

含锂铝合金熔炼铸造时的保护^①

蒋筑君 吴世钊

(东北轻合金加工厂, 哈尔滨 150060)

铝锂合金具有密度小、比强度和比刚度高的特点, 在航空、航天工业中的应用存在特殊的潜力。但熔炼铸造时的保护是生产中的关键。我厂根据用户对材料的要求和含锂铝合金的特性, 在熔炼铸造过程中采用了一系列的技术措施, 利用三吨熔铝炉, 生产了重达两吨的铸锭, 其方铸锭的规格为 $200\text{mm} \times 1200\text{mm} \times 2500\text{mm}$, 圆铸锭最大规格为 $d 405\text{mm}$, 并将生产的铸锭加工成板材、棒材、型材、锻件等, 经用户对性能全面复验, 均达到国外同类合金制品的技术标准。本文就含锂铝合金熔炼铸造过程中采用的各种技术措施和部分铸造工艺加以整理说明, 为从事铝锂合金研究的同行们提供参考。

1 保护熔剂的选择及配制

为了防止含锂铝合金在熔炼过程中锂的严重氧化烧损和大量的吸入气体, 可以采用真空熔炼、真空熔体处理等先进熔炼技术, 但这些先进技术的应用耗资高, 技术难度也较大。而选择特殊的熔剂进行保护能有效地防止含锂铝合金熔炼时的氧化烧损和吸入气体。几种熔剂的保护效果对比如图1所示。

从图1中的几种熔剂保护效果对比可以看出: 使用普通铝合金熔剂对防止铝锂合金中的氧化烧损效果极差(曲线3), 仅比不加熔剂保护的效果稍好一点。同时普通铝合金熔剂是由含钠的氯盐、氟盐等配制而成的, 根据资料介绍, 铝锂合金中的钠含量超过 0.008% 时, 会使合金的机械性能变坏, 使延伸率的降低更为

明显, 故铝锂合金不能选用这种熔剂来保护。而使用由氯化锂和氯化钾制备的熔剂保护效果较好, 并且随着氯化锂的含量增加而防止锂的氧化烧损的效果更好, 考虑其综合性能, 以 $46\%\text{LiCl}$ 和 $54\%\text{KCl}$ 制备的保护熔剂对防止锂的氧化烧损更为理想(曲线4)。同时这种熔剂具有熔点低、流动性好、复盖时易于流散的特点, 但是这种熔剂的吸湿性强而难于保管, 故这种熔剂通常是在熔炼铝锂合金时同时制备, 这样可以随时使用。

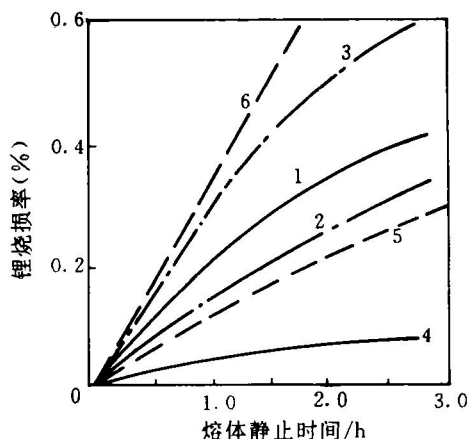


图1 几种熔剂对铝锂合金
锂烧损的影响($710\sim 720\text{ }^{\circ}\text{C}$)

- 1— $50\%\text{NaCl}+50\%\text{KCl}$;
- 2— $25\%\text{LiCl}+25\%\text{LiF}+50\%\text{KCl}$;
- 3— $3\%\text{NaF}+50\%\text{NaCl}+10\%\text{KCl}$
+ $10\%\text{Na}_3\text{AlF}_6$ (普通铝合金熔剂);
- 4— $46\%\text{LiCl}+54\%\text{KCl}$;
- 5— $30\%\text{LiCl}+70\%\text{KCl}$;
- 6—不加熔剂

^① 收稿日期: 1993-12-09; 修回日期: 1994-02-15

这种熔剂的制配工艺是：将 46%LiCl 和 54%KCl 同时装入铁坩锅中，升温至 800℃ 进行脱水处理，经充分搅拌后降温到 500~600℃ 以液态熔剂待用，也可以冷却到室温以固态熔剂使用，但使用时必须进行预热，防止因熔剂吸湿而复盖时发生爆炸。熔炼实践表明：熔炼含锂铝合金时，使用上述原料比例和工艺方法制备的熔剂复盖，保护效果较好，而且方法简便、经济，锂的氧化烧损率可控制在每小时 0.04% 左右。

2 含锂铝合金的保护铸造

由于金属锂的高化学活性和氧化锂的特点，含锂铝合金采用一般铝合金的敞开式铸造方法时，其金属熔体在结晶器内的氧化烧损极为严重，使熔体液面生成一层很厚的灰状氧化物，不仅使金属锂造成严重烧损，使熔体的流动性变坏，而且生成的这层灰状氧化物还阻碍了液体金属在铸造结晶时气体的析出，导致铸锭严重的气孔、疏松等冶金缺陷，严重的影响了铸锭的内部质量。

要提高含锂铝合金的铸锭内部质量，减少或消除含锂铝合金铸锭的气孔、疏松等冶金缺陷，铸造时必须采用保护措施。

在含锂铝合金铸造试制研究实践过程中，根据三吨铝熔炉的现场情况，自行设计、制作了一种既简单、经济，又轻便、实用的气体保护铸造装置，通过现场试用，对减少、消除含锂铝合金铸锭的气孔、疏松等冶金缺陷，对提高含锂铝合金铸锭的内部质量效果明显。

