

第一章 压铸件的缺陷特征,产生原因,防止方法

名称 流痕及花纹 网状毛翅 脆性 裂纹 缩孔缩松

特征及检查方法 外观检查:铸件表面上有与金属液流动方向一致的条纹,有明显可见的与金属基体颜色不一样无方向性的纹路,无发展趋势。 外观检查:压铸件表面上有网状发丝一样凸起或凹陷的痕迹,随压铸次数增加而不断扩大和延伸 外观检查或金相检查:合金晶粒粗大或极小,使铸件易断裂或碰碎 外观检查:将铸件放在碱性溶液中,裂纹处呈暗灰色金属基体的破坏与裂开呈直线或波浪形,纹路狭小而长,在外力作用下有发展趋向裂纹有穿透和不穿透两种 解剖外观检查或探伤检查:缩孔表面呈暗色并不光滑,形状不规则的孔洞,大而集中的为缩孔,小而分散的为缩松

产生原因 1,首先进入型腔的金属液形成一个极薄的而又不完全的金属层后,被后来的金属液所弥补而留下的痕迹。 2,模温过低 3,内浇道截面积过小及位置不当产生喷溅。 4,作用于金属液上的压力不足 花纹:涂料用量过多。 1,压铸模型腔表面龟裂 2,压铸模材质不当或热处理工艺不正确 3,压铸模冷热温差变化太大 4,浇注温度过高 5,压铸模预热不足 6,型腔表面粗糙 7,压铸模壁薄或有尖角 1,合金过热太大或保温时间过长 2,激烈过冷,结晶过细 3,铝合金含有锌铁等杂质太多 4,铝合金中含铜超出规定范围 在铸件上由于应力或外力而产生的裂纹 1,锌合金铸件的裂纹(1)锌合金中有害杂质铅,锡,铁和镉的含量超过了规定范围(2)铸件从压铸模中取出过迟(3)型芯的抽出或推出受力不均(4)铸件的厚薄相接处转变剧烈(5)熔炼温度过高 2,铝合金铸件的裂纹(1)合金中铁含量过高或硅含量过低(2)合金中有害杂质的含量过高,降低了合金的可塑性(3)铝硅合金:铝硅铜合金含锌或含铜量过高;铝镁合金中含镁量过多(4)模具,特别是型芯温度太低(5)铸件壁厚有剧烈变化之处(6)留模时间过长(7)顶出时受力不均 3,镁合金铸件的裂纹(1)合金中铝硅含量高(2)模具温度低(3)铸件壁厚薄变化剧烈(4)顶出和抽芯受力不均匀

4,铜合金铸件的裂纹(1)黄铜中锌的含量过高(冷裂)或过低(热裂)(2)硅黄铜中硅的含量高(3)开模时间晚,特别是型芯多的铸件 缩孔是压铸件在冷凝过程中,内部补偿不足而造成的
1,浇注温度过高 2,压射比压低 3,铸件在结构上有金属积聚的部位和截面变化剧烈 4,内浇道较小

防止方法 1,提高模温 2,调整内浇道截面积或位置 3,调整内浇道速度及压力 4,适当地选用涂料及调整用量 1,正确选用压铸模材料及热处理工艺 2,浇注温度不宜过高尤其是高熔点合金 3,模具预热要充分 4,压铸模要定期或压铸一定次数后退火,打磨成型部分表面 1,合金不宜过热 2,提高模具温度,降低浇注温度 3,严格控制合金成分在允许的范围内 1,合金材料的配比要注意杂质含量不要超过起点要求 2,调整好开模时间 3,要使推杆受力均匀 4,改变壁厚不均匀性 1,正确控制合金成分,在某些情况下:可在合金中加纯铝锭以降低合金中含镁量;或在合金中加铝硅中间合金以提高硅含量 2,提高模具温度 3,改变铸件结构 4,调整抽芯机构或使推杆受力均匀 1,合金中加纯镁以降低铝硅含量 2,模具温度要控制在要求的范围内 3,改进铸件结构消除厚薄变化较大的截面 4,调整好型芯和推杆使之受力均衡 1,保证合金的化学成分合金元素取其下限:硅黄铜在配制时,硅和锌的含量不能同时取上限 2,提高模具温度 3,适当控制调整开模时间 1,改变铸件结构消除金属积聚及截面变化大处 2,在可能条件下降低浇注温度 3,提高压射比压 4,适当改善浇注系统,使压力更好的传递

第二章 铸造铝合金缺陷及分析

[size=3]一 氧化夹渣

缺陷特征:氧化夹渣多分布在铸件的上表面,在铸型不通气的转角部位。断口多呈灰白色或黄色,经x光透视或在机械加工时发现,也可在碱洗、酸洗或阳极化时发现

产生原因：

1. 炉料不清洁，回炉料使用量过多

2. 浇注系统设计不良

3. 合金液中的熔渣未清除干净

4. 浇注操作不当，带入夹渣

5. 精炼变质处理后静置时间不够

防止方法：

1. 炉料应经过吹砂，回炉料的使用量适当降低

2. 改进浇注系统设计，提高其挡渣能力

3. 采用适当的熔剂去渣

4. 浇注时应当平稳并应注意挡渣

5. 精炼后浇注前合金液应静置一定时间

二 气孔 气泡

缺陷特征：三铸件壁内气孔一般呈圆形或椭圆形，具有光滑的表面，一般是发亮的氧化皮，有时呈油黄色。表面气孔、气泡可通过喷砂发现，内部气孔

气泡可通过 X 光透视或机械加工发现气孔 气泡在 X 光底片上呈黑色

产生原因：

1. 浇注合金不平稳，卷入气体
2. 型(芯)砂中混入有机杂质(如煤屑、草根 马粪等)
3. 铸型和砂芯通气不良
4. 冷铁表面有缩孔
5. 浇注系统设计不良

防止方法：

1. 正确掌握浇注速度，避免卷入气体。
2. 型(芯)砂中不得混入有机杂质以减少造型材料的发气量
3. 改善(芯)砂的排气能力
4. 正确选用及处理冷铁
5. 改进浇注系统设计

