

005

致辞、团队介绍：顾问、专家名单

005 引领行业发展，打造新发展格局

009

行业探讨 INDUSTRY DISCUSSION

010 熔融铝的爆炸、事故与预防
018 热顶铸造结晶器漏铝原因及改善措施
022 铝实心材的市场应用及生产改善

025

新品专栏 THE NEW COLUMN

026 负压铸造工艺在汽车和航空用铝中的应用
039 新品 | 一文了解！赛达通 SDF 系列轴流风机（扇）全解读！
041 “产业链、资金链、创新链、政策链”四链融合，
聚焦三水铝加工行业高质量发展

050

技术专栏 TECHNICAL COLUMN

051 3D 挤压技术及其产品开发
056 铝挤压型材模具的分流孔布局优化设计
059 6063 铝合金市场成品铸棒使用性能试验研究
063 流程化的金属挤压仿真工具

086

论文 PAPER

087 铝挤压工模具热处理工艺研究及操作细节
091 铝型材消光电泳工艺及常见缺陷
094 铝型材高速挤压模具之典型特征
100 电解抛光工艺与生产控制

103

涂装表面处理 COATING FINISH

104 涂料性能评价技术的发展

108

品牌风标 BRAND WEATHERCOCK

109 “阔步新征程·奋力开新局”2022 广亚铝业动员大会顺利召开！
111 将“坚持追求完美”进行到底！坚美铝材顺利通过三项长度计量标准认证工作
112 热烈祝贺广东华昌集团有限公司荣获多项桂冠表彰

114

专访 AN INTERVIEW WITH

115 二十余载深耕表面处理行业，不忘初心只做优质电泳涂料

117

铝加工课堂 THE CLASSROOM

118 铝合金圆铸锭两种铸造方法介绍
121 常用 6 系合金的热处理工艺
124 如何选择合适的卧式直通固化炉

128

资讯 INFORMATION





广东铝加工

GUANGDONG ALUMINUM PROCESSING

主编 Editor In Chief	潘学著
副主编 Subeditor	王 敏
国际标准刊号	ISSN2788-6123
运营中心 Operation Center	广东铝途企业管理有限公司
主办单位 The Organizer	广东省有色金属学会铝加工专业委员会
战盟伙伴 Strategic Partners	佛山市三水区铝加工行业协会
总策划 Planner	林 文
编辑 Editors	陈咏珊
美术编辑 Art Editors	黄加漫
发行广告客服 Offering Customer Tel	张国慧
客服热线 Customer Service Tel	0757-26149898
投稿邮箱 E-mail	ALPC2020@126.com

品牌推荐



跨版



整版



ALPC

广东省有色金属学会铝加工专业委员会

主 任	潘学著 (广亚铝业有限公司总工程师)
副主任	魏华光 (广东省有色金属学会副理事长)
副主任	刘允棠 (广东兴发铝业有限公司副总经理)
副主任	池国明 (乳源东阳光优艾希杰精箔有限公司副总经理)
副主任	黄日勇 (香港泰诺风保泰有限公司技术总监)
副主任	吴锡坤 (广东兴发铝业有限公司总工程师)
副主任	杨镇江 (广东鸿邦金属铝业有限公司常务副总经理)
副主任	项胜前 (广东豪美新材股份有限公司副总经理)
副主任	巫锡建 (肇庆亚洲铝厂有限公司总厂厂长)
副主任	林 文 (佛山市中迅拓新材料科技有限公司董事长)
副主任	余双辉 (佛山市英辉铝型材有限公司总经理)



版权说明

本刊相关信息，均由厂商提供，未经书面许可不得转载和使用。如有擅自转发和使用，本刊将依法依版权法之规定，追究其法律责任。

004

致辞、团队介绍：顾问、专家名单



致辞

引领行业发展，打造新发展格局

文：陈胜光



2022年是党的二十大召开之年，也是实施“十四五”规划的关键之年；我谨代表广东省有色金属行业协会和广东省有色金属学会对《广东铝加工》

期刊的发行表示祝贺，并向参与创办期刊的全体同志和合作单位表示感谢！

铝是仅次于钢铁的第二大金属材料，由于其优良的结构及功能特性，随着科技的进步和经济的快速增长，铝在建筑型材、交通运输、基建、配件、能源电力、电子电器等领域都有广泛的运用。我国是全球最大的铝生产国和消费国，广东省更是我国铝加工的产销大省，自改革开放以来，铝型材生产产量一直稳居全国第一，现在的铝挤压材料产量一直稳居全国第一，铝加工材生产产量一直稳居全国前三。经过四十多年的发展与沉淀，广东省铝加工已形成了具有明显规模优势和品牌优势的产业集群，面对世界百年未有之大变局，为贯彻落实习近平总书记对广东系列重要讲话和重要指示精神，把握“十四五”重大发展机遇，实现产业结构的调整，推动高质量发展将是我们当前和今后需要认真思考的重要课题。

自人类文明始，报纸平面信息的传递被转化为杂志、刊物、网络、宣传单等多种形式，相信《广东铝加工》期刊将持续广泛地联动铝行业内的骨干企业、知名专家学者和具有丰富实操经验的管理人员，引领铝行业的发展，为广东打造新发展格局战略支点，为我国实现全面建成社会主义现代化强国的第二个百年奋斗目标而作出应有的贡献。

一、以刊物为契机，推广铝行业的前沿资讯，围绕铝行业发展中的热点话题，探讨铝行业发展的难点，在铝行业间形成信息共享，推动铝行业健康有序的发展；同时，不断在铝行业内以文字造就行业热点，不断增强铝企业的大局意识、责任意识、行业意识。

二、以刊物为载体，改善执业环境，弘扬铝行业正气；紧紧围绕铝行业品牌建设，对恶性竞争、相互拆台、同行诋毁等不正当竞争行为进行监督和行业内曝光；同时，积极与政府部门协调，努力改善铝行业执业环境。

三、以刊物为纽带，提升铝行业的知名度与公众形象；加强与新闻媒体政府、主管部门等之间的联系，积极组织铝企业参与有利于铝行业正面宣传的社会公益活动。

四、以刊物为媒介，促进企业、协会与政府主管部门之间的沟通与交流；众多来自不同铝企业的专家和管理人员，在不同的探讨话题和研究课题下，给企业之间、企业和协会之间创造了沟通与交流的平台。

