

西南大学材料与能源学院

本科课程实验报告



课程名称: 材料科学基础实验B

授课专业: 材料物理

班级年级: 材料物理3班 2023级

学生姓名: 黄德勇

课程成绩: _____

教师姓名: _____

2024 - 2025 学年第二 学期

May 23, 2025
11:41 PM CST



实验报告

姓名: 黄德勇 学号: 222023319210132 专业班级: 材料物理 3班 成绩:

实验课程	材料科学基础实验 B		
实验名称	火熔铸法制备 ZL104 铝合金		
实验时间	5月7日下午 17:50	实验地点	麦田村实验室

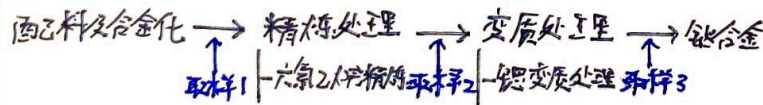
一、实验预习

1. 实验目的

- 掌握火熔铸法制备铝合金的基本原理和工艺流程: 了解大熔炼、精炼、变质处理、浇注等步骤制备 ZL104 合金的操作方法
- 熟悉 ZL104 合金的成分特点及各元素的作用: 理解 ZL104 合金的合金成分 (如 Si、Mg、Mn 等) 及其对合金的影响。
- 学习和掌握熔炼设备的操作和使用: 包括电阻炉、坩埚、天平等设备的安全规范操作。
- 掌握合金熔炼过程中的关键工艺控制要点:
 - 熔料准备与计算: 学习根据合金成分准确计算所需的纯铝、中间合金 (Al-20% Si、Al-10% Cu)。
 - 熔炼工艺: 了解熔炼设备的温控原理以及观察炉料熔化状态。
 - 精炼处理: 学习使用六氟乙烷等精炼剂去除合金熔体中的气体和夹杂物, 并观察精炼效果。
 - 变质处理: 学习使用 Sr 变质剂改善合金的显微组织和力学性能, 并观察变质效果。
- 初步了解铸件缺陷的产生原因及预防措施

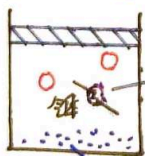
2. 实验原理

精炼的铝合金冶炼

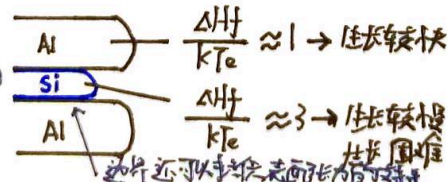


精炼处理

加入的六氟乙烷精炼剂会在铝液分解为氟气, 形成 AlCl₃ 气泡, 吸附铝液中的气体及夹杂。

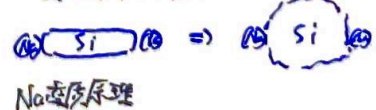


[精炼]



[Al-Si 合金生长示意图]

变质剂的作用是将针状 Si 相变为球状 Si 相。



变质处理

加入的变质剂可使受力粗大的针状 Al₃Si 变为球状 Al₃Si

3. 实验内容

ZL104合金的熔炼铸造制备实验, 首先需要根据目标成分精确计算并准备好纯铝、铝硅渣、铝硅渣及镁等原料, 并称重好六氟乙烷精炼剂与铝硅合金变质剂。

实验的核心工序包括: 将主要炉料(纯铝、铝硅合金)在电阻炉中加热至 $700-720^{\circ}\text{C}$ 熔化, 在加入除镁外的合金后取样, 在精炼前加镁, 去除浮渣, 待镁完成加入后, 加入六氟乙烷对铝液进行精炼除气、除杂, 并取样; 一段时间后加入铝硅合金进行变质, 待变质完成后, 进行最终取样。

二、实验过程

1. 实验装置

电阻炉、电子天平、金属铸型(铝制)

2. 实验装置示意图



3. 实验步骤

计算 2L 104 铝合金的配料与原料称取

熔炼

[熔化] 0 min

由于实验的时间限制, 直接将除 Mg 以外的其他合金元素与合金配料与铝加入到 720°C 的电阻炉中熔炼, 而不随炉升温并在合适温度保温预热,

☑ 第一次取样: [40 min]

在取样时, 铝液表面存在有较多的浮渣, 将浮渣去除后再取样, 并在金属铸型中完成浇铸, 并在水中完成冷却(成型后取出水坑), 并在取样后加入 Mg.

[精炼] 57 min

在第 57 min 加入六氟乙烷精炼剂, 在精炼前应完全去除铝液表面的浮渣, 且由于六氟乙烷不吸潮, 从而可不预热于镁. [问题 1]

☐ 第二次取样: [1 h 08 min]

[变质] 1 h 08 min

加入铝锶 (AlSr) 变质剂, 在取样后加入, 且加入时应快速加入并关闭电阻炉的取速, 以免与空气的暴露时间过长. [问题 2]

☐ 第三次取样: [1 h 58 min]

整理实验场地, 处理第三次取样的试样.