三 缩松

缺陷特征：铝铸件缩松一般产生在内浇道附近飞冒口根部厚大部位、壁的厚薄转接处和具有大平面的薄壁处。在铸态时断口为灰色，浅黄色经热处理后为灰白浅黄或灰黑色在 x 光底片上呈云雾状严重的呈丝状缩松可通过 X 光、荧光低倍 断口等检查方法发现

产生原因：

1. 冒口补缩作用差
2. 炉料含气量太多
3. 内浇道附近过热
4. 砂型水分过多，砂芯未烘干
5. 合金晶粒粗大
6. 铸件在铸型中的位置不当
7. 浇注温度过高，浇注速度太快

防止方法：

1. 从冒口补浇金属液，改进冒口设计

2. 炉料应清洁无腐蚀
3. 铸件缩松处设置冒口，安放冷铁或冷铁与冒口联用
4. 控制型砂水分，和砂芯干燥
5. 采取细化品粒的措施
6. 改进铸件在铸型中的位置降低浇注温度和浇注速度

四 裂纹

缺陷特征：

1. 铸造裂纹。沿晶界发展，常伴有偏析，是一种在较高温度下形成的裂纹在体积收缩较大的合金和形状较复杂的铸件容易出现

2. 热处理裂纹：由于热处理过烧或过热引起，常呈穿晶裂纹。常在产生应力和热膨胀系数较大的合金冷却过剧。或存在其他冶金缺陷时产生

产生原因：

1. 铸件结构设计不合理，有尖角，壁的厚薄变化过于悬殊
2. 砂型(芯)退让性不良

3. 铸型局部过热
4. 浇注温度过高
5. 自铸型中取出铸件过早
6. 热处理过热或过烧，冷却速度过激

防止方法:

1. 改进铸件结构设计，避免尖角，壁厚力求均匀，圆滑过渡
2. 采取增大砂型(芯)退让性的措施
3. 保证铸件各部分同时凝固或顺序凝固，改进浇注系统设计
4. 适当降低浇注温度
5. 控制铸型冷却出型时间
6. 铸件变形时采用热校正法
7. 正确控制热处理温度，降低淬火冷却速度

气孔分析

压铸件缺陷中，出现最多的是气孔。

气孔特征。有光滑的表面，形状是圆形或椭圆形。表现形式可以在铸件表面、或皮下针孔、也可能在铸件内部。

(1) 气体来源

- 1) 合金液析出气体—a 与原材料有关 b 与熔炼工艺有关
- 2) 压铸过程中卷入气体—a 与压铸工艺参数有关 b 与模具结构有关
- 3) 脱模剂分解产生气体—a 与涂料本身特性有关 b 与喷涂工艺有关

(2) 原材料及熔炼过程产生气体分析

铝液中的气体主要是氢，约占了气体总量的 85%。

熔炼温度越高，氢在铝液中溶解度越高，但在固态铝中溶解度非常低，因此在凝固过程中，氢析出形成气孔。

氢的来源：

- 1) 大气中水蒸气，金属液从潮湿空气中吸氢。
- 2) 原材料本身含氢量，合金锭表面潮湿，回炉料脏，油污。

3) 工具、熔剂潮湿。

(3) 压铸过程产生气体分析

由于压室、浇注系统、型腔均与大气相通，而金属液是以高压、高速充填，如果不能实现有序、平稳的流动状态，金属液产生涡流，会把气体卷进去。

压铸工艺制定需考虑以下问题：

- 1) 金属液在浇注系统内能否干净、平稳地流动，不会产生分离和涡流。
- 2) 有没有尖角区或死亡区存在？
- 3) 浇注系统是否有截面积的变化？
- 4) 排气槽、溢流槽位置是否正确？是否够大？是否会被堵住？气体能否有效、顺畅排出？

应用计算机模拟充填过程，就是为了分析以上现象，以作判断来选择合理的工艺参数。

(4) 涂料产生气体分析

涂料性能：如发气量大对铸件气孔率有直接影响。

喷涂工艺：使用量过多，造成气体挥发量大，冲头润滑剂太多，或被烧焦，都是气体的来源。

(5) 解决压铸件气孔的办法

先分析出是什么原因导致的气孔，再来取相应的措施。

1) 干燥、干净的合金料。

2) 控制熔炼温度，避免过热，进行除气处理。

3) 合理选择压铸工艺参数，特别是压射速度。调整高速切换起点。

4) 顺序填充有利于型腔气体排出，直浇道和横浇道有足够的长度 ($>50\text{mm}$)，以利于合金液平稳流动和气体有机会排出。可改变浇口厚度、浇口方向、在形成气孔的位置设置溢流槽、排气槽。溢流槽截面积总和不能小于内浇口截面积总和的 60%，否则排渣效果差。

5) 选择性能好的涂料及控制喷涂量。

解决缺陷的思路

由于每一种缺陷的产生原因来自多个不同的影响因素，因此在实际生产中要解决问题，面对众多原因到底是先调机？还是先换料？或先修改模具？建议按难易程度，先简后复杂去处理，其次序：

1) 清理分型面，清理型腔，清理顶杆；改善涂料、改善喷涂工艺；增大锁模力，增加浇注金属量。这些靠简单操作即可实施的措施。

2) 调整工艺参数、压射力、压射速度、充型时间、开模时间, 浇注温度、模具温度等。

3) 换料, 选择质优的铝合金锭, 改变新料与回炉料的比例, 改进熔炼工艺。

4) 修改模具, 修改浇注系统, 增加内浇口, 增设溢流槽、排气槽等。

例如压铸件产生飞边的原因有:

1) 压铸机问题: 锁模力调整不对。

2) 工艺问题: 压射速度过高, 形成压力冲击峰过高。

3) 模具问题: 变形, 分型面上杂物, 镶块、滑块有磨损不平齐, 模板强度不够。解决飞边的措施顺序: 清理分型面→提高锁模力→调整工艺参数→修复模具磨损部位→提高模具刚度。从易到难, 每做一步改进, 先检验其效果, 不行再进行第二步。

第三章 铸造铝合金缺陷及分析

一 氧化夹渣

缺陷特征: 氧化夹渣多分布在铸件的上表面, 在铸型不通气的转角部位。断口多呈灰白色或黄色, 经 x 光透视或在机械加工时发现, 也可在碱洗、酸洗或阳极化时发现

产生原因:

1. 炉料不清洁，回炉料使用量过多

2. 浇注系统设计不良

3. 合金液中的熔渣未清除干净

4. 浇注操作不当，带入夹渣

5. 精炼变质处理后静置时间不够

防止方法：

1. 炉料应经过吹砂，回炉料的使用量适当降低

2. 改进浇注系统设计，提高其挡渣能力

3. 采用适当的熔剂去渣

4. 浇注时应当平稳并应注意挡渣

5. 精炼后浇注前合金液应静置一定时间

二 气孔 气泡

缺陷特征：三铸件壁内气孔一般呈圆形或椭圆形，具有光滑的表面，一般是发亮的氧化皮，有时呈油黄色。表面气孔、气泡可通过喷砂发现，内部气孔

气泡可通过 X 光透视或机械加工发现气孔 气泡在 X 光底片上呈黑色

产生原因：

1. 浇注合金不平稳，卷入气体
2. 型(芯)砂中混入有机杂质(如煤屑、草根 马粪等)
3. 铸型和砂芯通气不良
4. 冷铁表面有缩孔
5. 浇注系统设计不良

防止方法：

1. 正确掌握浇注速度，避免卷入气体。
2. 型(芯)砂中不得混入有机杂质以减少造型材料的发气量
3. 改善(芯)砂的排气能力
4. 正确选用及处理冷铁
5. 改进浇注系统设计

三 缩松

缺陷特征：铝铸件缩松一般产生在内浇道附近飞冒口根部厚大部位、壁的厚薄转接处和具有大平面的薄壁处。在铸态时断口为灰色，浅黄色经热处理后为灰白浅黄或灰黑色在 x 光底片上呈云雾状严重的呈丝状缩松可通过 X 光、荧光低倍 断口等检查方法发现

产生原因：

1. 冒口补缩作用差
2. 炉料含气量太多
3. 内浇道附近过热
4. 砂型水分过多，砂芯未烘干
5. 合金晶粒粗大
6. 铸件在铸型中的位置不当
7. 浇注温度过高，浇注速度太快

防止方法：

1. 从冒口补浇金属液，改进冒口设计

2. 炉料应清洁无腐蚀
3. 铸件缩松处设置冒口，安放冷铁或冷铁与冒口联用
4. 控制型砂水分，和砂芯干燥
5. 采取细化品粒的措施
6. 改进铸件在铸型中的位置降低浇注温度和浇注速度

四 裂纹

缺陷特征：

1. 铸造裂纹。沿晶界发展，常伴有偏析，是一种在较高温度下形成的裂纹在体积收缩较大的合金和形状较复杂的铸件容易出现

2. 热处理裂纹：由于热处理过烧或过热引起，常呈穿晶裂纹。常在产生应力和热膨胀系数较大的合金冷却过剧。或存在其他冶金缺陷时产生

产生原因：

1. 铸件结构设计不合理，有尖角，壁的厚薄变化过于悬殊
2. 砂型(芯)退让性不良

3. 铸型局部过热
4. 浇注温度过高
5. 自铸型中取出铸件过早
6. 热处理过热或过烧，冷却速度过激

防止方法:

1. 改进铸件结构设计，避免尖角，壁厚力求均匀，圆滑过渡
2. 采取增大砂型(芯)退让性的措施
3. 保证铸件各部分同时凝固或顺序凝固，改进浇注系统设计
4. 适当降低浇注温度
5. 控制铸型冷却出型时间
6. 铸件变形时采用热校正法
7. 正确控制热处理温度，降低淬火冷却速度

气孔分析

压铸件缺陷中，出现最多的是气孔。

气孔特征。有光滑的表面，形状是圆形或椭圆形。表现形式可以在铸件表面、或皮下针孔、也可能在铸件内部。

(1) 气体来源

1) 合金液析出气体—a 与原材料有关 b 与熔炼工艺有关

2) 压铸过程中卷入气体—not;—a 与压铸工艺参数有关 b 与模具结构有关

3) 脱模剂分解产生气体—not;—a 与涂料本身特性有关 b 与喷涂工艺有关

(2) 原材料及熔炼过程产生气体分析

铝液中的气体主要是氢，约占了气体总量的 85%。

熔炼温度越高，氢在铝液中溶解度越高，但在固态铝中溶解度非常低，因此在凝固过程中，氢析出形成气孔。

氢的来源：

1) 大气中水蒸气，金属液从潮湿空气中吸氢。

2) 原材料本身含氢量，合金锭表面潮湿，回炉料脏，油污。

3) 工具、熔剂潮湿。

(3) 压铸过程产生气体分析

由于压室、浇注系统、型腔均与大气相通，而金属液是以高压、高速充填，如果不能实现有序、平稳的流动状态，金属液产生涡流，会把气体卷进去。

压铸工艺制定需考虑以下问题：

- 1) 金属液在浇注系统内能否干净、平稳地流动，不会产生分离和涡流。
- 2) 有没有尖角区或死亡区存在？
- 3) 浇注系统是否有截面积的变化？
- 4) 排气槽、溢流槽位置是否正确？是否够大？是否会被堵住？气体能否有效、顺畅排出？