五、以刊物为桥梁，深入调查研究，利用第一线的建议及最贴近实际的行业调查，为政府决策提供信息与服务。

六、以刊物为窗口，让铝企业了解行业最新动态与信息，特别是对新政策的解读，有助于铝企业投资决策及经营活动服从国家发展大局，有利于行业健康发展，减少政策性风险。

铝行业属于朝阳产业，具有蓬勃的生命力，是国内材料产业的重要组成部分。新时代我国铝行业正由高速发展转向高质量绿色低碳发展，既面临增速放缓、效益下滑的严峻考验，也呈现出结构优化、创新能力增强等积极变化。铝企业应主动控制运营成本，重视人才培养和装备升级，正确应对国际贸易摩擦；政府和协会积极引导铝行业的健康发展，通过调整产业结构和优化产业布局，推动铝企业齐头并进、合作共赢。

祝广东省有色金属学会铝加工专业委员会主导的《广东铝加工》期刊越来越好，真正成为广东铝加工行业交流的优秀平台，为广东铝加工行业做出更大的贡献！

顾问名单

顾问人员

姓名	所在单位	职务、职称
王汝芳	北京神雾热能技术有限公司	高级工程师
王叔孙	深圳市金硕特仪器有限公司	高级工程师
王积刚	香港泰诺风保泰有限公司	工程师
叶均明	联德广州机械有限公司	工程师
叶章良	乳源东阳光精箔有限公司	高级工程师
刘千钧	广东工业大学环境科学与工程学院	副教授
刘庆芬	中国科学院过程工程研究所	博士、研究员
吕新宇	东北轻合金有限责任公司	教授级高级工程师
孙邦国	佛山市鸿邦机械有限公司	工程师
何耀祖	北京有色金属研究总院	高级工程师
余志华	苏州博能炉窑科技有限公司	高级工程师
李积彬	深圳大学机电与控制工程学院	教授
唐性宇	广东华昌铝厂有限公司	高级工程师
唐维学	广州有色金属研究院	教授级高级工程师
郭黎晓	辉旭微粉技术上海有限公司	工程师
缪明松	佛山市南海易乐工程塑料有限公司	高级工程师
刘志铭	广东凤铝铝业有限公司	常务副总经理
熊映明	佛山市三水雄鹰铝表面技术创新中心有限公司	董事长

团队介绍

专家名单

姓名	所在单位	职务、职称
刘煌萍	广东广铝铝型材有限公司	总工程师、正高级工程师
陈杰	广亚铝业有限公司	研发总经理
周春荣	广东豪美新材股份有限公司	总监、高级工程师
林丹辛	肇庆亚洲铝厂有限公司	主任、高级工程师
陈俭	广东坚美铝型材厂(集团)有限公司	技术副总经理、副总工程师
郭加林	广东华昌集团有限公司	副总工程师、工程师
梁美婵	广东伟业铝厂集团有限公司	副总工程师、工程师
李新义	广东凤铝铝业有限公司	副总经理、高级工程师
孔令强	广东新合铝业(新兴)有限公司	质量安全环保工艺总监、高级工程师
王顺成	广东兴发铝业有限公司	工业铝开发部部长、教授级高级工程师
梁奕清	广东兴发铝业有限公司佛山市三水分公司	常务副总、高级工程师
黄志其	佛山市华满盈铝业有限公司	常务副总
何家金	广东伟业铝厂集团有限公司	总工程师、教授级高级工程师
彭贤卫	佛山市广成铝业有限公司	生产工艺中心主任、高级工程师
谭兴元	广东澳美铝业有限公司	产品应用-技术与项目总监
张国庆	广东工业大学	博士生导师、教授
魏育福	广东华江粉末科技有限公司	总经理、教授级高级工程师
卢家乐	佛山市航星机械制造有限公司	总经理
陈东初	佛山市科学技术学院	材料科学与工程学院院长、教授
史宏伟	天津新艾隆科技有限公司	董事长、高级工程师
蓝文辉	广东擎天实业有限公司(中国电研)	集团副总经理、高级工程师
金洪海	精细化工集团有限公司	副总经理、工程师
石常亮	广东省科学院工业分析检测中心	中心副主任、博士
罗正军	广东赛福智能装备有限公司	总经理、工程师
肖丽铭	佛山市祺沃材料科技有限公司	副总经理、工程师
潘健怡	广州城市理工学院	机械工程学院教研室主任、博士、副教授
罗天健	广州更喜贸易有限公司	工程师
郭飞跃	乳源东阳光优艾希杰精箔有限公司	总工程师
柯东杰	福建麦特新铝业科技有限公司	董事长、正高级工程师
林文	佛山市中迅拓新材料科技有限公司	董事长

009

行业探讨 INDUSTRY DISCUSSION

熔融铝的爆炸、事故与预防
热顶铸造结晶器漏铝原因及改善措施
铝实心材的市场应用及生产改善

熔融铝的爆炸、事故与预防

来源：胡罗成 苏州中阳热能科技有限公司

摘要：在铝加工行业中，熔铸生产有其特殊性。这种特殊性不是人们对它的一种偏爱或者夸大，是历史经验教训总结出来的定义。铝熔铸属于冶金行业的一个专业分类，它的主要生产原料是熔融铝液。我们每时每刻都在和高温铝液接触，随时都有“跑、冒、滴、漏”的可能，因此它对人体的烫伤和对设施的烧毁随时都可能发生，这在铝行业的熔铸车间已是屡见不鲜的事实。另外液体铝的物理与化学性能决定其遇到水（尤其是潮湿）会产生爆炸，其危害更加严重。

关键词：爆炸；设备；危险源；人员防护；措施

Abstract: In aluminum processing industry, casting production has its particularity. This kind of particularity is not a kind of preference or exaggeration, but a definition summed up by historical experience and lessons. Aluminum casting belongs to a professional classification of metallurgical industry, its main production raw material is molten aluminum. We are in contact with high temperature liquid aluminum all the time, and there is the possibility of "running, exuding, dripping and leaking" at any time, so the scalding of human bodies and the burning of facilities could happen at any time, which is a common fact in the casting workshop of the aluminum industry. In addition, the physical and chemical properties of liquid aluminum determine that it will explode when it meets water (especially moisture), and its harm is more serious.