4. 实验现象记录和数据记录

在第一次取样时，可表面活过



合金记录表

合金	理论用量(g)	实际用量(g)
纯Al	478.9	479.22
Al-10%Mn	36.8	37.89
Al-2%Si	487.06	480.56
纯Mg	3.68	4.72

大氯乙烷：理论 9.94g
实际 10.02g

Al-Sr合金：理论：30.77g
实际：30.11g

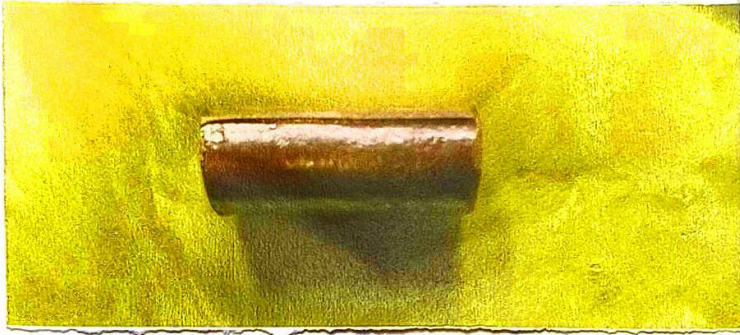
在精炼时，气渣浮到表面后合金打穿



三、分析讨论

1. 实验结果与分析

所制的三组试样的中芯部分完整，
制备较为成功。



2. 问题提出与讨论

问题 1: 为什么六氟乙烷的毒性较比氟化氢大, 但在快速生产中, 特别是紧急时, 无法对精液剂预热干燥时, 我们更倾向六氟乙烷?

因为 $ZnCl_2$ 的吸水性很强, 在空气中就可以大量吸潮, 若不干燥, 水会随之一起进入铅液, 致使铅液发生暴沸甚至燃烧。

而六氟乙烷 C_2F_6 不吸潮, 在干燥环境中或通风下, 其中的水分, 不预热, 也不会危险。

问题 2: 铯 (Cs) 和铷 (Rb) 长效变质各有何优缺点? 在本次实验中的铯相以军, 铯 (Sr) 的有何优点会放大可?

铯和铷都是长效变质剂, 变质反应保持均很长, 且:

Sr: ① 变质效果明显, 长效;

② 变质潜伏期长, 吸湿倾向严重, 析出多;

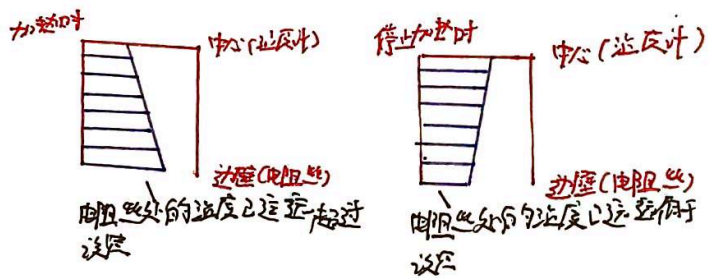
Sb: ① 变质不衰退, 吸湿倾向很小;

② 效果一般, 变质过程中和浇铸过程会产生有害气体;

Sr 的吸湿 → 可能引入气孔。
→ 可能缩孔

问题 3: 为什么电阻炉的温度波动很大? 这反映出他的温控设计是怎样的?

电阻丝在炉壁而温度计在中心处, 由于金属的传热有延迟, 在电阻丝的加热和断电时, 呈以下两种梯度:



这反映出: ① 带 T < T_设: 全力通电加热, 加热点丁亮;

