

内蒙古自治区地方标准

DB15/T 3319—2024

电解原铝液半连续铸造变形铝合金圆铸锭
工艺规范

Process specification for the production of deformed aluminum alloy
round ingots by electrolytic primary aluminum liquid semi-continuous
casting

2024-01-25 发布

2024-02-25 实施

目 次

前言	II
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	2
4 设备要求	2
4.1 生产设施	2
4.2 分析仪器及检验装置	3
产品检测环节使用分析仪器及检验装置如表 1 所示。	3
5 主要原辅材料	3
5.1 常规组成	3
5.2 原材料要求	4
5.3 辅助材料要求	4
6 工艺流程	4
6.1 一般要求	4
6.2 生产工艺流程	4
7 生产工艺要求	5
7.1 配料及熔化	5
7.2 精炼及扒渣	5
7.3 转炉与静置	5
7.4 除气净化	6
7.5 铸造	6
7.6 成品检验	6
7.7 锯切打捆	6
7.8 废旧铝材料的处理	6
附录 A（资料性） 电解原铝液半连续铸造变形铝合金圆铸锭主要原辅料	7

前 言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由内蒙古自治区工业和信息化厅归口。

本文件起草单位：内蒙古自治区质量和标准化研究院、包头东方希望铝合金有限公司、鄂尔多斯市蒙泰铝业有限责任公司、内蒙古自治区知识产权保护中心、鄂尔多斯市检验检测中心、内蒙古自治区特种设备检验研究院包头分院、内蒙古锦联铝材有限公司、内蒙古联晟新能源材料有限公司、包头市新恒丰能源有限公司。

本文件主要起草人：霍晓东、贾向春、敖其尔、丁玉海、涂伟伟、冯平、张俊伟、温丽、杜晓丹、姚继红、毕超、耿强、阴晏斌、李坤泽、文军、薛少波、吴庆春、高飞、孙杰、陈志伟、李奥博、王远航。

电解原铝液半连续铸造变形铝合金圆铸锭工艺规范

1 范围

本文件规定了电解原铝液半连续铸造生产变形铝合金圆铸锭的设备要求、主要原辅材料、工艺流程、生产工艺要求。

本文件适用于电解原铝液（原材料中占比不少于50%）半连续铸造法生产变形铝合金圆铸锭。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

- GB/T 1028 工业余能资源评价方法
- GB/T 1196 重熔用铝锭
- GB 1253 工作基准试剂 氯化钠
- GB/T 2881 工业硅
- GB/T 3190 变形铝及铝合金化学成分
- GB/T 3246.1 变形铝及铝合金制品组织检验方法 第1部分：显微组织检验方法
- GB/T 3246.2 变形铝及铝合金制品组织检验方法 第2部分：低倍组织检验方法
- GB/T 3499 原生镁锭
- GB/T 3864 工业氮
- GB/T 4153 混合稀土金属
- GB/T 4842 氩
- GB/T 7118 工业氯化钾
- GB/T 8733 铸造铝合金锭
- GB 17167 用能单位能源计量器具配备和管理通则
- GB/T 17432 变形铝及铝合金化学成分分析取样方法
- GB/T 24789 用水单位水计量器具配备和管理通则
- GB/T 27677 铝中间合金
- GB 30078 变形铝及铝合金铸锭安全生产规范
- GB/T 33911 4XXX系铝合金圆铸锭
- GB/T 34640.2 变形铝及铝合金废料分类、回收与利用 第2部分：废料的回收
- GB/T 34640.3 变形铝及铝合金废料分类、回收与利用 第3部分：废料的利用
- GB/T 39091 工业余热梯级综合利用导则
- GB/T 40123 高纯净细晶铝及铝合金圆铸锭
- GB/T 40809 铸造铝合金 半固态流变 压铸成形工艺规范
- YS/T 67 变形铝及铝合金圆铸锭
- YS/T 282 铝中间合金锭
- YS/T 491 铝及铝合金用熔剂

YS/T 492 铝及铝合金成分添加剂
YS/T 601 铝熔体在线除气净化工艺规范
YS/T 665 重熔精铝锭
YS/T 874 水浸变形铝合金圆铸锭超声波检验方法
YS/T 1184 原铝液贮运安全技术规范
YS/T 5027 有色金属加工术语标准

3 术语和定义

YS/T 1184、YS/T 5027 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

原铝液 primary aluminium solution

从电解槽抽取的高温铝液。

[来源：YS/T 1184-2017, 3.1]