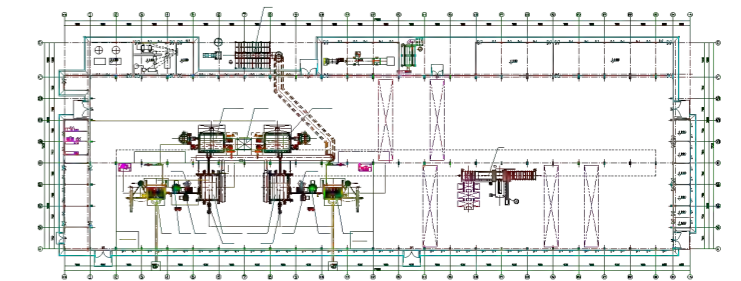
Key words: Explosion; Equipment; Source of danger; Personnel protection; Measures

1. 铝熔铸厂生产作业特征

熔铸车间每一项工作的进展都与安全工作密不可分，熔铸工序过程就是生

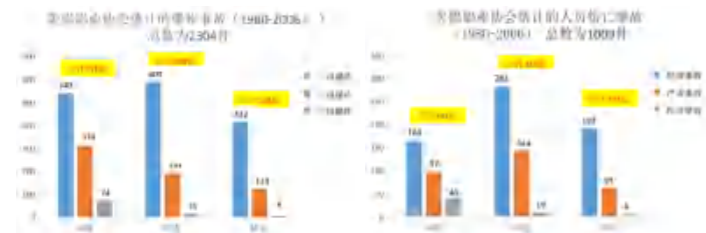
产过程，工艺技术本身涵盖安全技术与安全生产。工艺操作规程中有许多程序描述是安全生产的要求。

熔铸车间是集苦、脏、累、险、难于一体的生产单位，存在高空、高温、重物、深井、有毒、粉尘的生产环境；三班连续群体作业；设备启动频繁的生产特点；易燃、易爆是熔铸车间安全生产工作的重要工作。由于熔铸车间的特殊性，几乎所有企业的熔铸车间事故率与其它铝加工工序相比都比较高，设备损失和人员伤亡较高。



10万吨熔铸厂平面图





2. 熔融铝爆炸定义及其条件

熔融金属爆炸是指当熔融金属（或固态添加物）离开存放容器或当熔融金属注入到空气中时，由于接触到水蒸汽或发生化学反应而产生的爆炸。

物理反应：液态水进入熔融铝或在熔融铝覆盖下迅速蒸发为气体，气压急剧升高发生爆炸，熔融铝随着爆炸的气体溅出。

化学反应：熔融铝与铁锈、铜氧化物及氢氧化钙等含氧化合物发生反应，导致大量的能量释放，引发剧烈的爆炸。

熔融铝液产生爆炸的两个条件：

- (1) 较大量流动性好的高温漏铝；
- (2) 高温漏铝进入相对狭窄、封闭的空间并遇水或氧化物，瞬时包覆水或氧化物。

3. 基本理论分析

3.1 铝爆炸类型（水蒸气爆炸）

水在受限铝液里变为蒸汽的过程（ $H_2O(液) \Rightarrow H_2O(气)$ ），几乎即时改变状态，把铝液飞溅到四面八方。在 $700^{\circ}C$ 时，同一个单位的水，蒸汽状态要比液态占的体积多1700—1900倍的空间。



体积膨胀1700—1900倍的样子



1公斤的原铝孔洞

680公斤的原铝孔洞>4升的水

熔铝之中或下面怎么会有水？

- 在铝锭缩孔中
- 在卷曲的管子内或其他潮湿废料中
- 在铝锭裂缝中
- 铝固体的表面的潮湿和化学物质
- 湿的模具、工具及事故箱
- 盐类具有吸湿作用

3.2 铝爆炸类型（化学爆炸）

铝很容易和氧发生反应
 $4Al + 3O_2 = 2Al_2O_3 + \text{大量能量}$
 $1Kg Al \approx 3Kg TNT$

熔融金属的高温加剧了这一反应！

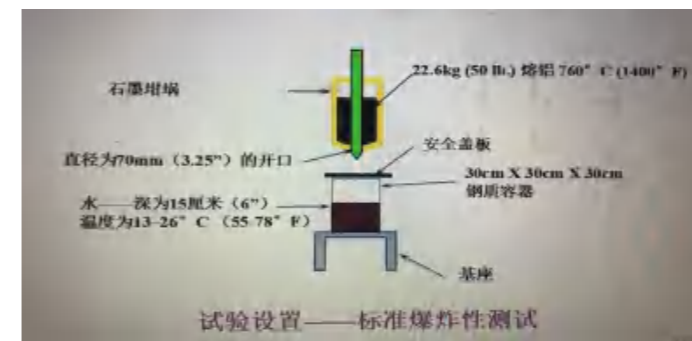
铝热反应
 $2Al + Fe_2O_3 = 2Fe + Al_2O_3 + \text{大量热量}$

铝也能够与铜、铅、锌、锰和铋的氧化物发生还原反应：
 $4Al + 3MnO_2 = 3Mn + 2Al_2O_3 + \text{大量热能}$

硝酸铵与熔铝的反应：
 $2NH_4NO_3 + \text{高温} = 4H_2O + 2N_2 + O_2$
 $4Al + 3O_2 = 2Al_2O_3 + \text{大量能量}$

3.3 铝爆炸实验

根据以上理论，对熔融铝遇水爆炸进行模拟实验，就爆炸的时间、影响做简单分析。



剧烈的爆炸会在不到0.0014秒内发生；影响范围：高度2.86米，直径3.2米。

引发爆炸的条件：高温熔铝、足够的水、封闭空间、含有氧化物或盐类的容器；

3.4 实际生产事故

事故举例：

1. 当班操作人员进行铸造开头时由于分配流槽潮湿发生铝液爆炸，致使2位员工不同程度烫伤。



2. 2003年1月19日，电解一车间运输班抬包车司机鲁现军，驾驶抬包车运送原铝到铸造车间后，下车站在#3铸造机附近观看铸造铝锭，由于铸模出

现裂纹进水后炸铝，溅起的铝液烧伤鲁现军左眼部。

3. 2007年8月某日，国内某大型民企所属电解铝铸造分厂40吨熔炼炉发生铝液外溢重大事故，事故造成13人死亡、59人受伤（其中13人重伤），直接经济损失665万元。



