

毕业设计、论文选编

(1982)

哈尔滨科技大学

前 言

我校八二届各专业学生圆满地完成了毕业设计(论文)工作。这是自改革招生制度以来,本科四年制学生的第二次毕业设计。由于学校、系(部)及有关教研室重视毕业设计(论文)这一教学环节,认真地贯彻了“打好基础,加强理论与实践结合,提高能力”的教学原则。准备工作充分,选题方向适当;尽可能地与科研、生产及实验室建设任务相结合;注意了学生的独创精神和独立工作能力的培养,加强了工程师的基本训练;广大教师认真指导,严格要求;学生一丝不苟,刻苦钻研,精心设计,取得了可喜的成绩。从设计(论文)的质量上看基本上做到了概念清楚,判断准确,推理合理,文字精练,图表清晰,撰写工整;有的具有一定的独创见解和实用价值,已被工厂、研究所等单位所采用。为了加强教学同科研、生产相结合,使科学技术更好地为经济建设服务,总结交流经验,提高我校毕业设计(论文)这一教学环节的水平,我们从中选取 篇汇编成册,同时按专业装订部分单行本,供校外交流和校内师生参阅。

因编辑水平有限,选编中难免有不妥之处,欢迎批评指正。

哈尔滨科学技术大学 教务处

一九八三年四月

铝合金在旋转磁场下结晶的研究

学 生：马边防

指导教师：葛丰德

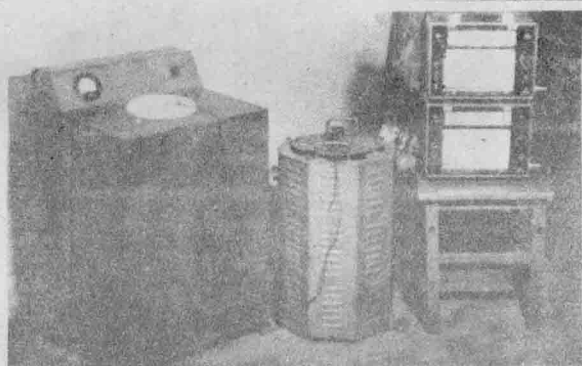
前 言

六十年代以来，国内外在利用磁场控制结晶方面发表了一些研究报告和文章〔1—4〕，其中有的已在生产上应用〔2、3〕。利用旋转磁场控制合金的结晶过程，可使铸件得到具有良好机械性能的细小等轴晶组织〔3、8、9〕。目前，关于等轴晶的形成机理说法不一〔6、7〕。对于等轴晶形成机理，我们也进行了探索。初步得出了结论。

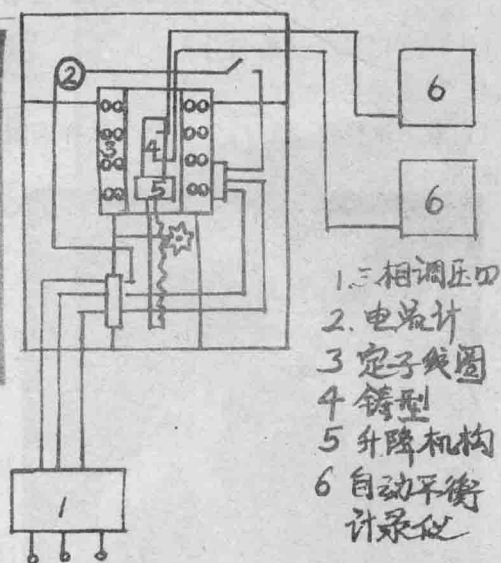
一、试验方法

（一）装备

试验设备主要由三相调压器、旋转磁场发生器和电阻炉组成。其它装置还有二台自动平衡记录仪和一台电阻炉温度控制器。（见照片1）



照片1



旋转磁场装置示意图

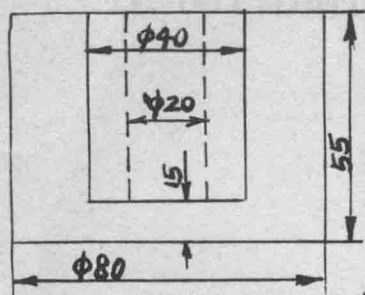
（二）试验内容

1. 宏观组织的研究

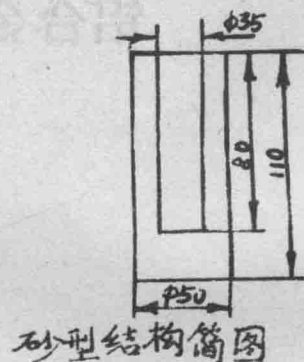
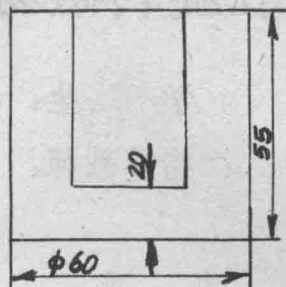
1) 成分的选择

我们选用了两种成分，铝和铝硅合金。每种成分浇注3个试样。其中二个试样在旋

转磁场下凝固（简称磁场试样），并在一磁场试样中放置了竖网。另一试样在重力下凝固（简称重力试样）。网的规格为40目铁网，试验材料由工业用铝、结晶硅配制，转型材料为石墨，有两种规格。具体尺寸见结构简图。