应用计算机模拟充填过程，就是为了分析以上现象，以作判断来选择合理的工艺参数。

(4) 涂料产生气体分析

涂料性能：如发气量大对铸件气孔率有直接影响。

喷涂工艺：使用量过多，造成气体挥发量大，冲头润滑剂太多，或被烧焦，都是气体的来源。

(5) 解决压铸件气孔的办法

先分析出是什么原因导致的气孔，再来取相应的措施。

1) 干燥、干净的合金料。

2) 控制熔炼温度，避免过热，进行除气处理。

3) 合理选择压铸工艺参数，特别是压射速度。调整高速切换起点。

4) 顺序填充有利于型腔气体排出，直浇道和横浇道有足够的长度 ($>50\text{mm}$)，以利于合金液平稳流动和气体有机会排出。可改变浇口厚度、浇口方向、在形成气孔的位置设置溢流槽、排气槽。溢流品截面积总和不能小于内浇口截面积总和的 60%，否则排渣效果差。

5) 选择性能好的涂料及控制喷涂量。

解决缺陷的思路

由于每一种缺陷的产生原因来自多个不同的影响因素，因此在实际生产中要解决问题，面对众多原因到底是先调机？还是先换料？或先修改模具？建议按难易程度，先简后复杂去处理，其次序：

1) 清理分型面，清理型腔，清理顶杆；改善涂料、改善喷涂工艺；增大锁模力，增加浇注金属量。这些靠简单操作即可实施的措施。

2) 调整工艺参数、压射力、压射速度、充型时间、开模时间, 浇注温度、模具温度等。

3) 换料, 选择质优的铝合金锭, 改变新料与回炉料的比例, 改进熔炼工艺。

4) 修改模具, 修改浇注系统, 增加内浇口, 增设溢流槽、排气槽等。

例如压铸件产生飞边的原因有:

1) 压铸机问题: 锁模力调整不对。

2) 工艺问题: 压射速度过高, 形成压力冲击峰过高。

3) 模具问题: 变形, 分型面上杂物, 镶块、滑块有磨损不平齐, 模板强度不够。解决飞边的措施顺序: 清理分型面→提高锁模力→调整工艺参数→修复模具磨损部位→提高模具刚度。从易到难, 每做一步改进, 先检验其效果, 不行再进行第二步。

压铸件常见缺陷影响因素

影响因素 常见缺陷

欠铸 气泡 变形 缩孔气孔 裂纹 冷隔 夹渣 粘模 擦伤 因素类别 产生根源

比压 √ √ √ B 压铸机

压射速度 √ √ B

建压时间 √ √ B

压室充满度 √ √ √ B

1-2 速度交接点 √ √ √ B

凝固时间 √ √ B

模具温度 √ √ √ √ √ C 模具

模具排气 √ √ √ √ A

浇注系统不正确 √ √ A

模具表面处理不好 √ √ A

铸造斜度不够 √ √ √ √ A

铸造硬度不够 √ √ A

浇注温度 √ √ √ C 现场操作

浇注金属量 √ √ C

金属含杂质 √ C

涂料 √ √ √ √ √ √ √ √ C

注：A 类因素：取决于模具设计与制造。

B 类因素：大都取决于压铸机性能及压铸参数选择

第四章 铝合金的强度是由添加那种金属,添加多少决定的?

一. Al-Mg-Si 系合金的基本特点：

一. 6063 铝合金的化学成份在 GB/T5237-93 标准中为 0.2-0.6% 的硅、0.45-0.9% 的镁、铁的最高限量为 0.35%，其余杂质元素(Cu、Mn、Zr、Cr 等)均小于 0.1%。这个成份范围很宽，它还有很大选择余地。

一. 6063 铝合金是属铝-镁-硅系列可热处理强化型铝合金，在 Al-Mg-Si 组成的三元系中，没有三元化合物，只有两个二元化合物 Mg_2Si 和 Mg_2Al_3 ，以 $\alpha(Al)-Mg_2Si$ 伪二元截面为分界，构成两个三元系， $\alpha(Al)-Mg_2Si-(Si)$ 和 $\alpha(Al)-Mg_2Si-Mg_2Al_3$ ，如图一、田二所示：

一. 在 Al-Mg-Si 系合金中，主要强化相是 Mg_2Si ，合金在淬火时，固溶于基体中的 Mg_2Si 越多，时效后的合金强度就越高，反之，则越低，如图 2 所示，在 $\alpha(Al)-Mg_2Si$ 伪二元相图上，共晶温度为 $595^\circ C$ ， Mg_2Si 的最大溶解度是 1.85%，在 $500^\circ C$ 时为 1.

05%，由此可见，温度对 Mg_2Si 在 Al 中的固溶度影响很大，淬火温度越高，时效后的强度越高，反之，淬火温度越低，时效后的强度就越低。有些铝型材厂生产的型材化学成份合格，强度却达不到要求，原因就是铝棒加热温度不够或外热内冷，造成型材淬火温度太低所致。

一． 在 Al-Mg-Si 合金系列中，强化相 Mg_2Si 的镁硅重量比为 1.73，如果合金中有过剩的镁(即 $Mg : Si > 1.73$)，镁会降低 Mg_2Si 在铝中的固溶度，从而降低 Mg_2Si 在合金中的强化效果。如果合金中存在过剩的硅，即 $Mg : Si < 1.73$ ，则硅对 Mg_2Si 在铝中的固溶度没有影响，由此可见，要得到较高强度的合金，必须 $Mg : Si < 1.73$ 。