这种保护铸造装置是用铁板焊接制造而成的圆形(铸造圆铸锭用)或长方形(铸造方铸锭用)的密封罩。如图 2 为铸造方铸锭用的保护铸造装置示意图。

保护铸造装置上设有灯光照明孔和观察孔，在铸造时可以看到结晶器内金属液面的高低和金属供流情况；设有除渣机构，发现液面有氧化夹杂物，可以随时除掉；并且设有惰性气体氩的通入孔，使保护铸造装置内形成一个

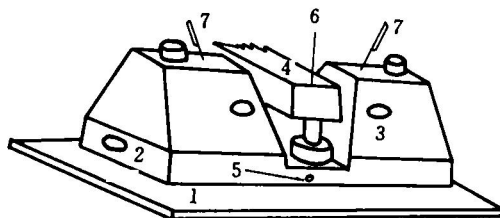


图 2 方铸锭气体保护铸造装置示意图

1—盖板；2—照明孔；3—观察孔；4—流槽；
5—氩气孔；6—控制阀；7—除渣机构

起保护作用的氩气空间。

铸造时将保护铸造装置罩在盖板上，用胶皮或油脂密封，铸造放流前先通入氩气，氩气在保护罩内略成正压，让氩气充满保护罩的空间，防止罩外空气进入，使保护装置罩内的金属液流和结晶器内的金属液面与空气隔离，以保护裸露的金属液不发生氧化烧损。在正常铸造过程中，罩内金属液面很少有灰状氧化物产生，还可以看到结晶器内光亮的金属液面，不仅防止了熔体中锂的氧化烧损，而且还有利于合金结晶时气体的析出。

根据 Sioverts 法则，在上述氩气保护的条件下，因通入保护装置罩内的氩气略成正压，故罩内充满氩气，空气极少，形成保护装置罩内的氢分压也极低，其保护装置罩内的金属熔体的氢含量满足下列方程式：

$$S_H = K \cdot P_H^{1/2}$$

式中 S_H 为铝熔体中的氢含量； P_H 为氢分压； K 为比例常数。

可见，保护铸造装置罩内液体金属中的氢含量与保护铸造装置罩内氢分压的平方根成正比，随着氢分压 P_H 的降低，其熔体中的氢含量 S_H 也逐渐减少。在理想的状态下，氢含量可以降到最低值。因此，在含锂铝合金铸造过程中，加强金属熔体的保护，提高保护铸造装置的密封性，对减少和消除含锂铝合金铸锭的气孔、疏松等冶金缺陷具有很好的效果。

通过含锂铝合金熔铸工艺试制研究表明：采用氩气保护铸造装置能生产 200 mm×1200

mm×2500mm的方铸锭和 d 405mm以下的圆铸锭,其方铸锭的单个重量可达2吨。并且摸索了某含锂铝合金一套完整的铸造工艺制度如表1和表2所示。

表1 某含锂铝合金方铸锭铸造工艺

200 mm×1 200 mm×2 500 mm

铸造温度 /℃	铸造速度 /mm·min ⁻¹	总水压 /MPa	二次水压 /MPa	铺底	回火
680~ 690	60~ 65	0.04~ 0.045	0.020~ 0.025	+	+

表2 某含锂铝合金圆铸锭铸造工艺

规格 /mm	铸造速度 /mm·min ⁻¹	水压 /MPa	铺底	回火
d 270	30~35	0.020~0.025	+	+
d 360	20~25	0.015~0.020 二次水<0.008	+	+
d 405	15~20	0.018~0.020 二次水<0.010	+	+

* 铸造温度: 730~740℃

采用氩气保护铸造生产的含锂铝合金铸锭经低倍组织分析与检查,未发现气孔、疏松等冶金缺陷,其铸锭的内部质量良好。用氩气保

护铸造生产的含锂铝合金铸锭分别经压延、挤压、锻造等加工工艺试制的各种板材、棒材、型材、锻件等制品,通过用户对各种制品的性能检验,均达到国外同类产品的技术指标。

3 结论

(1) 含锂铝合金熔炼时采用46%LiCl和54%KCl配制的熔剂具有良好的保护效果,能降低锂的烧损,提高锂的实收率,其锂的烧损率可控制在每小时0.04%左右

(2) 含锂铝合金在铸造时采用氩气保护铸造有良好的保护效果,可生产无气孔、疏松等冶金缺陷的方、圆铸锭,提高铸锭的内部质量,其方铸锭的单个重可达2t。

(3) 用氩气保护铸造生产的含锂铝合金铸锭经不同加工工艺试制的板材、棒材、型材、锻件等制品的性能均可达到国外同类合金产品的技术指标。

(上接81页)

参考文献

- 1 Liu Shourong. Rare Metals, 1993, 12(4): 305-307.
- 2 Liu Shourong. Hard Metals & Hard Materials, 1994, 2(1): 22-25.
- 3 Lardner E, Wood G A. Metal Powder Report, 1980, 35: 287.
- 4 肯尼思 J A, 布罗克斯(著). 株洲硬质合金厂情报科(译), 世界硬质合金指南与手册. 株洲: 1982. 59.
- 5 刘寿荣, 郝建民. 稀有金属材料与工程, 1991, 20(2): 62.
- 6 株洲硬质合金厂. 硬质合金的生产. 北京: 冶金工业出版社, 1974. 277.
- 7 株洲硬质合金厂. 国外硬质合金. 北京: 冶金工业出版社, 1976. 513.
- 8 Liu Shourong. Transactions of Nonferrous Metals Society of China, 1993, 3(2): 51-57.