石墨型结构简图



砂型结构简图

2) 腐蚀剂

纯铝： HCl 3份、 HNQ_3 1份、甘油1份。（体积比）

铝硅合金：50ml HCl 、25g $Fe(NO_3)_3$ 、25ml H_2O 。

2. 微观组织的研究

1) 成分的选择

选用的铝硅合金成分为： $Al-7\%Si$ 、 $Al-12.6\%Si$ 、 $Al-18\%Si$ 。采用了石墨型和砂型。砂型具体尺寸见结构简图。

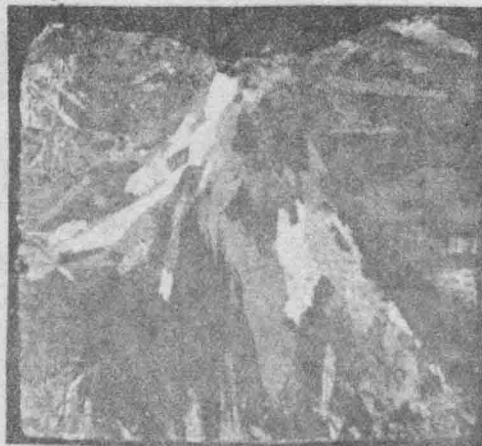
2) 腐蚀剂：5% HF 水溶液。

二、旋转磁场对铝硅合金宏观组织的影响

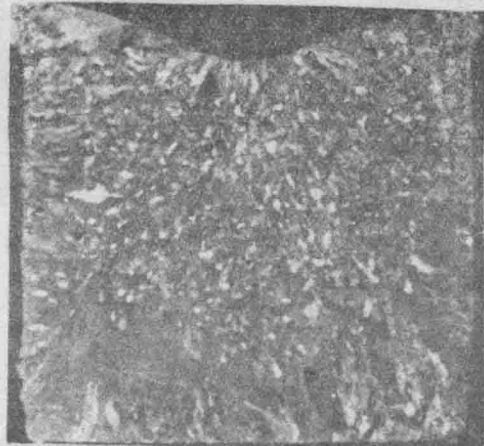
（一）纯铝试验结果与分析

1. 试验结果

1) 重力试样：见照片2。整个试样宏观组织由柱状晶组成，只有中心部位有极少量等轴晶。



照片2



照片3

2) 磁场试样: 见照片3 试样由大量细小等轴晶组成, 边缘处有少量柱状晶。

3) 加竖网试样: 见照片4 网外为细小的等轴晶组织, 网内是粗大的等轴晶和部分由下向上生长的柱状晶。

2. 试验结果分析

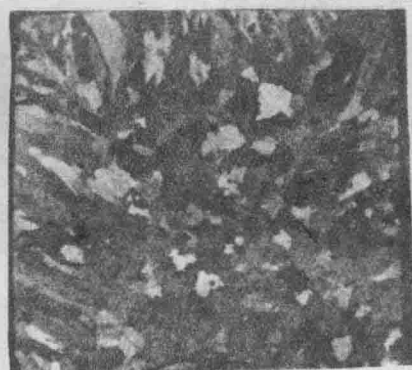
纯金属在结晶过程中是以逐层凝固方式长大的。首先在型壁处过冷, 产生一薄层激冷晶, 晶体垂直于型壁方向生长为紧密排列着的柱状晶, 从而形成了一个完整的凝固壳。因此, 型内微弱的自然对流不足以使型壁晶体大量脱落, 重力试样的组织几乎全由柱状晶组成。而旋转磁场的施加, 使金属液产生了激烈的旋转运动。在液流的冲刷下, 型壁晶体大量脱落, 等轴晶核数目大大增多, 因此, 得到的等轴晶更为细小。铸型中的铁网使脱落的晶体受阻, 网内只能有少量的等轴晶核心, 使底部柱状晶得以生长。网内网外组织大不相同。

(二) 铝硅合金试验结果与分析

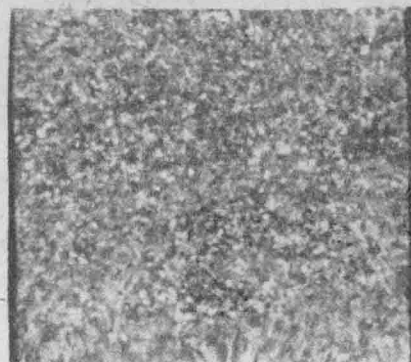
1. 试验结果

1) 重力试样: 见照片5。试样组织基本由大量粗大等轴晶组成。这与纯铝试样有很大差别。

照片5



照片6



2) 磁场试样: 见照片6。

整个试样由细小等轴晶组成。

3) 加竖网试样见照片7。其组织与纯铝加竖网试样类似。

2. 试验结果分析

我们认为: ① Al—7%Si 合金具有较宽的结晶温度区间, 并且在结晶时会放出大量的结晶潜热, 所以, 趋于体凝固方式, 结晶时不易形成完整的凝固外壳。②由于冷却速度快, 溶

照片7

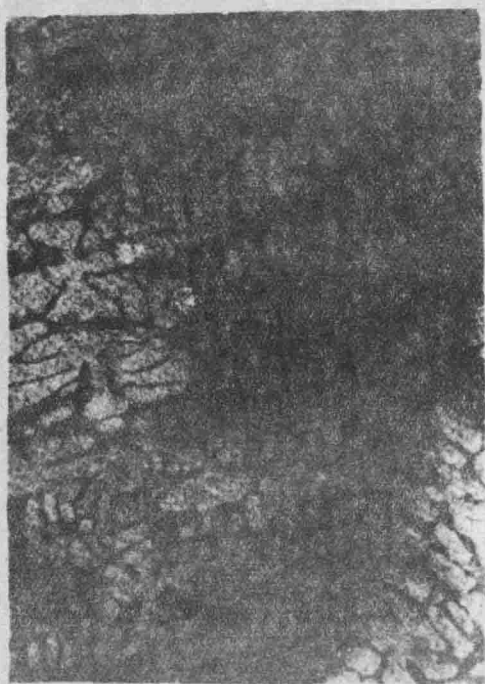


质原子的扩散来不及进行完全，型壁上结晶的晶体就会在根部产生颈缩。以上两种因素造成了型壁晶体脱落的有利条件，型内液态金属的自然对流，便会使一些型壁晶体脱落。因此，重力试样中也会出现了大量粗大等轴晶。旋转磁场强化了液态金属的流动，使型壁晶体脱落更为明显。从而得到的等轴晶非常细小。