一． 二． 合金成份的选择

一． 1． 合金元素含量的选择

一． 6063 合金成份有一个很宽的范围，具体成份除了要考虑机械性能、加工性能外，还要考虑表面处理性能，即型材如何进行表面处理和要得到什么样的表面。例如，要生产磨砂料， Mg/Si 应小一些为好，一般选择在 $Mg/Si=1-1.3$ 范围，这是因为有较多相对过剩的 Si，有利于型材得到砂状表面；若生产光亮材、着色材和电泳涂漆材， Mg/Si 在 1.5-1.7 范围为好，这是因为有较少过剩硅，型材抗蚀性好，容易得到光亮的表面。

一． 另外，铝型材的挤压温度一般选在 $480^{\circ}C$ 左右，因此，合金元素镁硅总量应在 1.0% 左右，因为在 $500^{\circ}C$ 时， Mg_2Si 在铝中的固溶度只有 1.05%，过高的合金元素含量会导致在淬火时 Mg_2Si 不能全部溶入基体，有较多的未溶解 Mg_2Si 相，这些 Mg_2Si 相对合金的强度没有多少作用，反而会影响型材表面处理性能，给型材的氧化、着色(或涂漆)造成麻烦。

一 . 2 . 杂质元素的影响

一． ①铁，铁是铝合金中的主要杂质元素，在 6063 合金中，国家标准中规定不大于 0.35，如果生产中用一级工业铝锭，一般铁含量可控制在 0.25 以下，但如果为了降低生产成本，大量使用回收废铝或等外铝，铁就很容易超标。Fe 在铝中的存在形态有两种，一种是针状(或称片状)结构的 β 相($Al_9Fe_2Si_2$)，一种为粒状结构的 α 相($Al_{12}Fe_3Si$)，不同的相结构，对铝合金有不同的影响，片状结构的 β 相要比粒状结构 α 相破坏性大的多， β 相可使铝型材表面粗糙、机械性能、抗蚀性能变差，氧化后的型材表面发青，光泽下降，着色后得不到纯正色调，因此，铁含量必须加以控制。

一． 为了减少铁有害影响可采取如下措施。

一． a)熔炼、铸造用所有工具在使用前涂涮涂料，尽可能减少铁溶入铝液。

一． b)细化晶粒，使铁相变细，变小，减少其有害作用。

一． c)加入适量的锶，使 β 相转变成 α 相，减少其有害作用。

一． d)对废杂料细心挑选，尽可能的减少铁丝、铁钉、铁屑等杂物进入熔铝炉造成铁含量升高。

一． ②其它杂质元素

其它杂质元素在电解铝锭中都很少，远远低于国家标准，在使用回收废杂铝时就可能超过标准；在生产中，不但要控制每个元素不能超标，而且要控制杂质元素总量也不能超标，当单个元素含量不超标，但总量超标时，这些杂质元素同样对型材质量有很大影响。特别需要提出强调的是，实践证明，锌含量到 0.05 时(国标中不大于 0.1)型材氧化后表面就出现白色斑点，因此锌含量要控制到 0.05 以下。

一. 三. 6063 铝合金的熔炼

一. 1. 控制好熔炼温度

一. 铝合金熔炼是生产优质铸棒的最重要工艺环节之一，若工艺控制不当，会在铸棒中产生夹渣、气孔，晶粒粗大，羽毛晶等多种铸造缺陷，因此必须严加控制。

一. 6063 铝合金的熔炼温度控制在 750-760°C 之间为佳，过低会增大夹渣的产生，过高会增大吸氢、氧化、氮化烧损。研究表明，铝液中氢气的溶解度在 760°C 以上急剧上升，当热减少吸氢的途径还有许多，如烘干溶炼炉和熔炼工具，防止使用熔剂受潮变质等。但熔炼温度是最敏感因素之一，过高的熔炼温度不但浪费能源，增加成本，而且是造成气孔，晶粒粗大，羽毛晶等缺陷的直接成因。

一. 2. 选用优良的熔剂和适当的精炼工艺

一. 熔剂是铝合金熔炼中使用的重要辅助材料，目前市场上所售熔剂中主要成份为氯化物，氟化物，其中氯化物吸水性强，容易受潮，因此，熔剂的生产中必须烘干所用原料，彻底除去水份，包装要密封，运输、保管中要防止破损，还要注意生产日期，如保管日期过长，同样会发生吸潮现象，在 6063 铝合金的熔炼中，使用的除渣剂、精炼剂、覆盖剂

等熔剂如果吸潮，都会使铝液产生不同程度的吸氢。

选择好的精炼剂，选择合适的精练工艺也是非常重要的，目前 6063 铝合金的精炼绝大多数采用喷粉精炼，这种精炼方法能使精炼剂与铝液充分接触，可使精炼剂发挥最大效能。虽然这个特点是显而易见的，但是精炼工艺也必须注意，否则得不到应有效果，喷粉精炼中所用氮气压力以小为好，能满足吹出粉剂为佳，精炼中如果使用的氮气不是高纯氮(99.99% N₂)，吹入铝液的氮气越多，氟气中的水份使铝液产生的氧化和吸氢越多。另外，氟气压力高，铝液产生的翻卷波浪大，增大产生氧化夹渣的可能性。如果精炼中使用的是高纯氮，精炼压力大，产生的气泡大，大气泡在铝液中的浮力大，气泡迅速上浮，在铝液中的停留时间短，除氢效果并不好，浪费氮气，增加成本。因此氮气应少用，精炼剂应多用，多用精炼剂只有好处，没有坏处。喷粉精炼的工艺要点是用尽可能少的气体，喷进铝液尽可能多的精炼剂。

一. 3. 晶粒细化

一. 晶粒细化是铝合金熔铸中最重要的工艺之一，也是解决气孔、晶粒粗大、光亮晶、羽毛晶、裂纹等铸造缺陷的最有效措施之一。在合金铸造中，均是非平衡结晶，所有的杂质元素(当然也包括合金元素)绝大部分集中分布在晶界，晶粒越小，晶界面积就越大，杂质元素(或合金元素)的均匀度就越高。对杂质元素而言，均匀度高，可减少它的有害作用，甚至将少量杂质元素的有害变为有益；对合金元素而言，均匀度高，可发挥合金元素更大的合金化能力，达到充分利用资源的目的。