4. 认真执行国家、地方的安全标准，做好现场危险源识别、管控

4.1 在项目设计、建设和实际生产中严格执行铝七条

- 1、固定式熔炼炉铝水出口要设置机械锁紧装置；倾动式熔炼炉控制系统要与铸造系统连锁，实现自动控流；
- 2、固定式熔炼炉高温铝水出口和流槽接口位置要配置液位传感器和报警装置，液位传感器要与流槽上的快速切断阀和紧急排放阀实现连锁；
- 3、存放铝锭的地面、熔炼炉、保温炉及铸造等作业场所要保持干燥，不能够存放易燃易爆物品；
- 4、深井铸造结晶器的冷却水系统要配置进出水温度、进水压力、进水量监测和报警装置；监测和报警装置与流槽上的快速切断阀和紧急排放阀实现连锁，并与倾动式熔炼炉控制系统连锁；
- 5、铝水铸造流程要规范设置紧急排放或应急储存设施；
- 6、钢丝卷扬系统引锭盘托架钢丝绳要定期检查和更换，卷扬系统要设置应急电源；液压铸造系统必须设置手动泄压系统；
- 7、铸造车间现场要严格控制人数，严格控制非生产人员进入

4.2 整洁、合理的符合6S的现场是安全工作的保证



熔炼炉液压自动倾翻抬包装置入铝



倾动式保温炉



在线除气与过滤



吊具定位



铸锭摆放



铸锭吊运



铸锭管理



4.3 熔铸生产过程中的危险源及控制措施

1、倒包

1、1天车脱钩、滑钩、咬钩造成抬包翻倒跑铝或砸人伤物。

控制措施：定期检查维护天车；固定专人指挥吊包过程；严禁包下站人置物。

1、2倒包时铝水溅出伤人。

控制措施：倒包手和天车工要讲究配合，操作人员必须佩戴齐全劳动防护用品。

1、3倒包时由于电解质扰乱人员视线造成安全事故

控制措施：倒包人员必须佩戴齐全劳动防护用品，并在面罩内加戴一副墨镜。

1、4倒包时炉内火焰喷出伤人。

控制措施：倒包时不能开大火；倒包前后要控制好燃气压力。

2、入冷料

2、1吊锭时钢索挤手伤人。

控制措施：天车工与地面操作人员必须配合一致，由地面人员指挥作业。

2、2吊锭时冷材坠落。

控制措施：定期检查维护天车；吊锭前检查吊索；吊锭时必须将吊索与料块固定好，以防止滑脱；加料车上人员严禁站于吊锭正下方。

2、3次级废料潮湿，遇铝水爆炸。

控制措施：加冷料前，必须检查冷料是否含水，如果加的是可能潮湿的次级废料，必须空炉加入。

2、4料块落入铝液时溅出伤人。

控制措施：使用加料车加冷料，且推料前要确保现场除操作人员外没有其它人员。

2、5推料时冷料卡住加料车。

控制措施：推料时料斗尽量靠前，推料时料斗后退，以避免冷料卡料斗。

3、熔炼过程

3、1炉后跑铝

控制措施：每次堵流时必须细心作业，安装机械锁死装置和漏铝检测报警装置，交接班时仔细检查，生产过程经常巡检；如果保温炉空，则做好导炉准备。

3、2开启电磁搅拌时电磁小车顶伤炉底。

控制措施：正常维护检查电磁搅拌机；升搅拌机时必须人员监护。

3、3燃气泄漏造成事故。

控制措施：定期维护保养炉顶设备；燃气泄漏检测仪必须开启，并保证报警时可以听到。

3、4 由于燃气压力低，升温不利造成凝铝

控制措施：在得知燃气压力供给出现问题时，要避免再加入冷料；调节好合适的空压比，减少热量散失；尽量减少打开炉门的次数，以保证炉气温度。

4、成份调整及扒渣

4、1取样时烫伤人

控制措施：取样人必须佩戴好劳动防护用品并注意与炉门距离；取样时尽量配合进行，避免单人作业。

4、2中间合金潮湿引起爆炸

控制措施：裸装的中间合金，加入前要预热。

4、3丢入中间合金时铝液溅出伤人

控制措施：加中间合金要有秩序

5、导炉

5、1 打开堵头时铝水溅出伤人

控制措施：导炉前要放好吊桥并保证接缝状态良好、石棉毡完好；摆好事故箱并保证其干燥；预热好导炉流槽；检查机械锁和堵头；佩戴好劳动防护用品。

5、2 导炉过程中发生溢铝或凝铝

控制措施：导炉时要保证铝水温度在730摄氏度以上并预热好流槽；导炉前要计算好铝量，判断保温炉是否可以容纳完熔炼炉中的铝；导炉过程中炉后要有人盯守，发现异常及时处理。

5、3 导炉过程中进行成份调整时，发生爆炸等安全事故

控制措施：导炉过程中进行成份调整时，要将中间合金充份预热、加入中间合金时操作人员要佩戴好劳动防护用品；操作时要密切配合，避免中间合金砸入流槽溅出铝水。

5、4导炉时操作人员从流槽上摔伤

控制措施：严禁站在流槽上作业或翻跃流槽，如需要通过流槽，则必须走人字梯，为保证人字梯的牢固，必须明确其使用寿命，并定期检查。

5、5 导炉结束时堵流眼发生凝铝或安全事故

控制措施：打开炉眼时检查堵头是否偏向，如有偏向要提前做好准备；堵流眼时要保证堵套的干燥和完整性。

6、保温炉精炼

6、1 加入打渣剂时发生事故

控制措施：加打渣剂前要检查打渣剂是否干燥；拆打渣剂包装时要避免将异物留在物料箱内；扬撒时要佩戴好劳动防护用品，避免人员的灼伤和烫伤。

7、保温炉扒渣

7、1扒渣时发生安全事故

控制措施：扒渣前要确保扒渣车性能良好；开始扒渣前，要将扒渣铲充份预热；如长时间进行扒渣操作，要两人轮换进行。

7、2 扒渣车通过中间跨时发生交通事故

控制措施：锯切前后的铝锭在铸造区摆放时都要注意留出扒渣车通过的空间；扒渣车司机在通过狭窄的过道时要慢行；扒过渣后避免马上将车开回熔炼区，须等渣铲降温后再回去，以免发生烫伤事件。