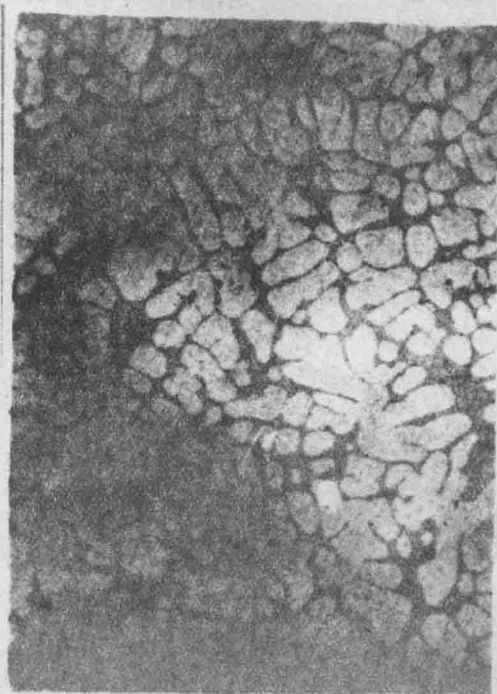
三、旋转磁场对铝合金微观组织的影响

1. 试验结果

1) $Al-7\%Si$ 亚共晶合金：见照片8、9。重力试样中， α 枝晶长大，具有明显的方向性。而磁场试样的 α 枝晶短小、变粗、失去方向性。



照片 8 X100



照片 9 X100

2) $Al-12.6\%Si$ 共晶合金：见照片10、11。重力试样的针状硅细小、密集。而磁场试样的针状硅变粗、变长、分布较稀疏。

3) $Al-18\%Si$ 过共晶合金：见照片12、13。重力试样的初生硅多为多角型块状。而磁场试样的初生硅呈长条状。

2. 铝硅合金显微组织分析

影响成分过冷的主要因素是界面前液体中温度梯度 G_L ，以及界面前随溶质偏析而变化的液相线 T_{xc} 。(如图一所示)〔4〕指出：旋转磁场能提高界面前的温度梯度 G_L ，从而，减小了界面前成分过冷。(如图二所示)重力试样在结晶时，由于固液界面前液体中存



照片10 X300



照片11 X300

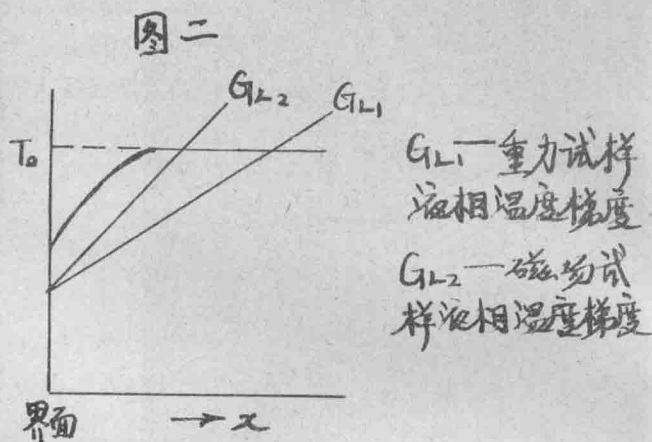
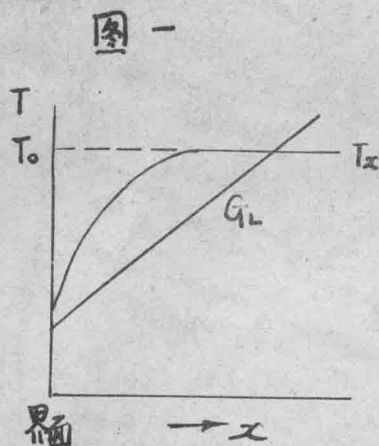


照片12 X100



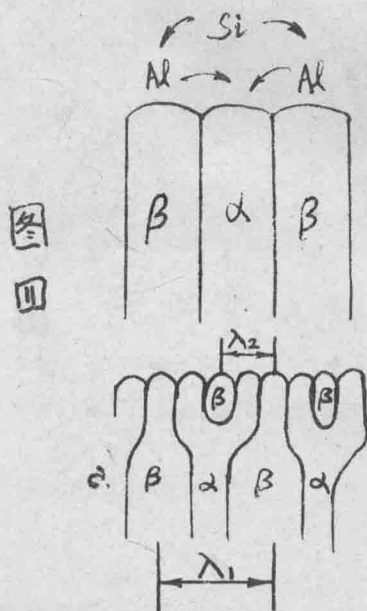
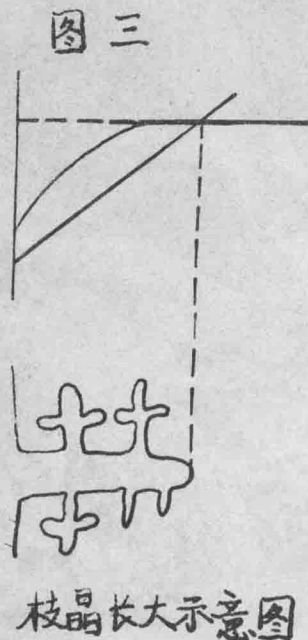
照片13 X100

在一个较宽的成分过冷区，所以，界面上的突出部位能伸入到液体中距离较长。同样，一次分枝的侧面也面临着成分过冷。因此侧面上能长出二次分枝。如成分过冷足够大，



在二次分枝上会出现三次分枝（如图三所示）。前面已经过析过，旋转磁场会减小界面前的成分过冷并强化液态金属流动。因此，磁场试样的分枝不发达，液流的冲刷使具有颈缩的枝晶脱落、碎化、失去方向性。

