

中华人民共和国有色金属行业标准

YS/T 489—2005

结 晶 铝 锭

Grain-refining aluminium ingots

2005-09-23 发布

2006-02-01 实施

国家发展和改革委员会 发布

前 言

本标准的附录 A、附录 B 和附录 C 为资料性附录。

本标准由全国有色金属标准化技术委员会提出并归口。

本标准由郑州大学负责起草。

本标准由登电集团铝合金有限公司、东北轻合金有限责任公司、中国铝业股份有限公司贵州分公司、焦作万方铝业股份有限公司参加起草。

本标准主要起草人：左秀荣、刘忠侠、章吉林、吴欣凤、王明星、谢奇、曾萍、王明秀、刘志勇、宋天福、翁永刚。

本标准由全国有色金属标准化技术委员会负责解释。

引 言

细晶铝锭是在电解铝生产设施和生产工艺不变的条件下,通过在电解质中添加一定比例的氧化钛,利用铝-钛共析原理生产的钛的质量分数不高于 0.20% 的晶粒细化的铝锭。研究表明:在电解槽中加入氧化钛,对电解槽工艺参数几乎没有影响,对电解槽电流效率、物料和能源消耗等指标影响很小,电解槽各项技术指标和工艺参数与纯铝电解十分相近;在整个电解过程中,钛的回收率平均在 95% 以上,当铝液中钛的质量分数达到稳定含量后,钛回收率几乎达到 100%。

通过研究发现,电解法生产的细晶铝锭,由于其独特的加钛方式,具有以下优点:(1)生产成本低廉;(2)晶粒细化能力强。细晶铝锭晶粒细化能力比 Al-5Ti 中间合金高,低倍组织晶粒度级别为 2.5 级;细晶铝锭、Al-10RE 中间合金联合细化与 Al-5Ti-1B 中间合金的晶粒细化能力相近,低倍组织晶粒度级别为 1.5 级;细晶铝锭、Al-10RE、Al-5B 中间合金联合细化,低倍组织晶粒度级别为 1 级;(3)耐高温性强。在实际生产中,在高温生产条件下熔炼化学成分符合 GB/T 3190 和 GB/T 8733 规定的合金,晶粒并未明显粗化;(4)长效性好。细晶铝锭熔体 740℃ 保温 0~720 min,晶粒并未明显粗化;(5)遗传性好。四次重熔细晶铝锭,晶粒平均直径变化不大;(6)钛的回收率高。细晶铝锭熔体熔炼合金过程中,钛的回收率为 80.0%~90.0%。

细晶铝锭熔炼 6063 合金,由于其独特的加钛方式,生产成本低廉;铸态晶粒细小均匀,低倍组织晶粒度级别小于 2 级;挤压性能、表面性能及力学性能不低于添加 Al-5Ti-1B 中间合金细化的 6063 合金;与添加 Al-5Ti-1B 熔炼的 6063 合金相比,具有良好的时效特性,可短时间时效达到较高的强度,又可较长时间保持高硬度,不宜过时效,便于组织生产;细晶铝锭、Al-10RE 中间合金联合细化,细晶铝锭、Al-10RE 及 Al-5B 中间合金联合细化熔炼的 6063 合金抗拉强度与添加 Al-5Ti-1B 熔炼的 6063 合金相当,而延伸率提高 20%,并可获得更优异的表面性能。用细晶铝锭熔炼的 A356 合金,铸态抗拉强度为 200 MPa,延伸率为 7%,高于普通工艺生产的 A356 合金的力学性能。由于电解法生产的细晶铝锭生产工艺简单,生产成本低廉,对合金晶粒的细化能力较强,必将在铝行业得到广泛的应用。

结 晶 铝 锭

1 范围

本标准规定了细晶铝锭的要求、试验方法、检验规则、标志、包装、运输、贮存及质量控制。

本标准适用于氧化铝-氧化钛-冰晶石熔盐电解共析法生产的细晶铝锭。

2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本标准的引用而成为本标准的条款。凡是注日期的引用文件，其随后所有的修改单(不包括勘误的内容)或修订版均不适用于本标准，然而，鼓励根据本标准达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件，其最新版本适用于本标准。