8、铸造准备

8、1预热流槽时火焰熄火造成燃气泄漏

控制措施：预热流槽时要安排人经常观察火焰燃烧情况，并在铸造区域放置手持式燃气泄漏报警仪。

8、2工具的预热及摆放不合格造成安全事故

控制措施：器具的摆放要定点定位，安排专门的预热地点，铸造前安排专人摆放并检查。

8、3放干箱的预热及摆放不合格造成铝水爆炸

控制措施：放干箱要定点定位摆放，铸造前要检查放干箱是否有漏点，是否完成预热。

8、4更换过滤板时发生烫伤事件

控制措施：更换陶瓷过滤板时要将灼热的前盖吊住特定位置；操作人员要

佩戴齐劳动保护用品；操作人员要使用防护措施以免操作时坠入箱内。

8、5预热塞棒时燃气泄漏造成安全事故

控制措施：使用电加热预热塞棒或预热塞棒时要安排人经常观察火焰燃烧情况，并在铸造区域放置手持式燃气泄漏报警仪。

8、6除气箱捞渣时发生烫伤事件

控制措施：操作人员不能站在除气箱上直接操作，以免补除气箱盖烫伤或坠入除气箱内；操作人员要佩戴齐劳动保护用品。

8、7铸造流槽吊运时发生事故

控制措施：吊运铸造流槽要使用悬臂吊；在吊运过程中严禁人员站在流槽下方，并避免悬臂吊卡住缆线。

8、8铸造流槽铸前加热发生燃气泄漏

控制措施：安排人经常观察火焰燃烧情况，并在铸造区域放置手持式燃气泄漏报警仪。

8、9铸井水位过高损伤铸井电器设备

控制措施：加装铸井水位报警系统，以避免水泵跳闸引发铸井水位过高。

8、10 钢丝绳卷扬系统失效

控制措施：定期对涡轮箱、减速机、卷扬鼓轴进行探伤检测，及时补充齿轮油至应有高度；铸造机钢丝绳、卷扬鼓轴承、电机传动链条或同步皮带，应定期进行检查及养护，查看是否有老化、间隙、松动等情况。

9、铸造开头

9、1激光、探针失效、挡板失效造成流槽溢铝

控制措施：铸造过程中，尤其在铸造开头期间，要安排人员监控洗槽液位高度，发现液位过高时要及时中断铸造；在阳光充足的季节，可以加装遮阳板，以避免阳光中的红外线影响激光。

9、2铸造流槽接缝凝铝造成流槽升起时卡住

控制措施：要定期对流槽接缝进行修补；铸造流槽下落时要保证石棉毡的平整不漏铝。

9、3结晶器有水造成爆炸

控制措施：操作人员要佩戴好劳动保护用品；铸造准备时要先将铸井平台倾起控水，并用高压风仔细将结晶器和引锭头吹干并涂油，之后要避免其

沾水或变潮；如铸造准备好后长时间不铸造，要重新进行铸造准备。

9、4铸锭悬挂造成安全事故

控制措施：在铸造开头时要监控每个铸嘴的流量，发生不正常情况要观察是否有铸锭悬挂，如果发现有铸锭悬挂，原则上要马上停止铸造。

9、5结晶器漏铝造成爆炸

控制措施：操作人员要佩戴好劳动保护用品；铸造前要准备好分段的铝钛硼丝，并且预热使其干燥；铸造开始后要监控每个结晶器的高度和铝水注入速度，发现微量漏铝可以从结晶器液面上放入铝钛硼丝以降低铝水温度控制漏铝，如果大面积漏铝要马上停止铸造，以免造成安全事故。

9、6保温炉热电偶损坏造成铸造温度不准发生漏铝

控制措施：定期维护热电偶以保证其工作性能，并用铸造前用手持热电偶测量铝水温度以判断炉内热电偶准确性。

10、铸造过程

10、1结晶器漏铝造成爆炸

控制措施：操作人员要佩戴好劳动保护用品；铸造前要准备好分段的铝钛硼丝，并且预热使其干燥；铸造开始后要监控每个结晶器的高度和铝水注入速度，发现微量漏铝可以从结晶器液面上放入铝钛硼丝以降低铝水温度控制漏铝，如果大面积漏铝要马上停止铸造，以免造成安全事故。

10、2激光液位传感器失效造成溢铝

控制措施：定期维护铸机设备设施；铸造过程中，要安排人员监控洗槽液位高度，发现液位过高时要及时中断铸造。

11、铸造结束

11、1吊锭时吊具滑脱造成事故

控制措施：定期维护吊运设备，以保证其良好性能；在吊运铝锭前，要将铝锭充分冷却、铝锭吊运过程中，严禁人员站在铝锭和吊具下，以免发生事故。

11、2高温事故箱造成烫伤

控制措施：铸造结束后，事故箱内存在大量高温铝水，此时不能马上将其运走，要让其自然冷却一段时间，这段时间要严禁人员接触事故箱；在事故箱的吊运过程中，要尽量贴地运输，以免造成烫伤事故。

12、锯切

12、1吊锭时铸锯滑脱造成安全事故

控制措施：定期维护天车和吊具，保证其工作性能；在吊运的过程中，速度不可过快，要轻抬轻放，并要严禁吊具和铸锭下面站人，以免砸伤人或设备。

12、2切锭时锯片断裂伤人

控制措施：锯切过程中要严格按照操作规程执行操作，锯切过程中严禁人员进入锯头室。

12、3锯切机运行时发生飞轮事件

控制措施：定期维护锯切机设备设施，如果在锯切过程中发生异常情况，马上停机，维修完好后才能继续工作。

13、清炉过程发生烫伤

控制措施：清炉前要保证扒渣车性能良好；开始清炉前，要将清炉铲充份预热；如长时间进行清炉操作，要轮换操作。

14、放铝过程发生跑铝或烫伤事件

控制措施：停产前，保温炉要进行放铝。在开始操作前，车间要安排好具体操作方案，所有操作人员必须佩戴好劳动保护用品；每次放铝要有计划量，以避免跑铝；每次放铝前，要放好残铝箱，以避免堵头不严漏铝时烫伤设备；如在除气箱放铝，要在地槽上放要放护罩，以避免人员跌落；每次放铝结束后，要等残铝箱自然冷却后再进行吊运，以避免烫伤。