3.2

熔融态铝液 molten liquid aluminium

由电解原铝液、重熔用铝锭、重熔用精铝锭、重熔铝合金回炉料为原料通过配料、熔化等工序形成，适用于铸轧生产铝及铝合金产品的铝液。

3.3

半连续铸造 direct-chill (DC) semi-continuous casting

熔融金属连续注入结晶器凝成一层硬壳后，通过引锭座以规定速度引出，再经直接冷却完全凝固成所规定长度铸锭的铸造方法。有立式和卧式两种形式。

[来源：YS/T 5027-1995, 3.4.3]

4 设备要求

4.1 生产设施

4.1.1 基本要求

4.1.1.1 生产线宜配备熔保炉、除气装置、过滤装置、铸造机、铸造盘、在线细化晶粒装置等装置，各装置与铝液接触的无污染。

4.1.1.2 熔炼设备应配有符合工艺控制要求的温度控制装置、时间控制装置及仪表显示装置，应能正确反映时间、温度控制情况，铸造机速度应可控，并可存储数据以备查阅。

4.1.1.3 应保证仪表的准确度，定期检定或校准。

4.1.1.4 在生产过程中使用的用能设备宜优先选用节能、节水型设备。

4.1.1.5 如有在线除气需求，宜配备在线除气装置。

4.1.2 熔保炉

熔保炉可按照工艺特点调温控温，保温温控范围是 720 ℃～760 ℃，应配有连续加料、供热、保温装置，可实现取样、扒渣等功能。

4.1.3 除气装置

除气装置应符合 YS/T 601 的要求。

4.1.4 过滤装置

- 4.1.4.1 过滤装置的铝熔体静态温升不小于 30 ℃/h。
- 4.1.4.2 过滤装置的铝熔体静态温差不大于 40 ℃。
- 4.1.4.3 过滤装置从室温预热到 800 ℃的时间不大于 5 h。

4.1.5 铸造机

- 4.1.5.1 铸造机分为钢丝绳式铸造机、外导式液压铸造机、内导式液压铸造机。
- 4.1.5.2 铸造速度可调节范围为 0 mm/min ~250 mm/min，采用变频或比例阀控制铸造速度。

4.1.6 铸造盘（结晶器平台）

- 4.1.6.1 结晶器冷却水形式分为水眼式、水帘式、水浴式。
- 4.1.6.2 分配盘铝液接流到铸模结晶器成型装备石墨环。

4.1.7 在线细化晶粒装置

- 4.1.7.1 采用变频控制速度，单丝或双丝送入。
- 4.1.7.2 配有异常停机报警装置。

4.2 分析仪器及检验装置

产品检测环节使用分析仪器及检验装置如表 1 所示。

表1 分析仪器及检验装置

检验产品种类	检测项目	检验仪器	取样位置
炉前检验	化学成分检验	光谱仪	按照GB/T 17432的规定进行
成品检验	氢含量检测	测氢仪	按照YS/T 67的规定进行
	低倍组织检测	酸洗槽	
	显微组织检测	显微镜	
	尺寸偏差	游标卡尺、直尺	
	长度	直尺	
	切头、切尾长度	直尺	
	弯曲度	直尺	

5 主要原辅材料

5.1 常规组成

常规组成包括：熔融态铝液、铝及铝合金成分添加剂和铝中间合金等，常规成分要求参见附录 A。

5.2 原材料要求

5.2.1 电解原铝液纯度应不小于 99.50%，其他化学成分应符合表 2 的要求。需方对化学成分有特殊要求时，由供需双方协商确定。

表2 电解原铝液化学成分

化学成分	Si	Fe	Cu	Mg	V	Zn	其他	总和
质量分数 %	0.22	0.30	0.02	—	0.03	0.05	0.03	0.05

5.2.2 铝及铝合金成分添加剂应符合 YS/T 492 的规定。

5.2.3 铝中间合金符合 GB/T 27677 的规定

5.2.4 电解原铝液温度为 750 ℃~900 ℃，其他原材料及要求见附录 A 中表 A.1。

5.2.5 重熔铝合金回炉料按质量分为四级：

- 一级回炉料：化学成分合格的废铸棒或锯切铸棒头尾、在线处理箱排铝块、壁厚大于 5 mm 未做表面处理的废铝材；
- 二级回炉料：排溢系统，如渣包等；
- 三级回炉料：薄壁废型材、铝屑、井渣、坩埚底料及被污染的渣包等；
- 四级回炉料：化学成分不清晰的废料。