GB/T 1196 重熔用铝锭

GB/T 1706 二氧化钛颜料

GB/T 3246(所有部分) 变形铝及铝合金制品组织检验方法

GB/T 8170 数值修约规则

YS/T 298 高钛渣

YS/T 299 人造金红石

YS/T 322 冶金用二氧化钛技术条件

YS/T 352 天然金红石精矿

3 术语

细晶铝锭 gram-refining aluminium ingots

通过在电解质中添加氧化钛，采用电解法生产的铝锭，称为细晶铝锭。其中钛的质量分数不高于0.20%，并且经晶粒细化能力试验，晶粒平均直径细化至不大于350 μm。

4 要求

4.1 产品分类

细晶铝锭按化学成分分为四个牌号：XAl 99.70A-1、XAl 99.70A-2、XAl 99.70A-3、XAl 99.70A-4。

4.2 化学成分

细晶铝锭的化学成分应符合表1的规定。

4.3 外观

细晶铝锭的外观按GB/T 1196的规定进行。

4.4 锭重和锭型

细晶铝锭的锭重和锭型按GB/T 1196的规定进行。

4.5 其他要求

需方对细晶铝锭质量有特殊要求时，由供需双方协商，并在订货合同中注明。

5 质量控制

细晶铝锭生产过程的质量控制要求参见附录A(资料性附录)。

6 试验方法

细晶铝锭的试验方法按GB/T 1196的规定进行。

表 1

牌 号	质量分数/%									Al ^d	
	Ti	杂质,不大于							其他 ^{b,c}		
		Fe	Si	Cu	Ga	Mg	Zn ^a				
								每种	总和		
XAl 99. 70A—1	0. 01~0. 05	0. 20	0. 10	0. 01	0. 03	0. 02	0. 03	0. 03	0. 30	余量	
XAl 99. 70A—2	>0. 05~0. 10	0. 20	0. 10	0. 01	0. 03	0. 02	0. 03	0. 03	0. 30		
XAl 99. 70A—3	>0. 10~0. 15	0. 20	0. 10	0. 01	0. 03	0. 02	0. 03	0. 03	0. 30		
XAl 99. 70A—4	>0. 15~0. 20	0. 20	0. 10	0. 01	0. 03	0. 02	0. 03	0. 03	0. 30		
注 1: 对于表中未规定的其他杂质元素含量,如需方有特殊要求时,可由供需双方另行协议。											
注 2: 分析数值的判定采用修约比较法,数值修约规则按 GB/T 8170 的有关规定进行。修约数位与表中所列极限数位一致。											
^a 杂质 Zn 的质量分数不小于 0. 010% 时,供方应将其作为常规分析元素,并纳入杂质总和;若杂质 Zn 的质量分数小于 0. 010% 时,供方可不作常规分析,但应每季度分析一次,监控其含量。											
^b 用于食品、卫生、工业用的细晶铝锭,其杂质 Pb、As、Cd 的质量分数均不大于 0. 01%。											
^c 表中未规定的其他杂质元素,如 Mn、V,供方可不做常规分析,但应定期分析,每年至少两次。											
^d 铝的质量分数为 100% 与 Ti 的质量分数及等于或大于 0. 010% 的所有杂质总和的差值。											

7 检验规则

细晶铝锭的检验规则按 GB/T 1196 的规定进行。

8 标志、包装、运输、贮存

8.1 标志

8.1.1 每块细晶铝锭上应浇铸或打印生产厂标志、熔炼号和检印。

8.1.2 各牌号细晶铝锭应有不易脱落的鲜明标志,其标志规定应符合表 2 的要求。

表 2

细晶铝锭牌号	颜色标志
XAl 99.70A—1	一道褐色竖线
XAl 99.70A—2	二道褐色竖线
XAl 99.70A—3	三道褐色竖线
XAl 99.70A—4	四道褐色竖线

8.2 包装、运输、贮存

细晶铝锭的包装、运输、贮存按 GB/T 1196 的规定进行。

8.3 质量证明书

细晶铝锭的质量证明书按 GB/T 1196 的规定进行。

9 订货单(或合同)内容

细晶铝锭的订货单(或合同)内容按 GB/T 1196 的规定进行。

附 录 A
(资料性附录)

细晶铝锭生产过程的质量控制要求

- A.1 电解法生产细晶铝锭用氧化钛应符合下列要求之一的规定:GB/T 1706;YS/T 298 中一级品或二级品;YS/T 299 中特级品;YS/T 322;YS/T 352 中一级品或二级品。
- A.2 氧化钛应在每天出铝后加入料箱,氧化钛与氧化铝应充分混合。
- A.3 电解槽中铝液达到目标钛含量所需添加氧化钛天数如表 A.1 所示。达到目标值后,根据每天出铝量,确定所需添加的氧化钛量。