② 带 T_设: 断电, 不加热, 加热点丁灭。

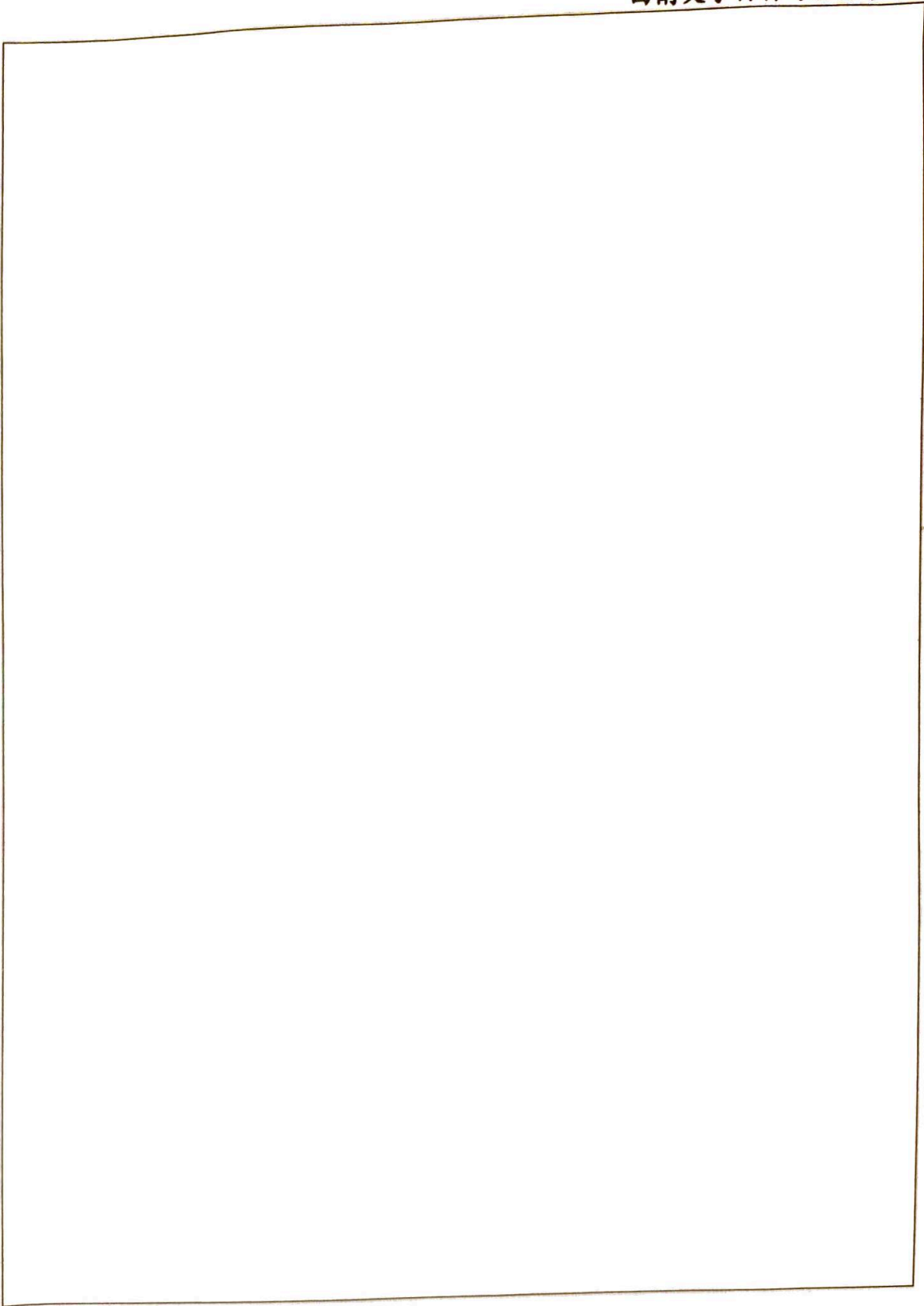
指导教师签名:

日期:

四、其它

备注：

1. 第四部分（其它）由教师自行规定填写内容，可为课程大纲设置但本实验报告前三部分未包含在内的学习任务。
2. 若本课程不涉及其它内容，教师不需要在第四部分后的“指导教师签名”处签名。



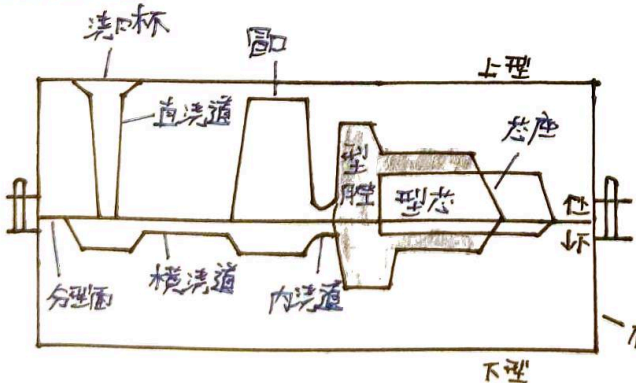
指导教师签名:

日期:



实验报告

姓名: 黄德勇 学号: 222023319210132 专业班级: 材料物理 3班 成绩: 3分

实验课程	材料科学基础实验B		
实验名称	石膏型铸造工艺方案设计与实践		
实验时间	5月14日 下午 17:50	实验地点	麦田材实验室
一、实验预习			
<p>1. 实验目的</p> <p>① 熟悉并掌握石膏型铸造的各个环节, 包括型砂的配制、模型的准备与安放、砂型的制作(包括造型、修型、合型)、金属的熔炼与浇注、以及铸件的清理等。</p> <p>② 理解并应用铸造工艺设计的基本原则: 学会根据铸件要求, 合理选择浇注位置、合理选择浇注位置、分型面, 并设计合适的浇注系统和冒口(补缩系统)。</p> <p>③ 培养实际操作技能和解决实际问题的能力: 通过动手操作, 提高造型、修型(如果需要)、合理等技能, 并能对铸造过程中可能出现的缺陷进行初步分析和预防。</p> <p>④ 增强安全意识和规范操作习惯: 了解铸造过程中的安全注意事项, 并按照规定进行实验操作, 记录实验数据和整理实验数据。</p> <p>⑤ 初步掌握铸件质量的检验和分析方法: 通过观察铸件成品, 了解常见的铸造缺陷, 并初步分析其产生原因。</p>			
<p>2. 实验原理</p>  <p>石膏型铸造就是用砂子制造铸模。砂模铸造需要在砂子中放入成型零件模型或木制模样, 然后在模样周围填满砂子, 开箱后取出模样以后, 砂子形成模壳。</p> <p>为了在浇铸金属液前取出模型, 铸模应做成两个或更多部分: 在铸模制作过程中, 必须留出向铸模内浇铸金属液时排气的孔, 合成浇注系统。</p> <p>铸模浇注金属液以后保持适当时间, 直到金属凝固。取出铸件后, 铸模破裂, 因此每个铸件必须有自己的模。</p>			

