀熔合,尚存在 Pb-Pb 和 Sn-Sn 局域同类原子集团.当温度越过临界点后,液态结构发生重组,这些同类局域结构基本消逝,从而形成相对均匀的理想液态结构.在这种转变过程中,内耗出现峰值.

过共晶和亚共晶成分试样出现次峰,而共晶试样无次峰的现象,从另一侧面反映了固体中富 Pb 和富 Sn 相遗传下来的同类原子集团对内耗峰形成的影响.

同一试样在升温速率不同或加热循环次数不

同时内耗峰位置不同,反映了热历史对液态结构的影响.

Pb-Sn 合金熔体内耗峰温不随频率变化符合相变内耗峰的特征,但是否属相变内耗峰尚须进一步深入研究.

液态金属出现内耗峰标志着内耗技术可作为研究液态金属的一种有效手段.虽然我们暂且尚不能将其定位为相变峰,但其间液态金属结构无

疑发生了较大的变化.对其它合金系统,如 Pb-Sn, Zn-Sn, Bi-Ga, Bi-Sr, Bi-Sb 等,我们也发现液态有类似的内耗行为.

参考文献:

- [1] SETTE F, KRISCH M H. Science, 1998, 280: 1550 ~ 1556.
- [2] 边房秀,刘相法,马家骥.铸造金遗传学.济南:山东科技出版社,1998.1-8.