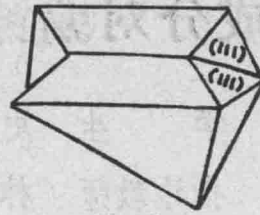
在共晶生长过程中，两相通常以共同生长界面与液体接触，并在界面上排挤出另一组元的原子。这些集聚原子往往沿界面作横向扩散。通常界面生长速度快，使界面前富集的溶质原子来不及扩散。那么，在异质原子富集处就有可能生长出另一相，使层片间距变小。（见图四）旋转磁场会使界面前横向扩散大大加强，从而，不会在一相界面上生长出另一相来。相应地层片间距也就变大了。



$\lambda_2 < \lambda_1$
 横向扩散示意图

根据Al—Si合金近代缺陷生长的理论,在铸造条件下,由于Si晶体在生长过程中原子的错排等原因,未变质的Al—Si合金中,Si晶体都存在着孪晶缺陷。孪晶的存在以及孪晶凹坑所形成的台阶。使Si原子容易在此处沿(111)面堆积、初生硅很快长大,最后沿(111)面铺开长成了板片状(见图五)。在成分过冷大和其它杂质存在的情况,Si晶体分枝会增加,堆积在孪晶凹坑处的杂质会阻碍Si晶体沿(111)面铺开、长成板片状,而是形成块状。所以,重力试样初生硅形状为多边形块状。旋转磁场减小了成分过冷、并使吸附在Si晶体孪晶台阶处的杂质在液流冲刷下脱离晶体。因此,这将有利的Si晶体长成长片状。

孪晶缺陷



图五

四、结 论

(一) 铸锭的等轴晶主要来自于型壁晶体的脱落。晶体首先在型壁上以颈缩形状长大,然后在形成稳定的凝固壳前由于液流的冲刷而脱落、增殖、沉淀并堆积起来,而形成了等轴晶组织。

(二) 液态金属在凝固期间的流动,对等轴晶形成起着主要作用。利用旋转磁场或其它手段来强化液流运动,是获得等轴晶行之有效的方法。

(三)

1. 旋转磁场使Al—Si亚共晶合金中初生相 α 枝晶短小碎化、失去方向性。
2. 旋转磁场使亚共晶Al—Si合金和共晶Al—Si合金的共晶组织粗化。
3. 旋转磁场使过共晶Al—Si合金中初生硅形状由多边形块状向长条状转化。

参 考 文 献

1. The effect of Magnetic Fields on the structure of Metal alloy Castings 1965.11
2. КРУШЕНКО Г.Г.,ХРУСТАЛЕВ Л.
《ЛИТЕЙНОЕ ПРОИЗВОДСТВО》.1977.№9 P7-8
3. Application of Electro magnetism To Aluminiums Metallurgy 1973.12
4. 旋转磁场作用下合金结晶过程的研究
哈尔滨工业大学科研报告第154期
5. 铝硅合金变质过程的研究
哈尔滨工业大学科研报告第135期
6. 铸造金属中等轴晶区形成的机理
—A·oh T·Motclg 黄积荣译
7. 金属凝固学,日本千叶大学教授大野笃美著
8. 哈工大铸造论文集 1963 P43~60 陈熙深 贾均
9. 航空材料研究报告汇编 铸造合金部分 1964 P64~72 陈熙深 贾均

《合金成分对编钟发音性能的影响》

学 生 史 语 非

指导教师 林 瑞 陈 捷

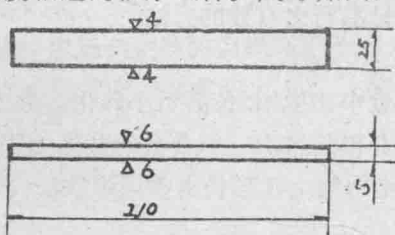
前 言 (略)

一、编钟发音性能影响因素：(略)

二、合金成分与发音性能的关系：

1. 试验材料与方法：

为了排除几何尺寸，结构形状对编钟发音的影响，保证试验的可靠性，本试验选取形状，尺寸相同的一组试样进行不同成分的对比试验。为使试样能体现出编钟的振动模式，我们选取了与钟壁厚度相近的板形试样。尺寸如图：



试样采用与编钟相同的铸造工艺——熔模铸造，经机械加工达所需尺寸与光洁度。

合金成分： S_n ，6%；13%；16%；20%；

Pb ，0%；2%；8%；16%；组成16种不同配比的成份，每种成份浇铸四块试样。

频率是编钟声学特性的重要参数，而台全材料的固有频率与弹性模量之间又有着密切的关系。从近代声学理论已知： $f = K \sqrt{E}$ 。我们分别测定了试样的频率(f)与弹性模量(E)。

f 值的测定采用音频信号发生器；示波器；频率数字显示器。测定条件相同，试样与钳口之间垫有泡沫塑料，排除了夹紧位置与夹紧力的影响，测得数据如下：(略)

E 值的测定是采用近代力学性能测定方法中较先进的电测法。既采用液压万能试验机 and 2×10 电阻应变片。

取材料 $\sigma_{比} = 10 \text{ Kg/mm}^2$

$P_{比} = \sigma_{比} \times F = 10 \times 25 \times 5 = 1250 \text{ Kg}$

$$P_0 = P_{\text{比}} \times 0.1 = 125 \text{ Kg}$$

$$P_{\text{max}} = P_{\text{比}} \times 0.8 = 1250 \times 0.8 = 1000 \text{ Kg}$$

$$\Delta P = \frac{P_{\text{max}} - P_0}{n} = \frac{1000 - 125}{5} = 175 \text{ Kg}$$

$$\text{取 } P_0 = 100 \text{ Kg}; \Delta P = 150 \text{ Kg}; P_{\text{max}} = 1000 \text{ Kg},$$

