

内蒙古自治区地方标准

DB15/T 3320—2024

电解原铝液连铸连轧电工圆铝杆工艺规范

Process specification for electrolytic primary aluminum liquid
continuous casting and rolling electrical round aluminum rod

2024-01-25 发布

2024-02-25 实施

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质量和标准化研究院提出。

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、内蒙古工业大学、包头东方希望铝合金有限公司、内蒙古自治区特种设备检验研究院包头分院、呼伦贝尔市产品质量计量检测所、鄂尔多斯市蒙泰铝业有限责任公司、内蒙古锦联铝材有限公司、联晟新能源有限公司、内蒙古中拓铝业股份有限公司。

本文件主要起草人：孙鹏文、涂伟伟、王斌、马军、敖其尔、刘炳均、温丽、贾润飞、黄晓磊、侯敏、丁玉海、毕晓宇、温爱芳、范洛琪、李国华、赵梦莎、邢都林、原建昌、王国平、张子澍、李骁捷、王玉春。

电解原铝液连铸连轧电工圆铝杆工艺规范

1 范围

本文件规定了电解原铝液连铸连轧生产电工圆铝杆设备要求、主要原辅材料、工艺流程和生产工艺要求。

本文件适用于电解原铝液（原材料中占比不少于50%）连铸连轧法生产电工圆铝杆。

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 3499 原生镁锭
- GB/T 3864 工业氮
- GB/T 3954 电工圆铝杆
- 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/T 39091 工业余热梯级综合利用导则
- 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 40809 铸造铝合金 半固态流变 压铸成形工艺规范
- 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 重熔用精铝锭
- YS/T 1016 铝及铝合金线坯及线材安全生产规范
- 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 aluminum 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 aluminum

由电解原铝液、重熔用铝锭、重熔用精铝锭、重熔铝合金回炉料等为原料通过配料、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

连铸连轧 continuous cast and rolling

熔融金属在连续铸造机结晶腔中凝固后，在同一条作业线上进行轧制、剪切、卷取等工序，制得坯料的方法。

[来源：YS/T 5027-1995, 3.4.9]

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、浇注机、轧机、卷曲设备、轧机润滑系统、电控系统、冷却水系统和剪切设备等装置，各装置与铝液接触的材料无污染。

4.1.1.2 熔炼处理设备应配有符合工艺控制要求的温度、时间控制装置及仪表显示装置，仪表显示装置应能正确反映时间、温度控制情况，浇铸机、轧制机速度应可控，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，应配备在线除气装置。

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

应符合YS/T 601的要求。

4.1.4 过滤装置

4.1.4.1 可使铝熔体静态温升不应小于30℃/h。

- 4.1.4.2 可使铝熔体静态温差宜小于 40 ℃。
- 4.1.4.3 装置从室温预热到 800 ℃的时间不应大于 5 h。
- 4.1.5 浇铸机

将熔融金属转变成连续的固体铸坯的浇铸机应可灵活调节浇铸温度、浇铸速度、冷却水压和冷却水温等参数。

4.1.6 轧机

由多个三辊或双辊轧机机台组成，通过一个交流单电机驱动，直接耦合至轧机变速器上。将坯料经过多个道次的轧制最终生产出 Φ9.5 mm/Φ12 mm/Φ15 mm等不同尺寸规格的铝及铝合金杆。

4.2 分析仪器和检验装置

产品检测环节使用分析仪器及检验装置如表 1 所示。

表1 分析仪器和检验装置

检验产品种类	检验项目	分析仪器、检验装置	取样位置
炉前检验、成品检验	化学成分	光谱仪	按照GB/T 17432的规定进行
成品检验	尺寸偏差	千分尺、游标卡尺	按照GB/T 3954的规定进行
	力学性能	拉力机	
	电性能	电阻电桥	
	外观质量	目视	
	含氢量	测氢仪	
	耐热性能	热老化试验箱	

5 主要原辅材料

5.1 常规组成

常规组成包括：配制熔融态铝液用材料、铝及铝合金用熔剂、铝及铝合金成分添加剂和铝中间合金等，常规成分见附录 A。

5.2 原材料要求

5.2.1 电解原铝液纯度应不小于 99.70%，其他化学成分及含量应符合表 2 的要求，铝中间合金符合 GB/T 27677 的规定，重熔用铝锭化学成分应符合 GB/T 1196 的规定，重熔用精铝锭化学成分应符合 YS/T 665 的规定，主要原材料见附录 A 中表 A.1。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 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。
- 5.2.3 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件、浇道等；

- 二级回炉料：排溢系统，如渣包等；
- 三级回炉料：金属屑、碎小废料、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小于等于 30%；三级回炉料使用比例不应超过 8%，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 宜按照 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 YS/T 1016 的规定。

6.2 生产工艺流程

电解原铝液连铸连轧法生产电工圆铝杆工艺流程图见图 1。

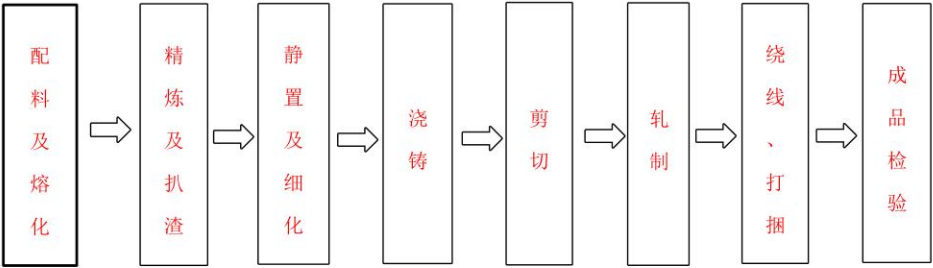


图1 电解原铝液连铸连轧法生产电工圆铝杆工艺流程

7 生产工艺要求

7.1 配料及熔化

- 7.1.1 生产者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。熔融态铝液生产电工原铝杆化学成分应符合 GB/T 3954 的规定。需方对化学成分有特殊要求时，由供需双方约定。
- 7.1.2 对于从电解车间使用铝液抬包运来的原铝液，要确定其入铝顺序，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 加入电解原铝液前, 应将工具上的残余杂质清除干净, 进行涂料防护处理。