3. 实验内容

本实验旨在让学生亲历砂型铸造的全过程。首先，学生需要认识实验设备和材料，并按比例配制合格的型砂。接着，依据铸件要求，学生进行铸造工艺方案设计，确定浇注位置、分型面、浇注系统及冒口系统。随后，学生将动手制作砂型，包括放置模样、填砂紧实、制作浇道口和冒口、起模以及安放模样芯芯（若有）。在完成砂型准备后，将进行金属熔液的浇注。待铸件凝固后，学生将进行落砂处理，去除浇注系统、冒口，并按铸件进行初步修整。最后，整理实验台场地，记录并分析实验结果。

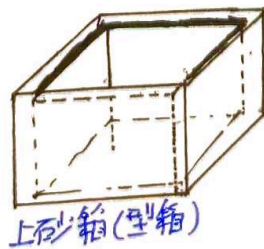
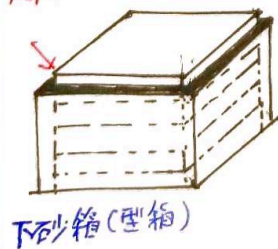
二、实验过程

1. 实验装置

模具、上下型箱、木柱、砂勺等造型工具。

2. 实验装置示意图

下砂箱片凸起，放砂时不会将定位的凸起被砂层外覆盖



3. 实验步骤

调节型砂的速度

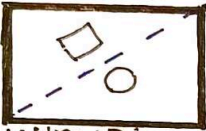
铅铸件
[SiO₂]层



型砂的强度来源于型砂中的黏土加水后,在层间形成的氢键,在有些铸造过程中,都会有水分的流失,为保证型砂的速度要适当加水,且:

加水到用手捏一把型砂成型后,不会有落砂或出水为宜。在加水后要充分的搅拌,使湿度相一致,并在搅拌时,除去型砂中的铸件残渣以及其他杂质(大颗粒)。

造下砂型

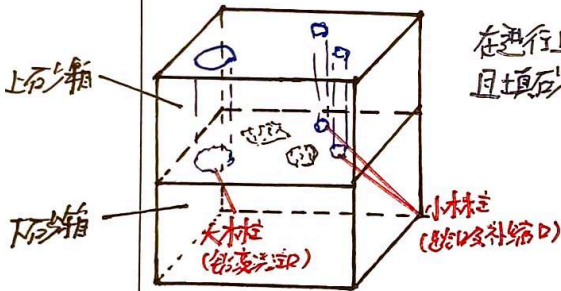


模样的摆放

模样在放置时,尽量放置在中心区域且沿对角线放置,光滑面面向填沙方向,以方便实验和后续浇注的改冲。

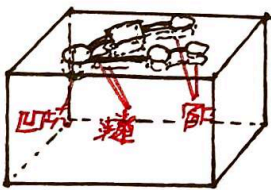
在填至约 1/3 的位置可进行一定的压实,以便模样的区域固定以及稳定。

造上砂型



在进行上砂型的制作时,应使用木柱预留浇注口以及溢口和补缩口且填至约 2/3 时,压实后,在筒内取出木柱,取出。

挖浇注系统与造型壳



使用勺勺挖浇注系统的浇道,使直浇道与横浇道相连,进入铸型内浇道并得到气和补缩。

直浇道下方凹坑有一定深度,浇道挖通且顺畅,以便填型浇道挖好后取出模具,放入型壳。

合理浇注.

4. 实验现象记录和数据记录

一、如图所设计和输出的浇铸系统



二、如图所示在浇铸后浇铸系统设计较合理, 两个铸件的通均填充良好。



三、分析讨论

1. 实验结果与分析

铸件完整且模样清晰。



2. 问题提出与讨论

① 为什么在工业生产当中，每一次造型前，均要对砂的成分进行调整？



在浇铸冷却过程当中，高温作用下，会使得黏土的层状[SiO₂]结构变化，变为絮状，从而让水不能再进入层状结构间形成气键，致使失活，不再能在加水后拥有符合要求的机械结构。

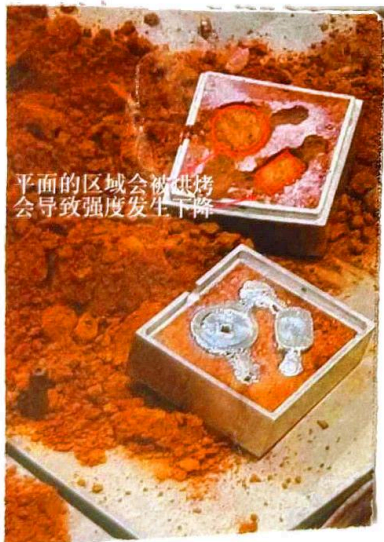
在实验课中，由于铸件小，频次少，周期长，失活的黏土几乎不影响整体成分，故可不调整成分。

对于其他辅料，在高温下可能因结构致而失效。

因此在工业的快速、大量、高频率的生产中，应对型砂进行成分调整以保证产品质量。

② 为什么在铸件中的大平面要被避免？

如图，所在的大平面不是大平面，但由于直角角被锐化，水流失严重，水汽会进入到砂液中，若平面较大，进入的水汽可能无法完全排出形成气孔。且失活后砂型的强度变弱，若平面太大，可能发生扑料破坏。