表 A.1

钛含量目标值/%	达到目标钛含量所需添加氧化钛天数/d
0.01~0.05	1
>0.05~0.10	2
>0.10~0.15	3
>0.15~0.20	4

- A.4 为达到电解槽中铝液目标钛含量,按下列公式计算电解槽中氧化钛的添加量:

$$m_{\text{TiO}_2} = \frac{1.668\,0 \cdot m_{\text{Ti}}}{\eta_{\text{TiO}_2} \cdot a}$$

式中:

- 1.668 0——氧化钛的钛当量;
- m_{TiO_2} ——电解槽铝液中预计增加的钛的质量,单位为千克(kg);
- η_{TiO_2} ——氧化钛的回收率,单位为质量分数(%);
- a ——氧化钛的纯度,单位为质量分数(%)。

- A.5 细晶铝锭晶粒细化能力试验方法参照附录 B(资料性附录)进行。细晶铝锭晶粒细化能力参见附录 C(资料性附录)。

附录 B

(资料性附录)

细晶铝锭晶粒细化能力试验方法

B.1 范围

本附录规定了细晶铝锭晶粒细化能力的测定方法。

本附录适用于电解法生产的细晶铝锭。

B.2 试验原理

取钛的质量分数不低于 0.01% 的细晶铝锭熔体,用纯铝稀释至钛的质量分数为 0.01%。在某温度下停留规定时间后,注入特制铸模内铸造成饼状试样,然后检查试样表面晶粒直径,依此观测该细晶铝锭铸态晶粒的细化能力。

B.3 材料及设备

B.3.1 试验用金属材料

牌号为 Al 99.70A 的纯铝。

B.3.2 试验用工具与设备

B.3.2.1 二氧化硅泡沫砖:用做模底。

B.3.2.2 环状钢模:外径×高×壁厚为(75×25×5)mm。

B.3.2.3 石墨坩埚。

B.3.2.4 电阻坩埚炉。

B.3.2.5 热电偶及测温仪表。

B.4 试验方法

B.4.1 试料

细晶铝锭。

B.4.2 熔炼

将盛有细晶铝锭及纯铝的坩埚置于坩埚炉内加热熔化,待铝熔体升至 730℃~740℃后精炼、搅拌、扒渣。并在 720℃~730℃下静置 2 min。

B.4.3 铸造

B.4.3.1 将钢环铸模平放于模底砖上,不必固定。模底砖应平滑、干燥、无尘,模温以 35℃为宜。

B.4.3.2 将经恒温静置后的熔体(B.4.2)浇入铸模内,令其静置凝固模内。

B.4.4 晶粒测量

B.4.4.1 以试样在泡沫砖上的凝固表面为晶粒测量面。

B.4.4.2 试样晶粒的浸蚀与测量按 GB/T 3246.1 进行。

B.4.5 空白试验

随同试料,进行不加细化剂的空白试验。

B.4.6 校正试验

用一已知细化能力的细化剂检验试验方法的有效性。

B.5 试验结果表示

细化能力试验结果以试样表面晶粒平均直径表示,单位为 μm 。

附 录 C
(资料性附录)
细晶铝锭的晶粒细化能力

C.1 范围

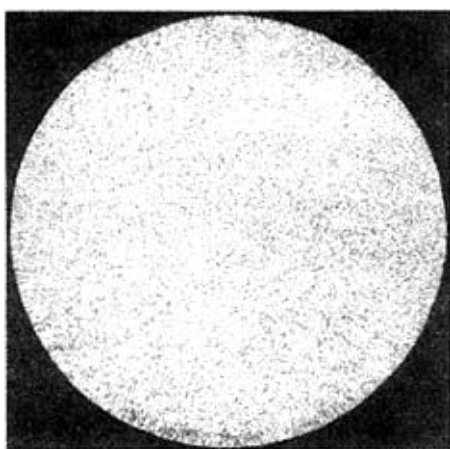
本附录对细晶铝锭的晶粒细化能力进行研究。采用细晶铝锭熔炼合金,可参考本附录选取合适的细晶铝锭钛含量和晶粒细化方法,以满足低倍组织晶粒度级别要求。