测得数据 (略)

$$\text{弹性模量 } E = \frac{\Delta \sigma}{\epsilon_{\text{横}}}$$

$$\Delta \sigma = \Delta P / F = 150 \text{ Kg} / (25 \times 5) \text{ mm}^2 = 1.2 \text{ Kg/mm}^2$$

$$\epsilon_{\text{横}} = \frac{151.2 + 126.9}{2} = 139.05$$

$$E = \frac{\Delta \sigma}{\epsilon_{\text{横}}} = 1.2 \text{ Kg} / 139.05 \times 10^{-6} = 0.863 \times 10^4 \text{ kg/mm}^2$$

E值与锡、铅不同而变化数值如下: (略)

从16组试样弹性模量来看可得出:

- a. 合金材料随Sn量增加, E值增加,
- b. 合金材料随Pb量增加, E值降低。

2. 金相组织的影响:

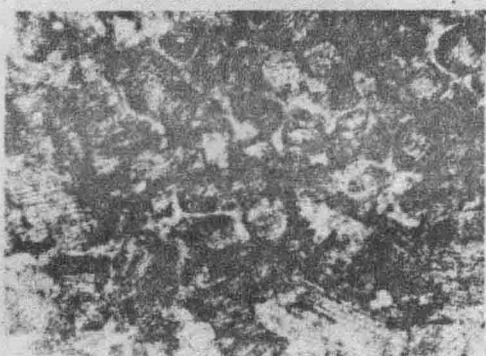


图 1-1 Sn 6%; Pb 0% .

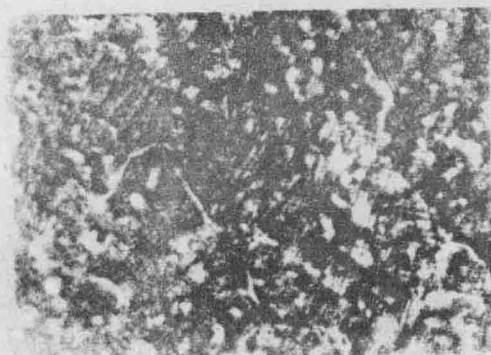


图 1-2 Sn 13%; Pb 0% .

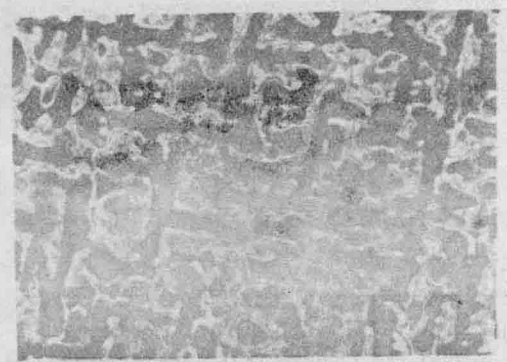


图 1-3 Sn 16%; Pb 0% .

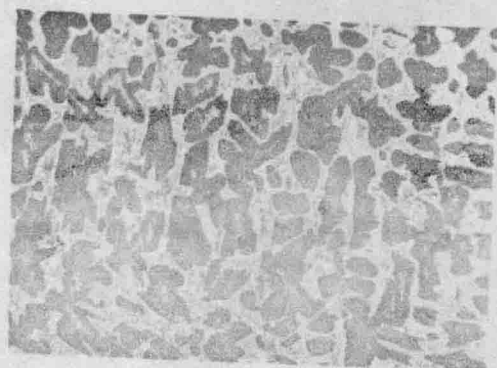


图 1-4 Sn 20%; Pb 0% .

合金成分变化试样金相组织不同，声学性能亦发生变化。

由 C_u-Sn 二元合金相图知：锡青铜铸态组织有两种： $Sn < 6\%$ 是 α 相单相组织，既 Sn 溶于 Cu 中的固溶体， $Sn > 6\%$ 时由 $\alpha + (\alpha + \delta)$ 共析的多相组织。 $(\alpha + \delta)$ 共析是分布在 α 晶间的多边形硬脆相。从图中可看出随含 Sn 量增加，基体组织中 $(\alpha + \delta)$ 共析数量逐渐增加。图1为不同含 Sn 量，含 Pb 均为6%的金属组织。

图2为不同含 Sn 量，含 Pb 均为2%时的金相组织，由于组织中含 Pb 量低，分布均匀，

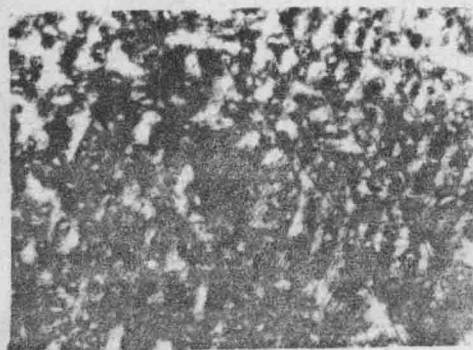


图2-1 $Sn\ 6\%$; $Pb\ 2\%$.

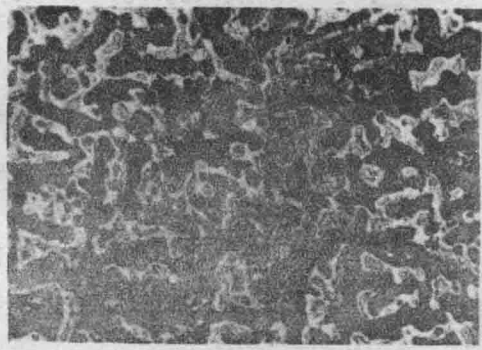


图2-2 $Sn\ 13\%$; $Pb\ 2\%$.