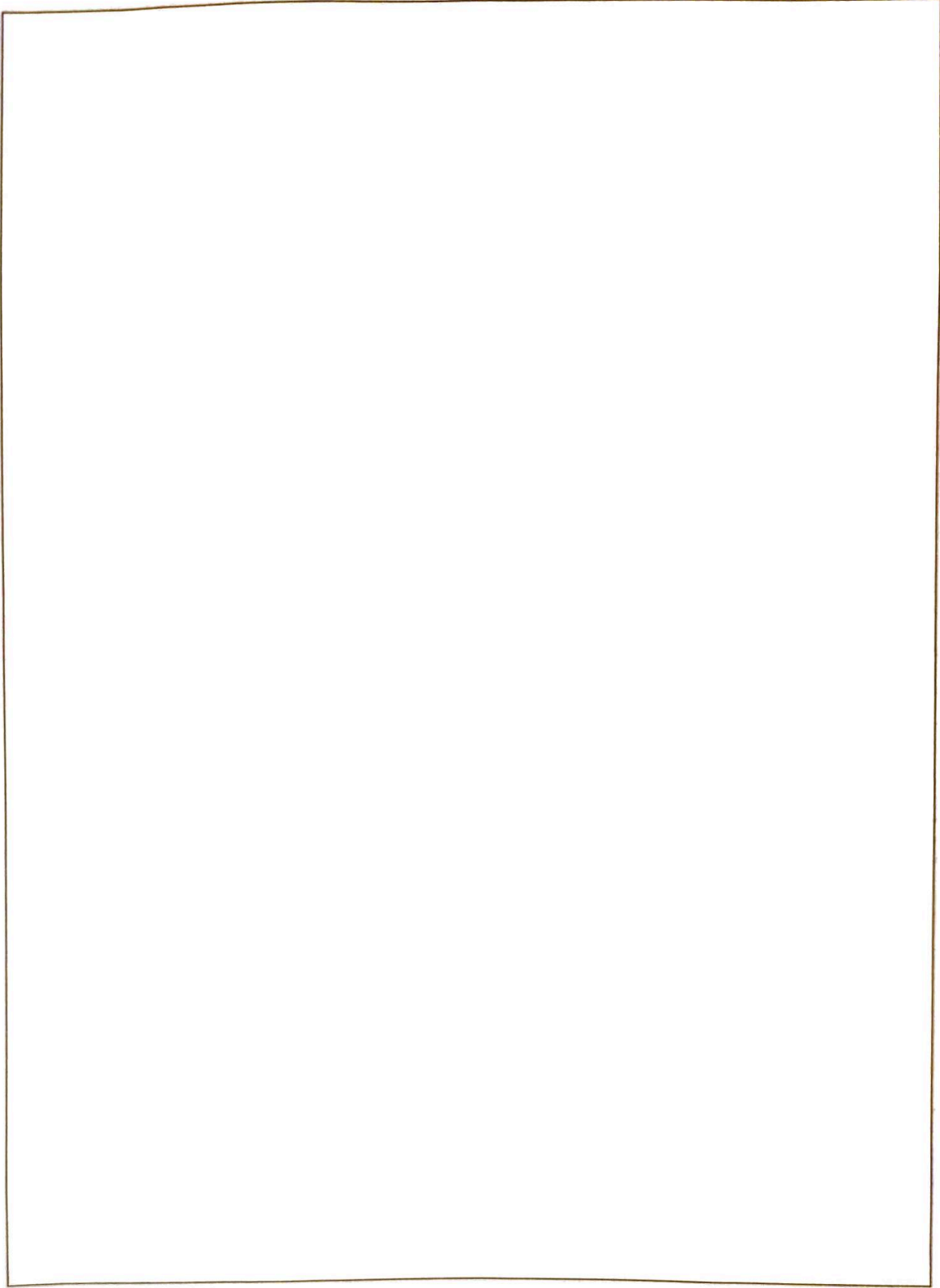
指导教师签名:

日期:

四、其它

备注：

1. 第四部分（其它）由教师自行规定填写内容，可为课程大纲设置但本实验报告前三部分未包含在内的学习任务。
2. 若本课程不涉及其它内容，教师不需要在第四部分后的“指导教师签名”处签名。



指导教师签名:

日期:



实验报告

姓名: 黄德勇

学号: 222023319210132

专业班级: 材料物理
03班

成绩:

实验课程	材料科学基础实验 B		
实验名称	火容淬火制备 ZL104 铝合金的质量与效果测评		
实验时间	2025年5月14日 17:50	实验地点	25-106