15、烘炉

15、1使用土枪烘炉时发生烫伤

控制措施：使用土枪烘炉时，操作人员要佩戴好劳动保护用品和手持式燃气泄漏报警仪，操作时要各负其责，严格执行操作规程。

15、2燃气压力过高引起安全事故

控制措施：操作人员要频繁巡视防止炉火偷熄；开关大火要与加压站联系，以保护燃气压力在正常范围内。

4.4熔融金属爆炸的主要因素及预防措施

炉子爆炸的主要因素：

水气过快的浸入熔池中；被污染的废料；容器（瓶子和液化气罐）；金属氧化物；硝酸盐；具有吸水性的盐；向过热的熔池放料(>1500° F or 815° C)。

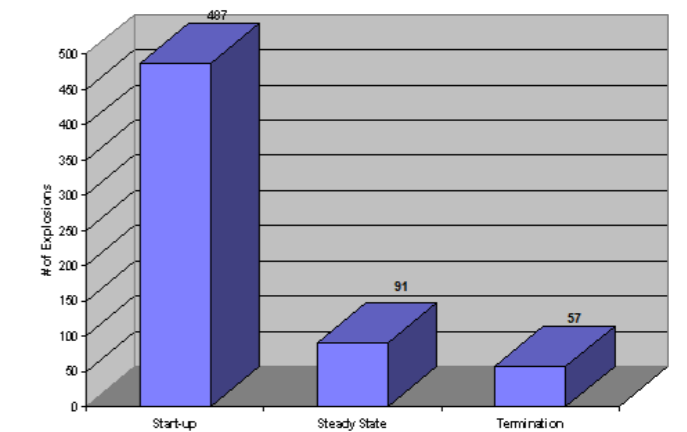
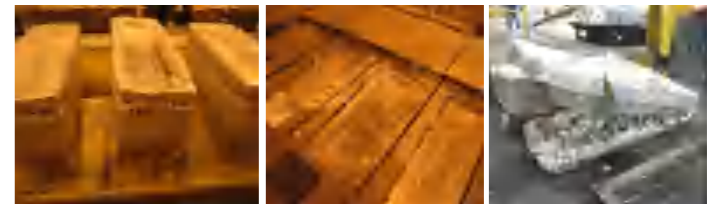
预防措施：在卸料之前和卸料过程中需要检查的所有材料（废料、金属锭、T形锭、商品金属、合金材料和熔剂）；总体来说，要求废料应是干燥、安全的；详细的强制性指导说明，以保证装入炉中的废料是干燥的；未经干燥的锭只能放在干燥的炉膛内或废料的顶部上；经过干燥的锭(200° C)可以放入熔融金属中。

导炉、放流爆炸的主要因素：

水气——缺少预热/烘干（虹吸管或耐火衬层）；熔融金属或熔池的集液盘潮湿、有裂纹；氯气——盐的形成（吸收水气）；工具被污染（扒渣/盐）/潮湿/不通风；金属溅出；在流槽中添加合金；

预防措施：妥善的预热或涂油；检查是否有垃圾、水或其它材料；确保所有用于金属导炉和放干的设备在使用前是干燥的或经过涂油的；确保流槽在使用前已经干燥，特别是在第一次使用或维修时要注意这个问题；铸造爆炸的主要因素：

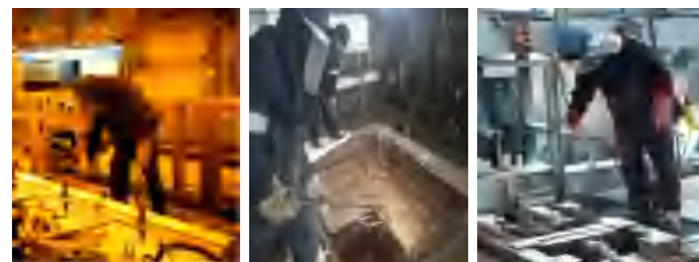
铸造开始人工手动操作不当造成漏铝；铸造参数不合理；铸造温度太高；铸造结晶器引锭头没有认真的检查；事故箱不够大或没有烘干；分配流槽或模盘烘烤不到位；铸造工具不够洁净和干燥；铸造井的水位没有达到合理值；铸造井壁及设备没有涂刷防爆涂料；停电时应急电源和应急水没有跟上或不足；紧急情况下控制系统的联锁及报警；没有穿戴足够保护自己的防护服。



铝业协会所做的爆炸统计数据

预防措施：确保均匀、合理、稳定的供流；确保事故箱烘干和足够大；引锭头和结晶器无裂纹和潮湿，按要求检查、固定；确保铸造工具和模盘洁净、干燥；铸造井水位高于顶板1米；铸造井壁和设备涂有防爆涂料；检查铸井壁与顶板之间有150毫米的间隙；应急电源良好；控制系统稳定检测并确保工作；铸造机与炉组控制联锁可靠、合理；事故水系统足够、控制正常；不同合金、规格合理的铸造温度；穿戴足够保护自己的防护服；铸造状态下全程有人值守和检查铸造情况；绝不要将铝锭仍处于熔融状态的头部浸入水中。

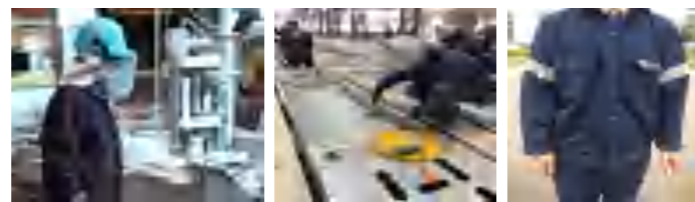
最后一道安全防线：
这些是我们努力要保护的人（与熔铝打交道的员工）



处理熔融金属需要穿戴哪些：服装下面是100% 纯棉；经批准的FR衬衫和裤子；经批准的FR夹克；厚的热操作手套；安全眼镜（非金属型）；聚碳酸酯面部防护罩；经批准的安全帽；用于保护脖子的网状帽；覆盖靴子上的皮质鞋罩；避免戴金属配件（手表、项链、手链、戒指等）。

当你的工作要接触到熔融金属时，随时要穿戴阻燃防护服，如：扒渣、搅

拌、装料、取样、填料、更换热电偶、添加合金、倒料、导出炉子内的金属熔液等；当你的工作涉及到启动铸造、结束铸造、取消铸造或排放金属时，要随时穿戴在以上任何一种操作过程中，如果你在场，你就需要穿戴阻燃防护服。