一级回炉料可不限比例添加使用；二级回炉料使用比例≤30%；三级回炉料使用比例≤10%，四级回炉料不作为原料掺用。

5.3 辅助材料要求

5.3.1 添加的辅料应有明显的标识，不易蒸发、无腐蚀性、无毒性，便于贮存。

5.3.2 氩气使用应符合 YS/T 601 的规定，工业氮应符合 GB/T 3864。

5.3.3 其他辅助材料要求见附录 A 中表 A.2。

6 工艺流程

6.1 一般要求

6.1.1 鼓励以绿色电力直供的方式作为电力消费的首选途径。

6.1.2 应按照 GB/T 1028、GB/T 39091 等标准的要求，鼓励对生产过程中产生的余压余热等采取回收和再利用措施，加强能源梯级利用。

6.1.3 应按照 GB 17167 和 GB/T 24789 要求配备、使用和管理能源、水及其他资源的计量器具和装置。

6.1.4 根据智能化发展需求，原则上宜采用行业推荐的自动化、智能化设备和操作系统，宜配套部署园区级、企业级智慧化管理平台。

6.1.5 为保证生产过程可追溯，应保留各工序相应的生产记录，安全生产过程应符合 GB 30078 的要求。

6.2 生产工艺流程

电解原铝液半连续铸造变形铝合金圆铸锭工艺流程如图 1 所示。

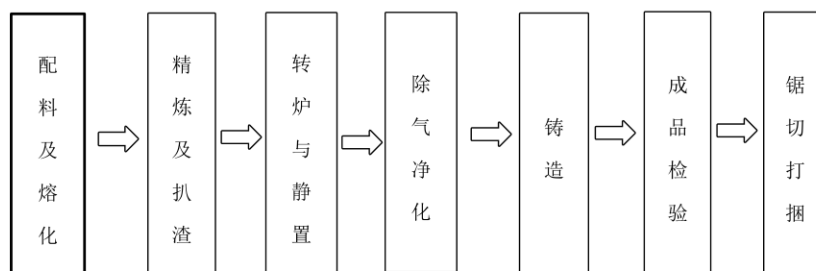


图1 铝合金圆铸锭铸造工艺流程图

7 生产工艺要求

7.1 配料及熔化

7.1.1 应根据各自的设备状况、产品的不同类型、工艺操作状况以及产品性能要求(或客户订单要求),选取对应的原辅材料,通过配料计算确定各种入铝原料质量及杂质含量。

7.1.2 对于从电解车间使用铝液抬包运来的原铝液,要确定其加料顺序,进行排包作业,原铝液的安全储运应符合 YS/T 1184 的要求。

7.1.3 先将重熔铝锭和回炉料装入熔炼炉,装炉时先加小块回炉料和金属硅(或铝硅中间合金),再加大块回炉料,将电解原铝液注入熔炼炉内。

7.1.4 待固体炉料熔化后,测量铝液温度在 720 °C~750 °C 之间,使用电磁搅拌器或专用工艺车辆搅拌炉内的铝液 10 min~15 min。

7.1.5 精炼后在炉门两侧,铝液表面下方约 0.5 m 处对铝液取样进行成分分析。化学成分分析取样方法应符合 GB/T 17432 的要求。

7.2 精炼及扒渣

7.2.1 用惰性气体对精炼罐吹气除去水分,将精炼剂装入精炼罐内,将通入惰性气体加对熔体补充精炼,按照铝液重量 $(1.0 \pm 0.5)\%$ 计算精炼剂使用量,精炼时间为 15 min~30 min。

7.2.2 搅拌铝液使其均匀,用惰性气体吹炼 5 min。

7.2.3 使用扒渣车或人工对熔体表面浮渣进行清理,将浮渣缓慢扒入渣箱内。

7.2.4 根据 7.1.5 分析结果,计算需要补充的硅、镁及其它合金成分进行相应补料。

7.2.5 补料 5 min~10 min 后,对熔体炉内成分二次搅拌 10 min~15 min,使用取样勺对铝液进行二次取样分析,净化除渣后,应进行熔体炉前检验,包括熔体温度、化学成分、含氢量和含渣量检测等,检验要求应符合 GB/T 40809 中熔体炉前质量检验的规定。

7.3 转炉与静置

7.3.1 如配备有保温静置炉,在熔炼炉取样合格后即可将铝液转入保温静置炉。

7.3.2 熔体转入保温静置炉后,控制铝液温度 720 °C~750 °C,宜用惰性气体加精炼剂对熔体进行精炼,按照铝液重量 $(1.0 \pm 0.5)\%$ 计算精炼剂使用量,精炼时间控制在 10 min~30 min。