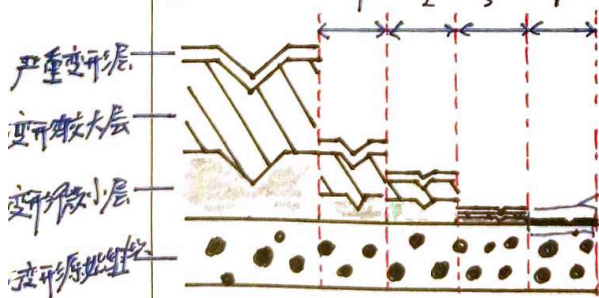
一、实验预习

1. 实验目的

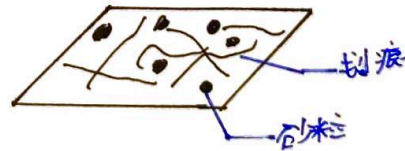
- ① 评估淬火处理的效果: 通过观察和比较原始状态和淬火处理后的 ZL104 铝合金金相试样的针孔和夹杂情况, 来评价淬火处理在除气体和析出固体上的方式有效性。
- ② 评估变质处理的效果: 通过观察和比较原始状态和变质处理后的 ZL104 铝合金的金相组织, 特别是共晶硅的形态变化, 来评价变质处理在改善材料组织形态结构方面的有效性。
- ③ 掌握金相试样制备技能: 通过对实验制备的合金进行切割、镶嵌、磨抛和浸蚀等步骤, 熟悉金相试样的制备过程。
- ④ 学习金相组织分析方法: 学习使用金相显微镜观察合金的微观组织, 并根据相关标准对针孔及变质效果进行评级和分析。

2. 实验原理

砂纸磨光表面变形示意图:



通常来讲, 金属试样的表面是粗糙不平的, 因此要用打磨的方法去除表面的氧化层, 此时表面变形层后有石粒以及转动划痕



由打磨后仍有较粗的石粒和划痕需抛光处理, 以去除应力并使其表面更光滑, 且畸变能大, 会在腐蚀剂作用下被腐蚀, 出明显的凹坑从而方便观察。

2025.5.14

3. 实验内容

① 实验准备, 认识实验所需的金相显微镜、金相抛光机, 并学习操作方法

准备: 研磨砂纸, 磨蚀剂及酒精

② 试样准备, 将实验试样制成金相试样。

过程: 切取试样制成约15mm高度的条状段 → 倒角: 用砂纸或金刚石进行约1-2mm倒角
→ 粗磨: 用粗砂纸研磨, 使磨面平整一致 → 细磨: 用细磨砂纸研磨, 且进行3-4道, 使表面光滑
→ 抛光: 用抛光机抛光, 应保持方向一致且忌抛光过度。

③ 浸蚀

④ 观察

二、实验过程

1. 实验装置

砂纸 (自100目到1000目)

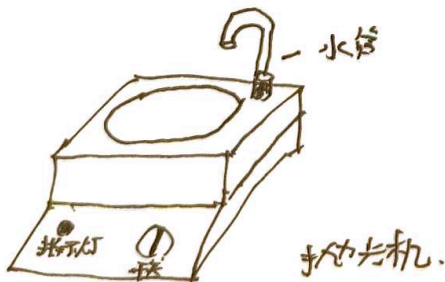
金刚石抛光剂

抛光机

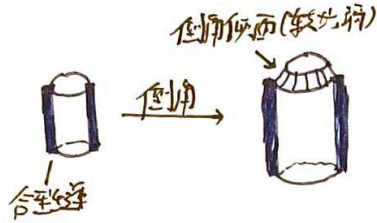
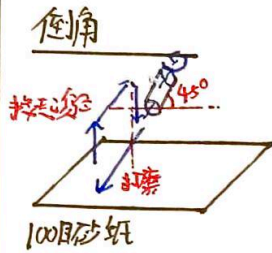
抛光布

金相显微镜

2. 实验装置示意图

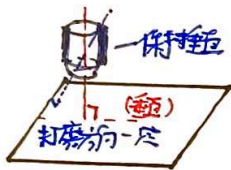


4. 实验现象记录和数据记录— 3. 实验步骤



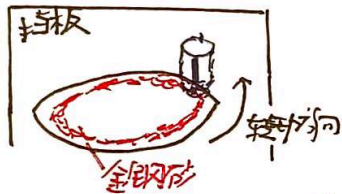
将切好的试样沿45°在100目砂纸上进行打磨倒角,使试样边缘较光滑
 ↳ 问题1

砂纸打磨

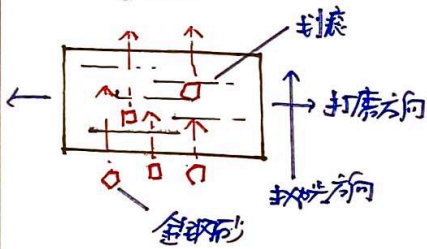


打磨时用力均匀,为了保持痕迹的一致以便抛光时的高度,可以有①保持打磨方向一致;
 ②在打磨时,转90°,打磨,转90°,在两垂直方向上,为防止速度过高可采用小磨,但水流不宜过大,以免冲散砂粒.
 打磨时,砂纸目数由低到高,且换砂纸时要先冲洗试样,以免大颗粒砂污染细砂纸.

抛光



若打磨时采用方式①,则划痕方向在金相上方向大致一致,此时抛光方向与打磨方向相垂直,在以抛光剂后,更有利于消除划痕.