一. 细化晶粒、增大晶界面积、增大元素均匀度的作用可通过下面的计算加以说明。

一. 假设金属块 1 与 2 有同样的体积 V ，均由立方体晶粒构成，金属块 1 的晶粒边长为 $2a$ ，2 的边长为 a ，那么金属块 1 的晶界面积为：

一 . 金属块 2 的晶界面积为 :

一 . 金属块 2 的晶界面积是金属块 1 的 2 倍。

一 . 由此可见合金晶粒直径减小一倍，晶界面积就要增大一倍，晶界单位面积上的杂质元素将减少一倍。

一 . 在 6063 铝合金的生产中 ,对磨砂料来说 ,由于要通过腐蚀使型材产生均匀砂面 ,那么合金元素及杂质元素的均匀分布就显得尤为重要。晶粒越细 ,合金元素(杂质元素)的分布越均匀 ,腐蚀后得到的砂面就越均匀。

一 . 四 . 6063 铝合金的浇铸

一 . 1 . 选择合理的浇铸温度

一 . 合理的浇铸温度也是生产出优质铝棒的重要因素 ,温度过低 ,易产生夹渣、针孔等铸造缺陷。温度过高 ,易产生晶粒粗大、羽毛晶等铸造缺陷。

一 . 做了晶粒细化处理后的 6063 铝合金液 ,铸造温度可适当提高 ,一般可控制在 720-740℃之间 ,这是因为 :①铝液经晶粒细化处理后变粘 ,容易凝固结晶。②铝棒在铸造中结晶前沿有一个液固两相过度带 ,较高的铸造温度有较窄的过度带 ,过度带窄有利于结晶前沿排出的气体逸出 ,当然温度不可过高 ,过高的铸造温度会缩短晶粒细化剂的有效时间 ,使晶粒变得相对较大。

一 . 2 . 有条件时 ,充分预热 ,烘干流槽、分流盘等浇铸系统 ,防止水分与铝液反应造成吸氢。

3. 铸造中，尽可能的避免铝液的紊流和翻卷，不要轻易用工具搅动流槽及分流盘中的铝液，让铝液在表面氧化膜的保护下平稳流入结晶器结晶，这是因为工具搅动铝液和液流翻卷都会使铝液表面氧化膜破裂，造成新的氧化，同时将氧化膜卷入铝液。经研究表明，氧化膜有极强的吸附能力，它含有 2% 的水份，当氧化膜卷入铝液后，氧化膜中的水份与铝液反应，造成吸氢和夹渣。

一. 4. 对铝液进行过滤，过滤是除去铝液中非金属夹渣最有效的方法，在 6063 铝合金的铸造中，一般用多层玻璃丝布过滤或陶瓷过滤板过滤，无论是采取何种过滤方法，为了保证铝液能正常的过滤，铝液在过滤前应除去表面浮渣，因为表面浮渣易堵塞过滤材料的过滤网孔，使过滤不能正常进行，除去铝液表面浮渣的最简单方法是在流槽中设置一挡渣板，使铝液在过滤前除去浮渣。

一. 五. 6063 铝合金的均化处理

一. 1. 非平衡结晶

一. 如图三所示，是由 A、B 两种元素构成的二元相图的一部分，成份为 F 的合金凝固结晶，当温度下降到 T_1 时，固相平衡成份应为 G，实际成份为 G' ，这是因为在铸造生产中，冷却凝固速度快，合金元素的扩散速度小于结晶速度，即固相成份不是按 CD 变化，而是按 CD' 变化，从而产生了晶粒内化学成份的不平衡现象，造成了非平衡结晶。

一. 2. 非平衡结晶产生的问题

一. 铸造生产出的铝合金棒其内部组织存在两方面的问题：①晶粒间存在铸造应力；

②

非平衡结晶引起的晶粒内化学成份的不平衡。由于这两个问题的存在，会使挤压变得困难，同时，挤压出的产品在机械性能、表面处理性能方面都有所下降。因此，铝棒在挤压前必须进行均匀化处理，消除铸造应力和晶粒内化学成份不平衡。

一 . 3 . 均匀化处理

一 . 均匀化处理就是铝棒在高温(低于过烧温度)下通过保温，消除铸造应力和晶粒内化学成份不平衡的热处理。Al-Mg-Si 系列的合金过烧温度应该是 595℃，但由于杂质元素的存在，实际的 6063 铝合金不是三元系，而是一个多元系，因此，实际的过烧温度要比 595℃低一些，6063 铝合金的均匀化温度可选在 530-550℃之间，温度高，可缩短保温时间，节约能源，提高炉子的生产率。

一 . 4 . 晶粒大小对均匀化处理的影响

一 . 由于固体原子之间的结合力很大，均匀化处理是在高温下合金元素从晶界(或边沿)扩散到晶内的过程，这个过程是很慢的。容易理解，粗大晶粒的均化时间要比细晶粒的均匀化时间长得多，因而晶粒越细，均匀化时间就越短。

一 . 5 . 均匀化处理的节能措施

一 . 均匀化处理需要在高温下通过较长时间保温，对能源需求大，处理成本高，因此，目前绝大多数型材厂对铝棒未进行均匀化处理。其最重要的原因就是均匀化处理需要较高成本所致。降低均匀化处理成本的主要措施有：