7.3.3 精炼后清理熔体表面浮渣,静置时间达到 30 min 时,宜在熔体表面均匀撒覆盖剂,用量为铝液质量的 1%。

7.3.4 若连续生产同种合金,静置炉每铸次铸造前应取样确认是否合格;若转换合金规格,则需再次取样直至成分合格。

7.3.5 静置 15 min~30 min, 铝液温度控制在 720 °C~730 °C。

注: 铸造温度可根据流槽长度和温降调整。

7.4 除气净化

7.4.1 在线处理箱内熔体保持 (700 ± 5) °C, 采用旋转喷吹氮气或氩气进行除气出渣, 气体流量 (10 ± 0.5) L/min, 其他要求应符合 YS/T 601 的规定。

7.4.2 采用过滤装置对熔体进行过滤, 除去熔体中的杂质。宜采用陶瓷过滤板、氧化铝过滤球或其他过滤装置对熔体进行过滤操作, 过滤前应预热至 750 °C 以上, 保持 10 min。

7.4.3 对于各系合金, 可按需要选择变质处理, 变质应符合 GB/T 40809 的规定。

7.5 铸造

7.5.1 根据所生产的不同合金、规格选取相应的最佳工艺参数进行铸造, 铸造至 1.5 m~2 m 时测量盘头铝液温度, 温度宜控制在 680 °C~730 °C。

7.5.2 确保铸造过程铝液液面高度控制在合理的范围内, 以避免漏液; 若存在漏铝的结晶器, 应采用塞帽封堵等措施, 应调整工艺参数保证铸棒表面趋向光滑, 直至平稳铸造结束。

7.5.3 铸造过程中应保证铝液静止, 不应搅动铝液, 清理铝液表面浮渣时, 为避免表面氧化膜进入铸棒, 渣铲应提前充分预热。

7.5.4 铸造完成应保证结晶器清洁, 以备下批次生产。

7.6 成品检验

7.6.1 铝合金圆铸锭化学成分应满足 GB/T 3190, 4 系牌号满足应符合 GB/T 33911 的规定。

7.6.2 圆铸锭的尺寸偏差、裂纹和化合物要求应符合 YS/T 67 的规定, 低倍组织检测和显微组织检测要求应符合 GB/T 3246.1 和 GB/T 3246.2 的规定。

7.6.3 晶粒尺寸、含氢量应符合 GB/T 40123 的规定。

7.6.4 圆铸锭超声波探伤检测验收等级符合 YS/T 874 中 AA 级的规定。

7.7 锯切打捆

圆铸锭定尺锯切, 在线打码, 在线称重, 码垛打包。

7.8 废旧铝材料的处理

生产过程中产生的铝废料经适当加工处理后应可回收循环使用, 废料的回收和利用应符合 GB/T 34640.2 和 GB/T 34640.3 的规定。

附 录 A
(资料性)

电解原铝液半连续铸造变形铝合金圆铸锭主要原辅料

A. 1 配制生产变形铝合金圆铸锭所用的主要原材料

配制变形铝合金圆铸锭的主要原材料见表A. 1。

表A. 1 配制生产变形铝合金圆铸锭所用的主要原材料

序号	名称	技术标准	主要用途
1	重熔用铝锭	GB/T 1196	配制一般变形铝合金
2	重熔用精铝锭	YS/T 665	配制各种优质变形铝合金
3	工业硅	GB/T 2881	配制铝硅中间合金
4	铝中间合金锭	YS/T 282	配制一般含硅铸造铝合金
5	铸造铝合金锭	GB/T 8733	熔制各种铸造铝合金
6	原生镁锭	GB/T 3499	配制含镁铸造铝合金
7	铁剂	YS/T 492	配制含铁的铝及铝合金
8	锰剂	YS/T 492	配制含锰的铝及铝合金
9	铜剂	YS/T 492	配制含铜的铝及铝合金
10	钛剂	YS/T 492	配制含钛的铝及铝合金
11	混合稀土金属	GB/T 4153	变质剂

A. 2 配制生产变形铝合金圆铸锭所用的常用辅助材料

配制利用变形铝合金圆铸锭常用辅助材料见表A. 2。

表A. 2 配制生产变形铝合金圆铸锭所用的常用辅助材料

序号	名称	技术标准	主要用途
1	氩	GB/T 4842	铝合金除气剂
2	工业氮	GB/T 3864	
3	氯化钠	GB 1253	配制铝硅合金变质剂
4	工业氯化钾	GB/T 7118	
5	铝及铝合金覆盖剂	YS/T 491	用于覆盖铝熔体，防止熔体烧损及吸气
6	铝及铝合金精炼剂	YS/T 491	用于炉内精炼，降低铝熔体中氢含量，达到渣铝分离的效果