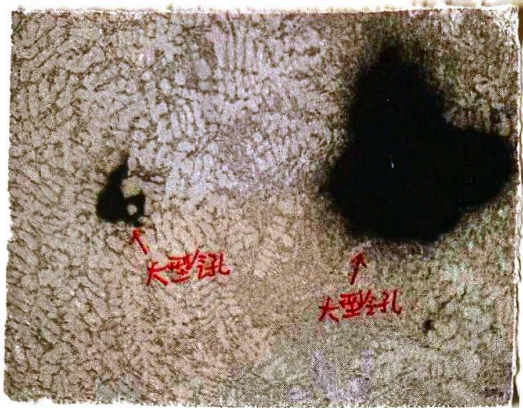


腐蚀与冲洗

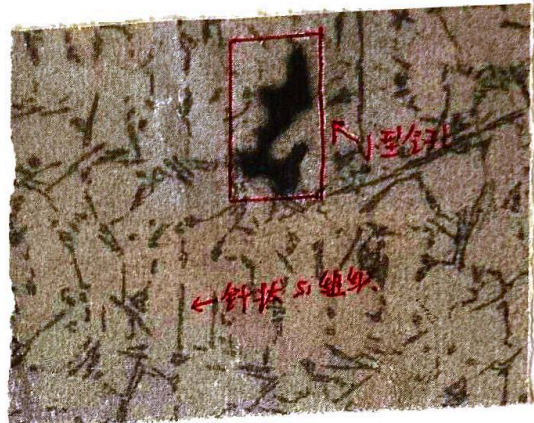
- 轻蘸腐蚀液:
- ① 腐蚀不过短,否则位错和相不明显
 - ② 腐蚀不过长,刮过度,开成凹坑
 - ③ 冲洗务必干净.

4. 实验现象记录和数据记录

一、未精炼，未变质

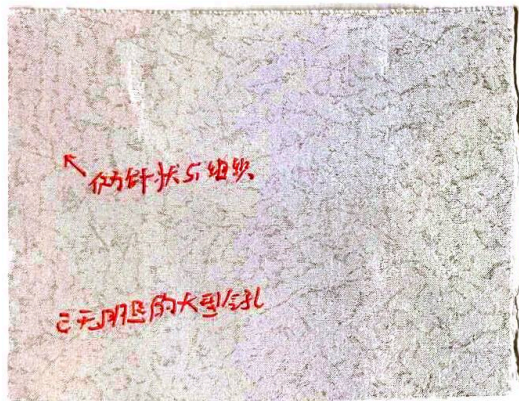


(X100)

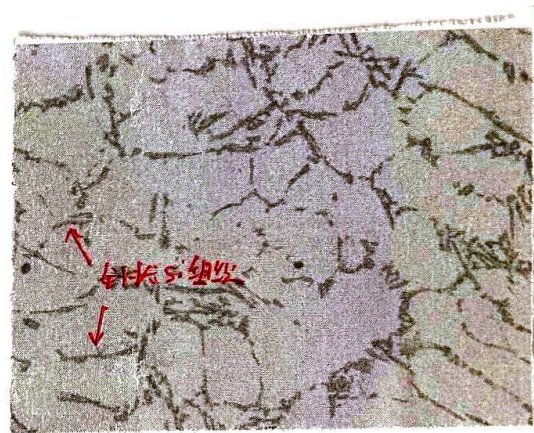


(X500)

二、已精炼，未变质



(X100)



(X500)

三、已精炼，已变质



(X100)



(X500)

来源: www.xjshu.com/zhuanli/24/201710216865.html

中的Al-Si合金的组织，在合金中加入L。元素，使Si更为细而均匀。

三、分析讨论

1. 实验结果与分析

① 未精炼、未变质

ZL104 铝合金的组织中存在大量气孔,且针状 Si 周围存在有第二相,即:针状石墨相,有气孔,明显第一相杂质.

② 已精炼,未变质

ZL104 铝合金未及气孔,针状石墨更清晰且尖锐,第二相杂质明显消失.

③ 已精炼,已变质

针状 Si 相粗化圆钝化,不过由于 Sr 变质局咬气,有一定气孔.