一 . ①细化晶粒

一 . 细化晶粒可有效的缩短保温时间 , 晶粒越细越好。

一． ②加长铝棒加热炉，按均匀化和挤压温度分段控制，满足不同工艺要求。这一工艺主要好处是：

一． a)不增加均匀化处理炉。

一． b)充分利用铝棒均匀化后的热能，避免挤压时再次加热铝棒。

一． c)铝棒加热保温时间长，内外温度均匀，有利于挤压和随后的热处理。

一． 综上所述，生产出优质 6063 铝合金铸棒，首先是根据生产的型材选择合理的成分，其次是严格控制熔炼温度、浇铸温度，做好晶粒细化处理、合金液的精炼、过滤等工艺措施，细心操作，避免氧化膜的破裂与卷入。最后，对铝棒进行均匀化处理，这样就可生产出优质铝棒，为生产优质型材提供一个可靠的物质基础。

一． 这里还有个例子

一． LY12，现在通常叫做 2A12，相当于 2024，通用的板材标准为 AMS-QQ-A-250/4（非包铝）；AMS-QQ-A-250/5（包铝），主要用于飞机结构、铆钉、导弹构件、卡车轮毂、螺旋桨元件及其他种种结构件，为 Al-Cu-Mg 系主要成分为

一． 硅 0.5%

一． 铁 0.5%

一． 铜 3.8-4.9

— . 锰 0.0-0.9

— . 镁 1.2-1.8

— . 铬 0.10

— . 镍

— . 锌 0.25

— . 钛 0.15 (5)

— . 其它(3) 0.15

— . 铝(4) 其余

— . 注:

— . (1)组合之元素性质以最高百分率表示，除非列出的是一个范围或是最低值。

— . (2) 为了定出合适的数值限制，分析得来的观察或计算数值都是依据标准规则(ANSI Z25.1)以表示明确的范围。

— . (3) 除了非合金外，合金内的元素所规定的份量通常在分析报告中指示出来。但如果在分析过程中怀疑有其它元素存在或有部份元素被怀疑有过量的情形，更应进一步的分析直至有证实为止。

一 . (4) 不是经由精炼过程的非合金铝中的铝质的含量就是其它的金属的总量和百分纯铝之差 - 其差别在于百分 0.01 或稍多一点。(百分比的小数点后第二位)

一 . (5) 最多可含有 0.20% 锆和钛。

第五章 铝合金是如何生产的,需要什么主要仪器?

一 . Al-Mg-Si 系合金的基本特点 :

一 . 6063 铝合金的化学成份在 GB/T5237-93 标准中为 0 . 2-0 . 6 % 的硅、0 . 45-0 . 9 % 的镁、铁的最高限量为 0.35 % , 其余杂质元素(Cu、Mn、Zr、Cr 等)均小于 0 . 1 % 。这个成份范围很宽 , 它还有很大选择余地。

一 . 6063 铝合金是属铝-镁-硅系列可热处理强化型铝合金 , 在 Al-Mg-Si 组成的三元系中 , 没有三元化合物 , 只有两个二元化合物 Mg_2Si 和 Mg_2Al_3 , 以 $\alpha(Al)-Mg_2Si$ 伪二元截面为分界 , 构成两个三元系 , $\alpha(Al)-Mg_2Si-(Si)$ 和 $\alpha(Al)-Mg_2Si-Mg_2Al_3$, 如图一、图二所示 :

一 . 在 Al-Mg-Si 系合金中 , 主要强化相是 Mg_2Si , 合金在淬火时 , 固溶于基体中的 Mg_2Si 越多 , 时效后的合金强度就越高 , 反之 , 则越低 , 如图 2 所示 , 在 $\alpha(Al)-Mg_2Si$ 伪二元相图上 , 共晶温度为 $595^{\circ}C$, Mg_2Si 的最大溶解度是 1 . 85 % , 在 $500^{\circ}C$ 时为 1.05 % , 由此可见 , 温度对 Mg_2Si 在 Al 中的固溶度影响很大 , 淬火温度越高 , 时效后的强度越高 , 反之 , 淬火温度越低 , 时效后的强度就越低。有些铝型材厂生产的型材化学成份合格 , 强度却达不到要求 , 原因就是铝棒加热温度不够或外热内冷 , 造成型材淬火温度太低所致。

一. 在 Al-Mg-Si 合金系列中, 强化相 Mg_2Si 的镁硅重量比为 1.73, 如果合金中有过剩的镁(即 $Mg : Si > 1.73$), 镁会降低 Mg_2Si 在铝中的固溶度, 从而降低 Mg_2Si 在合金中的强化效果。如果合金中存在过剩的硅, 即 $Mg : Si < 1.73$, 则硅对 Mg_2Si 在铝中的固溶度没有影响, 由此可见, 要得到较高强度的合金, 必须 $Mg : Si < 1.73$ 。

一. 二. 合金成份的选择

一. 1. 合金元素含量的选择

一. 6063 合金成份有一个很宽的范围, 具体成份除了要考虑机械性能、加工性能外, 还要考虑表面处理性能, 即型材如何进行表面处理和要得到什么样的表面。例如, 要生产磨砂料, Mg/Si 应小一些为好, 一般选择在 $Mg/Si=1-1.3$ 范围, 这是因为有较多相对过剩的 Si, 有利于型材得到砂状表面; 若生产光亮材、着色材和电泳涂漆材, Mg/Si 在 1.5-1.7 范围为好, 这是因为有较少过剩硅, 型材抗蚀性好, 容易得到光亮的表面。

一. 另外, 铝型材的挤压温度一般选在 $480^{\circ}C$ 左右, 因此, 合金元素镁硅总量应在 1.0% 左右, 因为在 $500^{\circ}C$ 时, Mg_2Si 在铝中的固溶度只有 1.05%, 过高的合金元素含量会导致在淬火时 Mg_2Si 不能全部溶入基体, 有较多的未溶解 Mg_2Si 相, 这些 Mg_2Si 相对合金的强度没有多少作用, 反而会影响型材表面处理性能, 给型材的氧化、着色(或涂漆)造成麻烦。