7.1.4 熔炼之前应做好各项准备工作, 包括烘炉、洗炉及清炉, 煤气炉或天然气炉应进行烟道清扫。

7.1.5 将所需熔炼炉、熔炼工具等使用前充分预热。熔炼工具预热温度为 500 °C~600 °C; 熔炼炉保持温度为 700 °C~800 °C。

7.1.6 装料前, 固体炉料的表面应先进行清洁、干燥前处理。

7.1.7 熔炼时, 装入炉料的顺序应合理。根据熔炼炉容量, 应先加入熔融态电解铝液, 并分批装入一定量的固体炉料, 固体炉料应先装小块或薄块料, 铝锭和大块料在中间, 最后中间合金, 进行均匀搅拌。

7.1.8 取样前应充分搅拌后进行炉前快速分析, 取样温度宜 730 °C~790 °C。化学成分分析取样方法应符合 GB/T 17432 的要求。

7.1.9 化学成分应符合相应产品标准要求, 不符合则调整成分。

7.1.10 根据不同牌号产品规格要求确定需添加合金元素的用量, 配料计算和核验应防止混淆。

7.1.11 生产入料时应合理规划每包原铝液走向, 以免混淆。

7.2 精炼及扒渣

7.2.1 使用氮气或氩气保持精炼罐干燥, 将精炼剂装在精炼罐内, 将通入氮气和精炼剂的精炼管深入熔体按一定规则移动以保证精炼充分, 调节氮气压力和精炼剂流量, 精炼时间控制在吨铝 1 min~2 min 以上。

7.2.2 按照有利于铝液成分均匀的方式使用搅拌工具沿不同方向推拉, 用惰性气体吹炼 5 min 以上。

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, 目测铝液表面无浮渣。

7.2.4 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。

7.2.5 待温度合适时, 将金属熔体转注到静置炉, 出炉后进行清炉。

7.3 静置及细化

7.3.1 除气处理后, 对熔体进行过滤除渣处理, 除渣后静置 10 min~30 min。

7.3.2 净化处理后的熔体自除气净化至生产结束的时间间隔不应超过 3 h, 其他除气按 YS/T 601 的规定执行。

7.3.3 净化除渣后, 应进行熔体炉前检验, 宜包括熔体温度、化学成分、含氢量和含渣量检测, 检验要求应符合 GB/T 40809 中熔体质量炉前检验方法的规定。

7.3.4 熔体成分不合格时, 应重新计算、补料、熔体处理、检测, 直至化学成分检验合格。氢含量和渣含量不合格时, 应重新除气、精炼, 直至检验合格。

7.3.5 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 浇铸

7.4.1 浇铸前应打磨结晶轮表面, 除去油污、杂质, 钢带的接口宜磨平。

7.4.2 待铝液达到规定静置时间, 铝液温度宜保持在 680 °C~730 °C (温度需要根据实际情况进行制定) 时, 打开炉眼, 通过调节浇铸温度、浇铸速度、冷却水压和温度等设备参数使铝液经溜槽、过滤箱、除气箱等设备进行浇铸。

7.4.3 结晶轮的油棉纱定时加少量润滑油以顺利脱模。按照工艺要求调整浇铸速度、冷却水压、水温、乳液冷却与润滑。

7.5 剪切

入轧前剪切掉存在飞边、毛刺、裂纹等缺陷的锭坯，目测合格后方可轧制。

7.6 轧制

根据产品技术要求，确定并调整铸轧参数（如入轧温度、乳液温度、乳液压力、电流等）后进行轧制，应配备作业指导书或设备参数等相关记录。

7.7 绕线、打捆

7.7.1 轧制出铝线后，应保证绕线均匀、无扭结。

7.7.2 每盘铝盘使用钢带或铝线杆缠绕，每盘直径不超过 2100 mm，以保证正常提吊和吊运，对电工圆铝杆上下线头封口打印，放至指定地点。

7.8 成品检验

检验规则、试验方法和检验结果的判定应符合GB/T 3954的规定。

7.9 废旧铝材料的处理

生产过程中产生的铝废料经处理后应回收循环使用，废料回收和利用应符合 GB/T 34640.2 和 GB/T 34640.3 的规定。

附 录 A
(资料性)

利用电解原铝液连铸连轧法生产电工圆铝杆主要原辅料

A. 1 配制生产电工圆铝杆所用的主要原材料

配制利用电解原铝液生产电工圆铝杆的主要原材料见表 A. 1。

表A. 1 配制生产电工圆铝杆的主要原材料

序号	名称	技术标准	主要用途
1	重熔用铝锭	GB/T 1196	配制一般铸造铝合金
2	重熔用精铝锭	YS/T 665	配制各种优质铸造铝合金
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 配制生产电工圆铝杆所用的常用辅助材料

配制利用电解原铝液生产电工圆铝杆常用辅助材料见表 A. 2。

表A. 2 配制生产电工圆铝杆常用辅助材料

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
6	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