本附录适用于电解法生产的细晶铝锭。

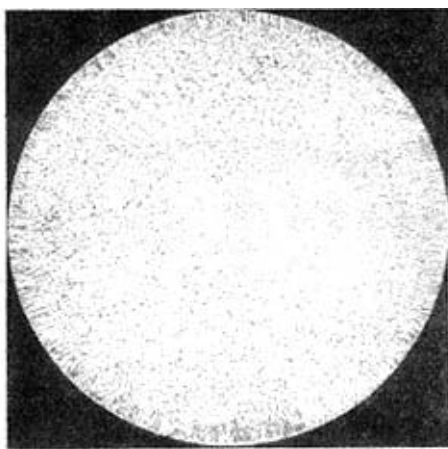
C.2 不同晶粒细化剂的细化能力比较

C.2.1 采用附录 B 所示方法,分别用细晶铝锭、Al-5Ti 中间合金、Al-5Ti-1B 中间合金、Al-5Ti-1C 中间合金、Al-5B 中间合金、Al-10RE 中间合金及牌号为 Al 99.70 A 的纯铝配制钛的质量分数为 0.01% 的试样。试样显微组织浸蚀与晶粒平均直径的测量按 GB/T 3246.1 进行。试样低倍组织浸蚀与晶粒度评级按 GB/T 3246.2 进行。

C.2.2 单一晶粒细化剂细化试样的低倍组织如图 C.1 所示,联合细化试样的低倍组织如图 C.2 所示。晶粒平均直径如表 C.1 所示。由图 C.1 可见,细晶铝锭熔炼试样低倍组织为 2.5 级;Al-5Ti-1B 中间合金细化试样,低倍组织为 1.5 级;Al-5Ti 中间合金细化试样,低倍组织为 3 级;Al-10RE 中间合金细化试样低倍组织晶粒度级别为 3.5 级;纯铝熔炼试样低倍组织为 4.5 级;Al-5Ti-1C 中间合金细化试样低倍组织晶粒度级别小于 1 级;由图 C.2 可见,细晶铝锭、Al-5B 中间合金联合细化试样低倍组织晶粒度级别为 2.5 级;细晶铝锭、Al-10RE 中间合金联合细化试样低倍组织晶粒度级别为 1.5 级;细晶铝锭、Al-10RE 中间合金、Al-5B 中间合金联合细化的试样低倍组织晶粒度级别为 1 级。