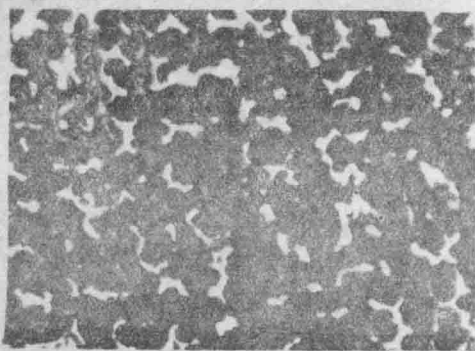


图2-3 $Sn\ 16\%$; $Pb\ 2\%$.

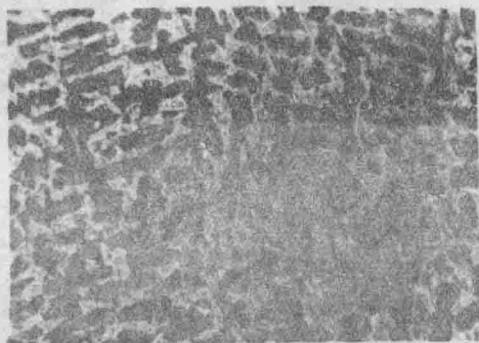


图2-4 $Sn\ 20\%$; $Pb\ 2\%$.

弥散度大，看不出明显的 Pb 颗粒，因此与图1无明显区别。但随含 Sn 量不同 α 枝晶与 $(\alpha + \delta)$ 共析分布发生很大变化。 Sn 为6%时， α 枝晶间分布少量 $(\alpha + \delta)$ 共析； Sn 为13—16%时， α 枝晶与 $(\alpha + \delta)$ 共析交织成网状，当含 Sn 达20%时， $(\alpha + \delta)$ 共析成为网状，将 α 固溶体割裂。此时声学特性以 $(\alpha + \delta)$ 共析硬脆相为主。

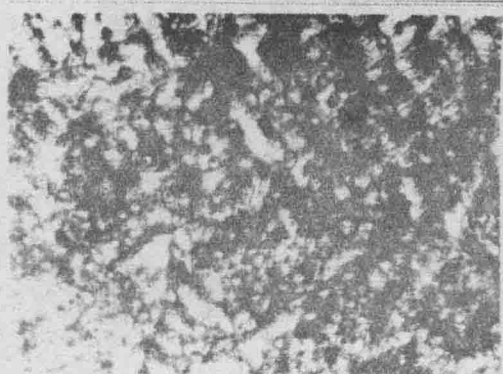


图3-1 Sn 6% ; Pb 8%

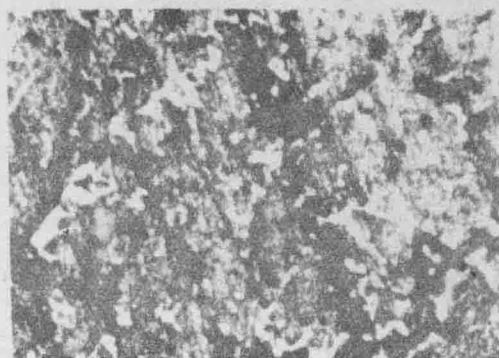


图3-2 Sn 13% Pb 8%

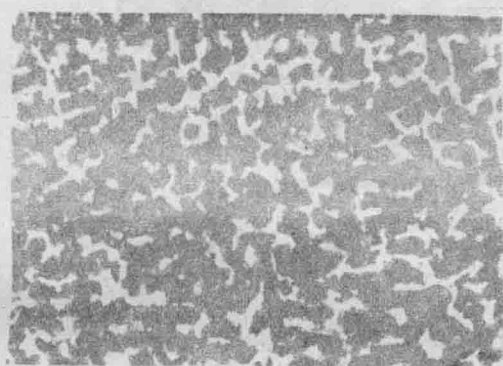


图3-3 Sn 16% ; Pb 8%

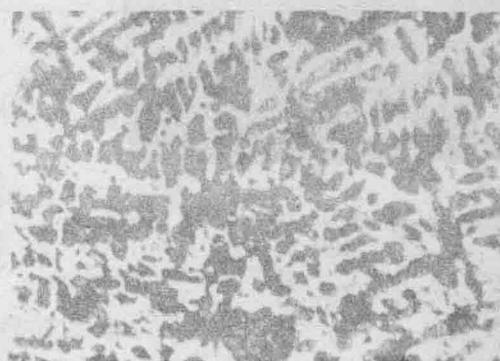


图3-4 Sn 20% ; Pb 8%

当含Pb量增加合金组织为 $\alpha + (\alpha + \delta) + Pb$ 如图3所示组织中有明显的Pb独立相。软质点的铅相割裂基体对声学性能有较大影响，其影响程度与Pb颗粒大小有关。

当Sn、Pb含量超过10%以后，如图4，在金相组织中有大块沉积物，且E与f值也变为不规则变动，根据扫描电镜对团块状物的分析，其组织成分为Pb98.77%，Cu1.23%。根据Cu—Sn—Pb三元合金状态图分析，团块物为偏晶产物。在铅锡青铜凝固时，首先析出富铜的 α 固溶体，而母液中铅、锡逐渐富集，当其量达到足以能够产生偏晶反应时，生成少量铜锡富铅固溶体，偏晶反应一直进行到全部凝固为止，富铅相分布在 α 晶间或沿共析体优先析出的 α 枝晶界面上。