5. 结束语

古人说：“明者见于未萌，智者避危于无形，祸固多藏于隐微，而发于人之所忽者也”。说的是，明智的人在事故发生前就有了预见，有智慧的人在危险还没有形成的时候就避开了，灾祸本来就大多藏在隐蔽不易发现的地方，而突发在人的忽略之处。熔铸车间的事故不仅仅是爆炸事故，对于其他的危险源同样需要管控和重视。

总之，事故的造成主要有两个主要因素：一个是物的不安全状态（物是指：设备、设施、原辅材料、工器具、场地、环境等方面）；另一个是人的不安全行为（不安全行为指：违反科学规律、违反规章制度等），当其中有一个因素存在时一般情况下不会发生事故，但这是安全隐患、是安全工作的重点，当两个因素同时存在就必然会发生安全事故。因此说对安全隐患未及时发现纠正或不重视，发生安全事故是只是时间早与晚、事故大与小的结果。

热顶铸造结晶器漏铝原因及改善措施

来源：项胜前，刘欢，蔡月华（广东精美特种型材有限公司，广东清远，511500）

摘要：针对热顶铸造过程中结晶器漏铝问题，通过研究工艺因素、设备因素、操作因素对结晶器漏铝的影响，获得包括工艺参数管理、设备工装优化、操作管理等方面的改善措施，有效消除结晶器漏铝问题。

关键词：热顶铸造；结晶器；漏铝；工艺参数；设备

Abstract: In view of the problem of aluminum leakage in the mold during hot top casting, by studying the influence of process factors, equipment factors, and operation factors on aluminum leakage in the mold, the improvement measures including process parameter management, equipment tooling optimization, and operation management were obtained to effectively eliminate the problem of aluminum leakage in the mold.

Key words: hot top casting; crystallizer; aluminum leakage; process parameters; equipment

1 热顶铸造的基本原理

热顶铸造系统主要由铸造平台（结晶器平台和引锭头平台）、牵引机构和防倾架组成，其中结晶器平台包括分流盘、结晶器和水箱；牵引机构主要有钢丝绳牵引和液压牵引两种。

铸造时，铝液从熔炼炉或保温炉流出，通过流槽引流，进入分流盘，将铝液导入结晶器（由铝质模体，高纯石墨环，过渡耐火材料及水密封型圈组成），冷却水从结晶器外侧的进水孔进入，从结晶器下沿的水孔流出，形成均匀的水帘，起到冷却作用^[1-2]。铝液在石墨环处开始结晶，形成铸锭凝壳，铸锭中心部分为倒锥形液穴。牵引机构控制引锭头平台以一定速度

下行，铸锭长度缓慢增加，在此过程中，铸锭继续冷却，中心部分全部凝固，液穴消失^[3-4]。

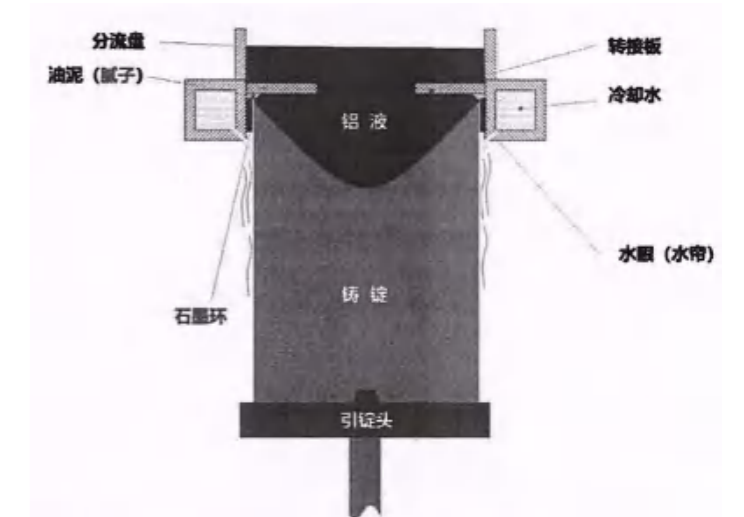


图 1 热顶铸造示意图

2 结晶器漏铝原因分析

铸造过程中，可能造成结晶器漏铝的因素多种多样，大致可从工艺因素、设备工装因素和操作因素三方面分析。其中工艺因素主要包括铝液温度、合金性质、铸造速度、冷却强度（冷却水压力、冷却水流量和冷却水进出水温度）等；设备工装因素主要包括结晶器状态、铸造模盘水平度和底座稳定性等；操作因素主要包括合模对中状态、结晶器油泥涂抹和液面稳定性（油泥的工艺检验指导书及现场检查核定）等。

生产实践中，可能是单个因素或多个因素共同作用，导致在铸造过程中结晶器发生漏铝。

2.1 影响结晶器漏铝的工艺因素

2.1.1 铝液温度

铝液温度过高时，使铸锭液穴变深，凝壳变薄，在熔体静压力作用下，凝壳与结晶器壁的摩擦面积增大，因而铸锭表面形成拉痕和拉裂的倾向提高。由于凝壳变薄和拉锭阻力增加，如导致凝壳破裂，则易产生铝液泄漏。

连续铸造时，在某些情况下（比如铸造速度过低、铸造温度过低、冷却强度过大、金属液位水平不稳、漏斗偏斜或漏斗眼堵塞等），液穴内的金属不能均匀地到达铸锭四周，在金属流得少的地方，温度很快降低，逐渐形成硬壳，它们阻止液体流到这个区域。只有在结晶器中部液体金属的水平高度在硬壳之上并提高到足以克服表面张力和破坏氧化膜表面时，金属液才又流向结晶器壁，但此时已不能与硬壳很好焊合。这种情况周而复始，便在铸锭表面形成了一道道的冷隔。冷隔严重形成流挂或坑洞时，易导致铝液泄漏。

2.1.2 铸造速度

铸造速度过快，液穴加深，凝壳变薄，铸锭表面形成偏析浮出物的倾向增大。此时，带有偏析浮出物的较薄的凝壳在熔体静压力作用下发生变形，且在运动中与结晶器壁产生摩擦的趋势增大，因而铸锭表面产生拉痕和拉裂的倾向也增大。在其他工艺条件一定时，特别是冷却水温度和流量不变，提高铸造速度将导致凝壳变薄甚至破裂，造成漏铝。