一. 2. 杂质元素的影响

一. ①

铁，铁是铝合金中的主要杂质元素，在 6063 合金中，国家标准中规定不大于 0.35，如果生产中用一级工业铝锭，一般铁含量可控制在 0.25 以下，但如果为了降低生产成本，大量使用回收废铝或等外铝，铁就很容易超标。Fe 在铝中的存在形态有两种，一种是针状(或称片状)结构的 β 相($Al_9Fe_2Si_2$)，一种为粒状结构的 α 相($Al_{12}Fe_3Si$)，不同的相结构，对铝合金有不同的影响，片状结构的 β 相要比粒状结构 α 相破坏性大的多， β 相可使铝型材表面粗糙、机械性能、抗蚀性能变差，氧化后的型材表面发青，光泽下降，着色后得不到纯正色调，因此，铁含量必须加以控制。

- 一. 为了减少铁的危害影响可采取如下措施。
- 一. a)熔炼、铸造用所有工具在使用前涂涮涂料，尽可能减少铁溶入铝液。
- 一. b)细化晶粒，使铁相变细，变小，减少其有害作用。
- 一. c)加入适量的锶，使 β 相转变成 α 相，减少其有害作用。
- 一. d)对废杂料细心挑选，尽可能的减少铁丝、铁钉、铁屑等杂物进入熔铝炉造成铁含量升高。

一. ②其它杂质元素

一. 其它杂质元素在电解铝锭中都很少，远远低于国家标准，在使用回收废杂铝时就可能超过标准；在生产中，不但要控制每个元素不能超标，而且要控制杂质元素总量也不能超标，当单个元素含量不超标，但总量超标时，这些杂质元素同样对型材质量有很大影响。特别需要提出强调的是，实践证明，锌含量到 0.05 时(国标中不大于 0.1)型材氧化

后表面就出现白色斑点，因此锌含量要控制到 0.05 以下。

一 . 三 . 6063 铝合金的熔炼

一 . 1 . 控制好熔炼温度

一 . 铝合金熔炼是生产优质铸棒的最重要工艺环节之一,若工艺控制不当,会在铸棒中产生夹渣、气孔,晶粒粗大,羽毛晶等多种铸造缺陷,因此必须严加控制。

一 . 6063 铝合金的熔炼温度控制在 750-760°C之间为佳,过低会增大夹渣的产生,过高会增大吸氢、氧化、氮化烧损。研究表明,铝液中氢气的溶解度在 760°C以上急剧上升,当热减少吸氢的途径还有许多,如烘干溶炼炉和熔炼工具,防止使用熔剂受潮变质等。但熔炼温度是最敏感因素之一,过高的熔炼温度不但浪费能源,增加成本,而且是造成气孔,晶粒粗大,羽毛晶等缺陷的直接成因。

一 . 2 . 选用优良的熔剂和适当的精炼工艺

一 . 熔剂是铝合金熔炼中使用的重要辅助材料,目前市场上所售熔剂中主要成份为氯化物,氟化物,其中氯化物吸水性强,容易受潮,因此,熔剂的生产中必须烘干所用原料,彻底除去水份,包装要密封,运输、保管中要防止破损,还要注意生产日期,如保管日期过长,同样会发生吸潮现象,在 6063 铝合金的熔炼中,使用的除渣剂、精炼剂、覆盖剂等熔剂如果吸潮,都会使铝液产生不同程度的吸氢。

选择好的精炼剂，选择合适的精练工艺也是非常重要的，目前 6063 铝合金的精炼绝大多数采用喷粉精炼，这种精炼方法能使精炼剂与铝液充分接触，可使精炼剂发挥最大效能。虽然这个特点是显而易见的，但是精炼工艺也必须注意，否则得不到应有效果，喷粉精炼中所用氮气压力以小为好，能满足吹出粉剂为佳，精炼中如果使用的氮气不是高纯氮(99.99% N₂)，吹入铝液的氮气越多，氟气中的水份使铝液产生的氧化和吸氢越多。另外，氟气压力高，铝液产生的翻卷波浪大，增大产生氧化夹渣的可能性。如果精炼中使用的是高纯氮，精炼压力大，产生的气泡大，大气泡在铝液中的浮力大，气泡迅速上浮，在铝液中的停留时间短，除氢效果并不好，浪费氮气，增加成本。因此氮气应少用，精炼剂应多用，多用精炼剂只有好处，没有坏处。喷粉精炼的工艺要点是用尽可能少的气体，喷进铝液尽可能多的精炼剂。

一. 3. 晶粒细化

一. 晶粒细化是铝合金熔铸中最重要的工艺之一，也是解决气孔、晶粒粗大、光亮晶、羽毛晶、裂纹等铸造缺陷的最有效措施之一。在合金铸造中，均是非平衡结晶，所有的杂质元素(当然也包括合金元素)绝大部分集中分布在晶界，晶粒越小，晶界面积就越大，杂质元素(或合金元素)的均匀度就越高。对杂质元素而言，均匀度高，可减少它的有害作用，甚至将少量杂质元素的有害变为有益；对合金元素而言，均匀度高，可发挥合金元素更大的合金化能力，达到充分利用资源的目的。

一. 细化晶粒、增大晶界面积、增大元素均匀度的作用可通过下面的计算加以说明。

一. 假设金属块 1 与 2 有同样的体积 V ，均由立方体晶粒构成，金属块 1 的晶粒边长为 $2a$ ，2 的边长为 a ，那么金属块 1 的晶界面积为：

- . 金属块 2 的晶界面积为：

- . 金属块 2 的晶界面积是金属块 1 的 2 倍。

- . 由此可见合金晶粒直径减小一倍，晶界面积就要增大一倍，晶界单位面积上的杂质元素将减少一倍。

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/758064045010006070>

— .