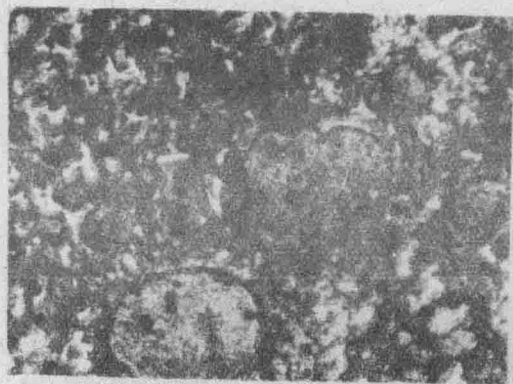
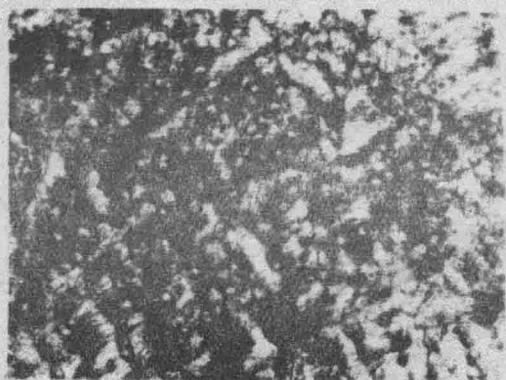


图 4-1 Sn 6% ; Pb 16% .

图 4-2 Sn 13% ; Pb 16% .

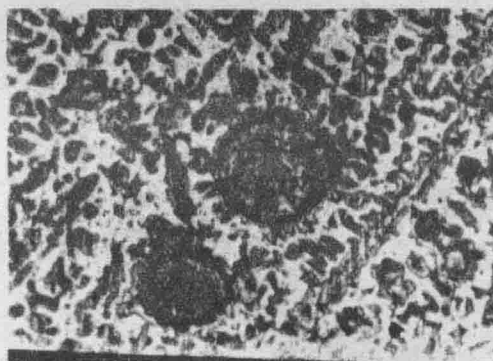
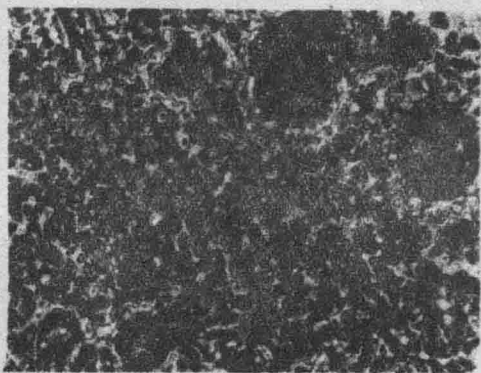
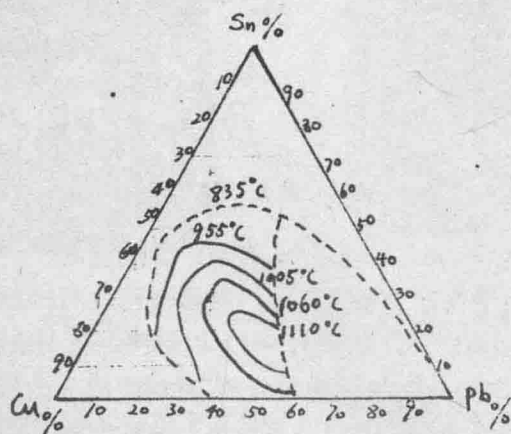
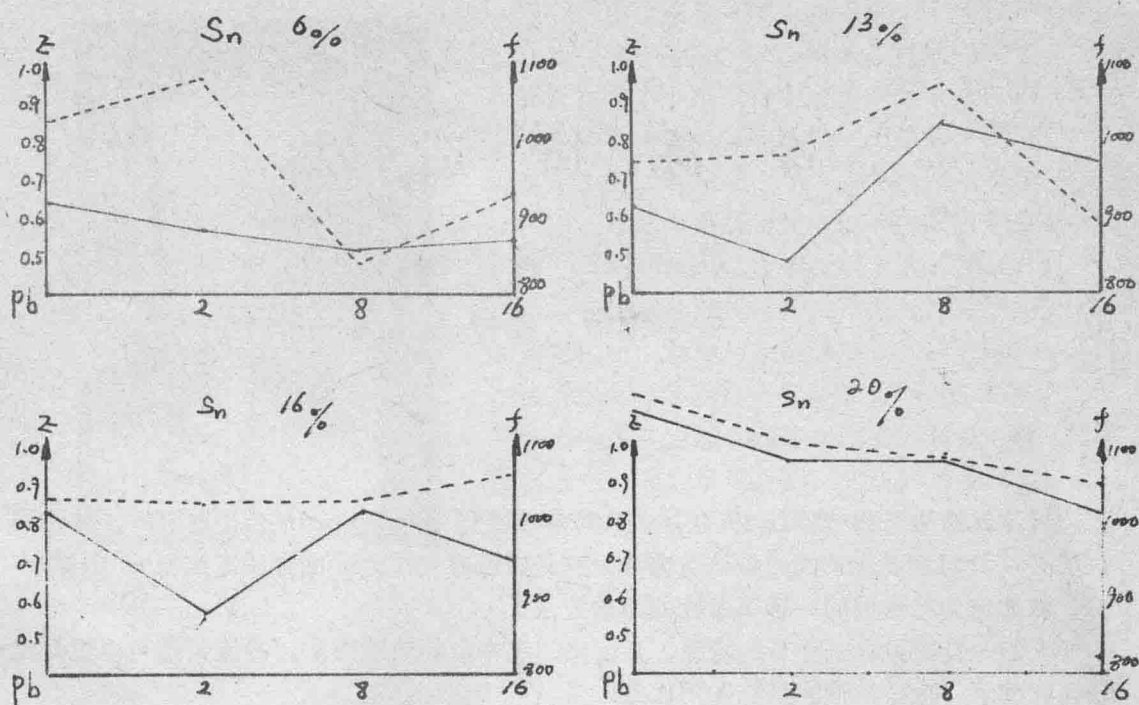


图 4-3 Sn 16% ; Pb 16%

图 4-4 Sn 20% ; Pb 16% .