铸造速度过慢，冷却强大增加，铸锭表面易产生冷隔，类似铸造温度过低的情形，产生严重冷隔、流挂的情况下可导致结晶器漏铝。

2.1.3 冷却水流量和温度

冷却水流量过高或温度过低，冷却强度增加，铸锭表面易产生冷隔、流挂或坑洞，严重时导致结晶器漏铝。

冷却水流量过低或温度过高，冷却强度不足，铸锭液穴变深、凝壳变薄，表面拉裂倾向增大，严重时可导致凝壳重熔，造成漏铝。

冷却水的压力大小与冷却水的流量成长比，当冷却水流量出现波动时、冷

却水压力自然有所反馈，所以在此不做描述。

2.2 影响结晶器漏铝的设备因素

2.2.1 结晶器状态

结晶器进水或出水孔堵塞，造成冷却水流量达不到设定流量值或冷却水不均匀，冷却强度不足，从而造成结晶器漏铝。结晶器水孔堵塞的原因主要有冷却水杂质多和涂料、油泥等耐火材料堵塞。当结晶器石墨环油泥的质量、配方以及涂抹质量出现异常时，油泥的粘接易受拉毛、结晶器易出现漏铝现象。

石墨环有坑洞、转接板存在严重裂纹等情况，可造成铝棒表面拉伤，拉伤严重时可导致漏铝^[5]。



图 2 结晶器

2.2.2 铸造模盘的水平度

倾翻臂翻下后，模盘不处于水平位置，或引锭头底座不水平，导致拉锭方向不垂直，可能导致凝壳破损，造成漏铝。

2.2.3 底座稳定性

钢丝绳吊篮底座在铸造过程发生摆动，导致拉锭方向不垂直，可能导致凝壳破损，造成漏铝。

液压铸造机在铸造过程中，液缸回油不均匀，活塞杆会发生抖动，导致下降速度不稳定，也可导致凝壳破损，造成漏铝。

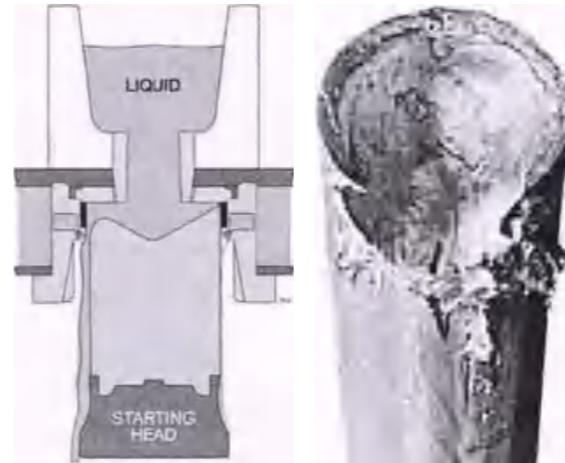


图 3 钢丝绳吊篮底座示意图

图 4 铸棒漏铝

2.3 影响结晶器漏铝的操作因素

在铸造生产之前，通常要在转接板和石墨环的安装缝隙处涂抹油泥。铸造时，油泥中的油类受热挥发，起到脱模的作用。油泥由滑石粉和菜籽油按一定比例混合搅拌均匀而成，如滑石粉和菜籽油比例异常、涂抹方式不正确，在铸造时油泥可能发生掉落情况，一般会造成铝棒表面拉伤，严重时可导致结晶器漏铝。此现象在铸造大直径规格的铝棒时尤为明显，大直径规格的铝棒铸造时，铸造速度慢、时间长，铝液不断冲刷、摩擦油泥，更易使油泥脱落，致铝棒表面拉伤或漏铝。

3 结晶器漏铝的改善措施

3.1 降低漏铝发生频次

根据以上对结晶器漏铝原因的分析，从工艺参数管理、设备工装优化和操作管理三方面着手，最大程度降低结晶器漏铝发生频次。

3.1.1 工艺参数管理

(1) 铸造配方标准化

针对不同合金、规格的铸锭，制订铸造配方（不同阶段铸造速度、冷却水流量等关键工艺参数设定）对照表（见图 5），并录入铸造机，生产时只

需按合金、规格调用铸造配方，按下“铸造启动”即可自动执行配方，过程中操作人员可对铸造速度、冷却水流量等参数进行微调，只有技术人员具有铸造配方的修改权限。铸造配方的制订充分考虑了不同合金结晶温度区间的差异，以及不同规格铸锭模盘支数的差异。

铸锭		铸锭		铸锭		铸锭		铸锭	
合金	规格	速度	流量	速度	流量	速度	流量	速度	流量
1100	Φ100	1	100	2	100	3	100	4	100
1100	Φ100	5	100	6	100	7	100	8	100
1100	Φ100	9	100	10	100	11	100	12	100
1100	Φ100	13	100	14	100	15	100	16	100
1100	Φ100	17	100	18	100	19	100	20	100
1100	Φ100	21	100	22	100	23	100	24	100
1100	Φ100	25	100	26	100	27	100	28	100
1100	Φ100	29	100	30	100	31	100	32	100
1100	Φ100	33	100	34	100	35	100	36	100
1100	Φ100	37	100	38	100	39	100	40	100
1100	Φ100	41	100	42	100	43	100	44	100
1100	Φ100	45	100	46	100	47	100	48	100
1100	Φ100	49	100	50	100	51	100	52	100
1100	Φ100	53	100	54	100	55	100	56	100
1100	Φ100	57	100	58	100	59	100	60	100
1100	Φ100	61	100	62	100	63	100	64	100
1100	Φ100	65	100	66	100	67	100	68	100
1100	Φ100	69	100	70	100	71	100	72	100
1100	Φ100	73	100	74	100	75	100	76	100
1100	Φ100	77	100	78	100	79	100	80	100
1100	Φ100	81	100	82	100	83	100	84	100
1100	Φ100	85	100	86	100	87	100	88	100
1100	Φ100	89	100	90	100	91	100	92	100
1100	Φ100	93	100	94	100	95	100	96	100
1100	Φ100	97	100	98	100	99	100	100	100

图 5 铸造配方对照表

(2) 关键工艺参数的实时监控

铝液温度、铸造速度、冷却水流量、冷却水温度、冷却水压力、铝液位高度等关键工艺参数实现实时监控，并通过连接大液晶显示屏显示以上参数，便于铸造过程中各铸造相关岗位人员监控过程。

3.1.2 设备工装优化

(1) 结晶器维护标准化

建立结晶器维护标准化作业指导书，安排专人落实结晶器维护工作，确保结晶器内石墨环、转接板和水密封的完好性以及冷却水进出水畅通。