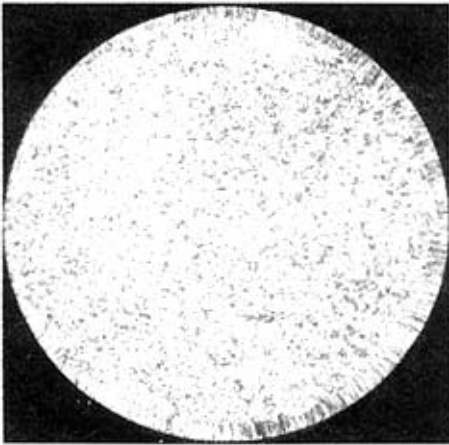


Al-5Ti-1C 中间合金细化 1:1

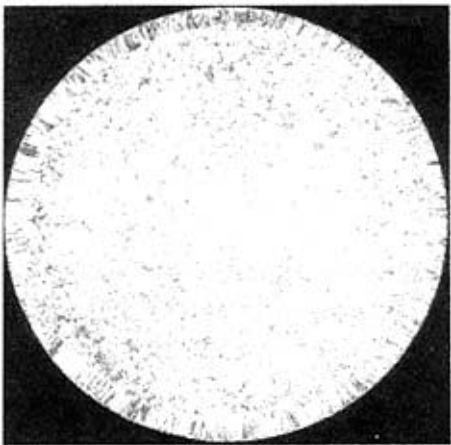


Al-5Ti-1B 中间合金细化 1:1

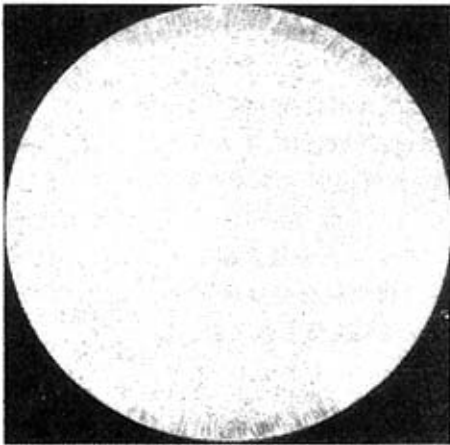
图 C.1



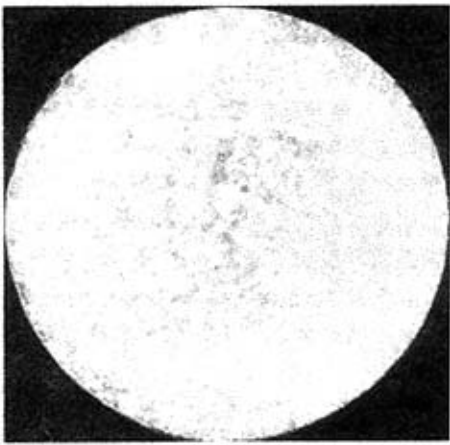
细晶铝锭 1 : 1



Al-5Ti 中间合金细化 1 : 1

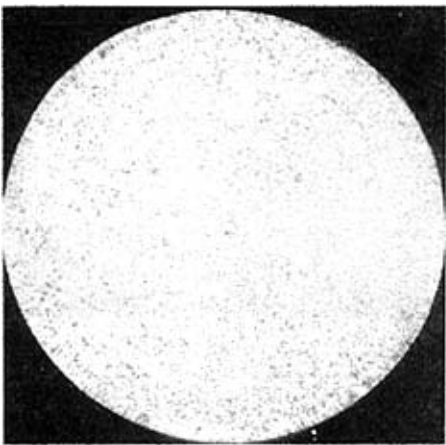


Al-10RE 中间合金细化 1 : 1

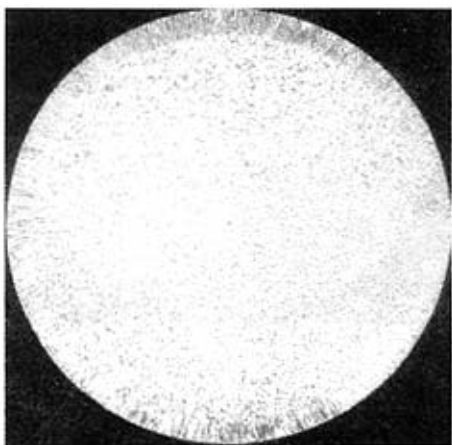


纯铝 1 : 1

图 C. 1 (续)

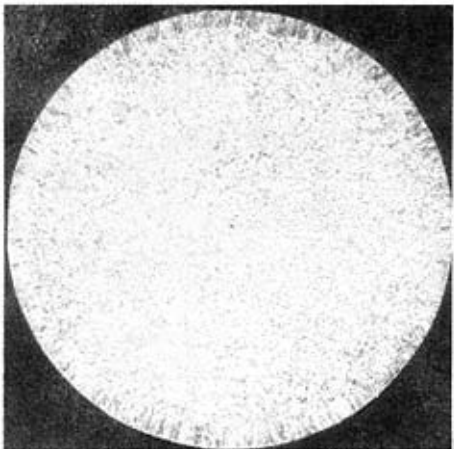


细晶铝锭 + Al-10RE 中间合金 + Al-5B 中间合金细化 1 : 1



细晶铝锭 + Al-10RE 中间合金细化 1 : 1

图 C. 2



细晶铝锭 + Al-5B 中间合金细化 1 : 1

图 C. 2 (续)

表 C. 1

晶粒细化方法	晶粒平均直径/ μm
Al-5Ti-1C 中间合金	236
细晶铝锭 + Al-5B 中间合金 + Al-10RE 中间合金	244
Al-5Ti-1B 中间合金	271
细晶铝锭 + Al-10RE 中间合金	276
细晶铝锭	308
细晶铝锭 + Al-5B 中间合金	315
Al-5Ti 中间合金	340
Al-10RE 中间合金	394

C. 3 不同含钛量细晶铝锭的晶粒尺寸

从电解槽中直接取不同钛的质量分数的铝液，浇入外径 40 mm、高 35 mm、壁厚 3 mm 的铸铁模具中，制取试样。试样显微组织浸蚀与晶粒平均直径的测量按 GB/T 3246.1 进行。晶粒平均直径与钛的质量分数的关系如图 C. 3 所示。

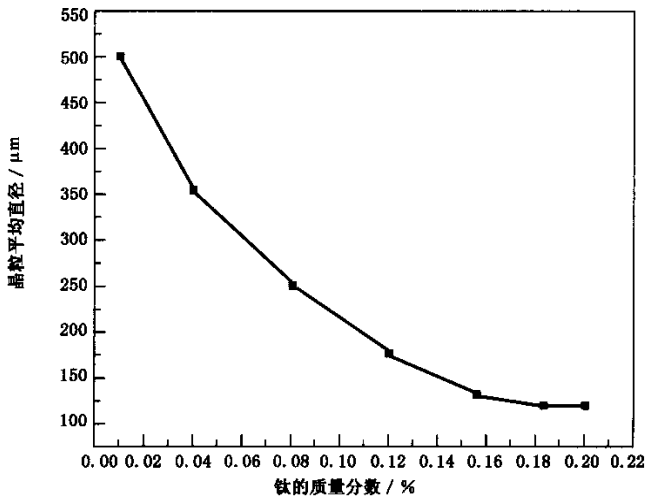


图 C. 3