2. 问题提出与讨论

问题 1：为何本头的制样要倒角，作用？何时不倒角？

倒角的目标在于去除试样的毛刺，防止在打磨时刺破砂纸，在抛光时损坏抛光布；保护操作者不被刺伤。
当试样本身抛光时，可以不倒角。

问题 2：如何判断抛光是否合格？

在腐蚀后可先在金相显微镜下观察是否有划痕，若有划痕，则需再抛光，直到划痕消失。

问题 3：不充分抛光所留下的划痕在腐蚀后为何只能靠重新打磨、抛光？



如图，本次制相所用的 $\text{NaOH}(\text{aq})$ 会在金相的：

- * 凹陷处
- * 高畸变能处
- * 原子排布稀疏处
- * 相边界

会使 $\text{NaOH}(\text{aq})$ 作为溶液聚集，或作用加强的位置的腐蚀加强，不充分抛光的凹处在腐蚀后已深入内部，只能重新处理。

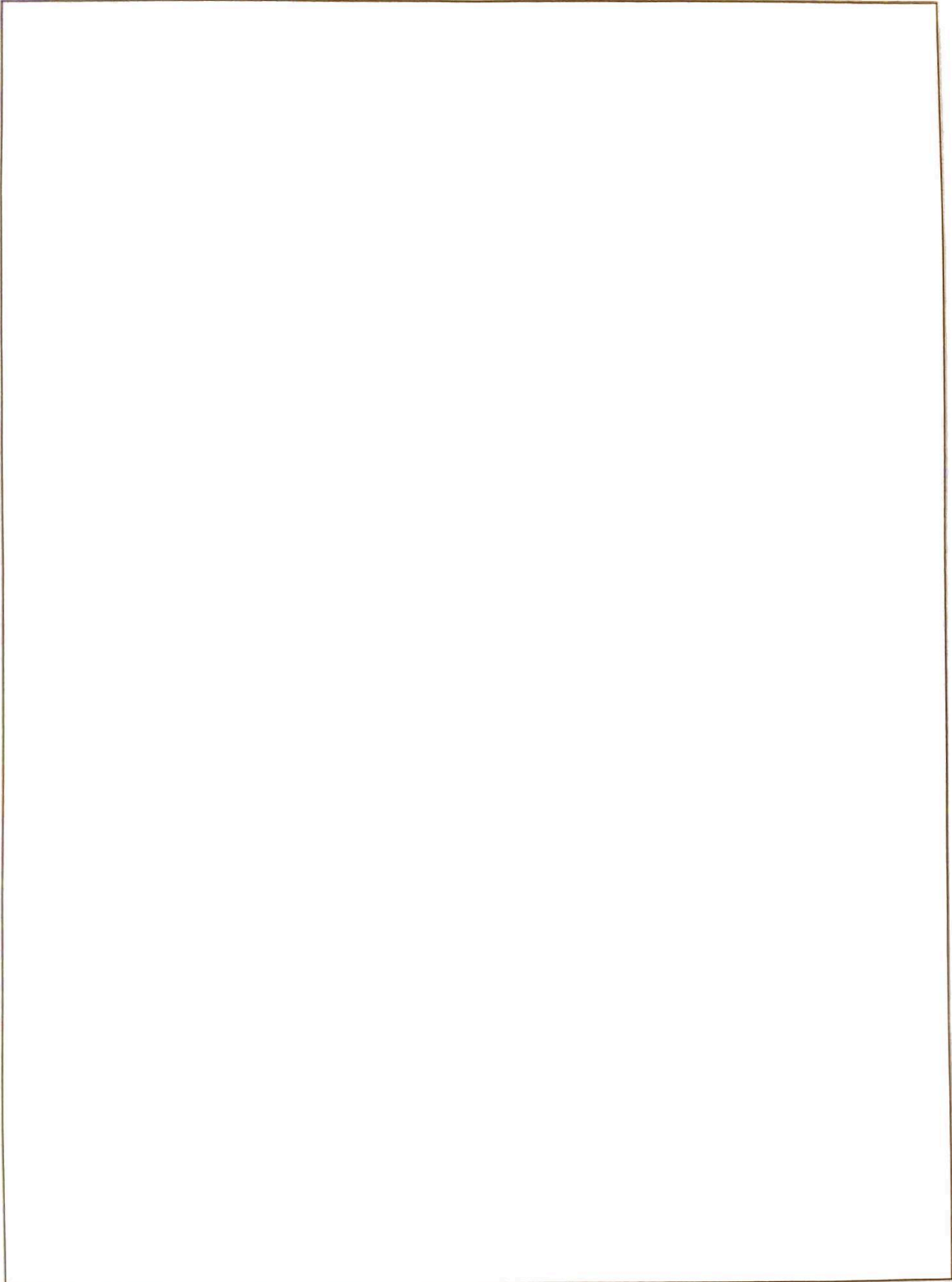
指导教师签名：

日期：

四、其它

备注：

1. 第四部分（其它）由教师自行规定填写内容，可为课程大纲设置但本实验报告前三部分未包含在内的学习任务。
2. 若本课程不涉及其它内容，教师不需要在第四部分后的“指导教师签名”处签名。



指导教师签名:

日期:

Certificate of Signature and Timestamp

DOCUMENT DETAILS:

Document ID: 2e623182-ad92-46d3-8aa7-4327c200346f
SHA1 Hash: a8216fb1216735c326d8370df92fe805a161fd08
Filename: 【实验报告】关于ZL104铝合金的系列实验.pdf
Created at: May 23, 2025 15:38:02 UTC
Esealed at: May 23, 2025 15:41:44 UTC
Owner Name: Deyong Huang
Owner Email: coolerxde@gmail.com
No. of eSigners: 1

DOCUMENT SIGNED BY:

Deyong Huang
✉ coolerxde@gmail.com

 eSigner: Deyong Huang
DEYONG HUANG
CM8DYJ10802AGQQFH1G5I9QX7
 Verified Government ID
May 23, 2025 15:41:29 UTC



Signed with **eSigner.com**

Document signed by all parties with SubjectDN: CN=eSigner Eseal, OU=eSigner.com
e-seal, O=eSigner LLC, L=Houston, ST=Texas, C=US, Serial number:
163652741153152032510495441342819394708 and IssuerDN: CN=SSL.com Client
Certificate Intermediate CA RSA R2, O=SSL Corp., L=Houston, ST=Texas, C=US