Cu-Sn-Pb 三元状态图.



曲线1. 不同含S_n量E, f值与含Pb量的变化曲线.

其中: — 代表 f
----- 代表 E

3. 根据E, f值的关系, 分析S_n, Pb的影响。

当合金成分变化, 金属发生相变, 加工硬化, 温度变化时, E值变化。E值反映了材料的刚性, 在结构尺寸相同时E值高; 刚度大; 弹性应变小; 基频亦高。

4. 数据验证:

将试验测得E, f值代入声学公式 $f = K \cdot \sqrt{E}$ 计算K值如下(略), 其最大值0.054; 最小值0.039差值 $0.054 - 0.039 = 0.015$; 差值甚小说明试验数据可靠。

结 论:

一、合金成分不同, 金相组织; E; f, 均发生变化。S_n增加, E增加, f亦相应增加; Pb增加, E降低, f亦相应降低。

二、结构尺寸和壁厚的变化是编钟频率变化的主要因素, 合金成分只起部分辅助作用。

三、本试验条件下最佳成分: S_n—6%; Pb—6—8%。在此成分下预计音色将受到一定影响, 可适当增加壁厚保证音色浑厚、悦耳。

参考资料: (略)

冷 冻 铸 造 法

学 生：薛祥等人

指导教师：高中廉 何洪亮

一、前 言

冷冻铸造法又称“Effset”法，是1977年由英国 Al·H·Booth 公司发明的，并协同 BOC 公司共同发展起来的一种铸造方法。它是以液态氮作为冷冻介质冻结型砂中的水分，以冰作为粘结剂的一种革命性的铸造方法。

人们一直在寻求一种节约能源、无污染、成本低的铸造方法。冷冻铸造可以说是比较理想的了。冷冻铸造法具有如下优点：

- ① 不采用传统的粘结剂，以水冷冻成冰冻结成具有一定强度的铸型。节约能源。
- ② 浇注待铸件冷却后，砂型自行脱落，大大简化了砂处理设备，且型砂容易回收、复用。
- ③ 造型、浇注及落砂不产生有害气体和灰尘，不污染环境。
- ④ 生产成本低。

由于此法具有很多优点，因此，问世不久，就引起一些国家铸造业的极大关注。目前此法在英国已成功地用在小型铸件的生产中。日本目前正在进行这项研究，预计在83年正式投入生产。

在国内据了解尚未有其他单位进行这方面的研究。我校和哈尔滨车辆工厂从79年以来，进行了冷冻铸造法的研究工作。本文是该项科研工作部分总结。

二、实验方法及结果分析

实验用海城人造石英砂，颗粒度分布如表1。含泥量为1.6%，颗粒度为45/75。为了便于制做试样，在原砂中加入少量的黑山膨润土。在原砂中分别加入2—6%的水，粘土

表 1 海城人造石英砂颗粒度分布（重量%）

筛 号	12	24	28	45	55	75	100	150	200	260	底盘
重量%	0	0	[1.6]	20.2	21.6	33.7	11.6	6.4	2	0.6	0.41

变化在 0—5% 范围内。用小混砂机（干混 2 分钟，湿混 5 分钟）。用样筒和捣砂机制

做 $\phi 50 \times 50 \text{ mm}$ 试样（方法与型砂试验同）。选择冷冻温度用 XWC12 点低温自动平衡记录仪来控制记录。采用的冷冻温度为 -20°C ， -40°C ， -60°C ， -80°C ， -120°C ， -140°C 。在冷冻箱（图1）内放二个铝盘，大

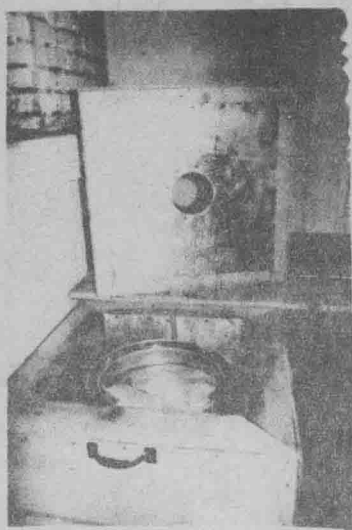
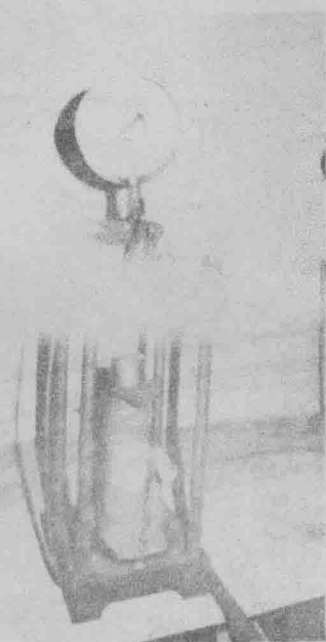


图 1

盘盛液氮（ -196°C ），小盘装试样（一般装十个），在其中一个试样中心插上凯装热电偶。在冷冻过程中每种温度取出三个试样，测试后取其平均值。

1. 冷冻转型抗压强度的规律如图2所示（在自制的液氮强度试验机上进行测试）。采用浸渍法冻结试样，测试结果如图3所示。从测得的抗压强度与冻结温度（或浸渍时间）曲线得出：冷冻温度一定，随含水量增加，抗压强度逐渐增加，随冷却温度的降低，抗压强度增加，而含水量越高，曲线的斜率越大，即强度增加越快，冷冻温度降至 -120°C 以后强度增加缓慢。



抗压强度试验机(自制)

图 2

