

铸轧铝锰合金生产锅胆料关键控制因素

曾虎 邓涛

洛阳万基铝加工有限公司

DOI:10.32629/btr.v2i6.2269

[摘要] 铝合金锅胆料对坯料的深冲性能和外观质量要求很高,铸轧生产工序少,有成本优势,利用铸轧产品特别是铝锰合金生产锅胆料,相比热轧料和铸轧1系产品,对溶体质量、化学成分、晶粒度和表面质量提出了更高的要求。本文分析了铸轧生产过程中对其深冲性能和表面质量影响的因素,并提出了控制和改进的方法。

[关键词] 铸轧板; 晶粒度; 表面质量; 深冲性能

前言

随着铝加工行业的迅猛发展和人们生活品质的不断提高,对锅类产品质量和性能提出了更高的要求,不仅要求美观还要兼顾安全,铝加工行业只有不断提升品质和创新,并有效的降低成本,才能市场的激烈竞争中生存和发展。

1 铸轧锅胆料的质量和性能要求

1.1 铸轧锅胆料的熔体质量要求

铸轧的熔体质量主要指熔体金属纯洁度,熔体含渣、含气量和合金成分,要求进入前箱的熔体氢含量必须控制在 $0.12\text{ml}/100\text{gAL}$ 以下,合金成分要均匀并且控制在中限最佳。

1.2 铸轧锅胆料的表面质量要求

坯料表面质量直接影响到铝箔的表面质量。要求坯料表面要洁净、平整、无腐蚀,表面不允许有热带、气道、孔洞、粘伤、横波、纵向条纹、裂纹、擦划伤、黑点、金属和非金属压入物等影响使用的缺陷。

1.3 铸轧锅胆料的内部组织要求

要求铸轧板晶粒度一级,细小、均匀的晶粒直接影响加工制品的组织性能。

2 铸轧铝锰合金生产锅胆料的选型优势

2.1 铸轧产品相对热轧产品的成本优势

工序少、成材率高、设备投资少、能源消耗少,采购成本低等优势。

2.2 铸轧铝锰合金相对铸轧1系合金的性能优势

(1) 铝锰合金和1系合金相比,需要添加的化学成分有铁和锰,铁和锰的加入可以增加金属的流动性和形核率,不仅能有更多的再结晶点产生,显著细化晶粒,而且还能提高锅胆抛光后的表面亮度和阳极氧化质量。(2) 铁和锰元素的加入,特别是锰,在共晶温度 658°C 时,锰在 α 固溶体中的最大溶解度为 1.82% 。合金强度随溶解度增加不断增加,锰含量为 0.8% 时,伸长率达最大值。 Al-Mn 合金是非时效硬化合金,即不可热处理强化。锰能阻止铝合金的再结晶过程,提高再结晶温度,并能显著细化再结晶晶粒。再结晶晶粒的细化主要是通过 MnAl_6 化合物弥散质点对再结晶晶粒长大起阻碍作用。

用。 MnAl_6 的另一作用是能溶解杂质铁,形成 $(\text{Fe}, \text{Mn})\text{Al}_6$, 减小铁的有害影响,从而保证了生产锅胆时有较高的抗拉强度和良好的延伸率,提高其深冲性能^[1]。

3 铸轧生产中影响锅胆性能和外观质量的因素

3.1 熔体质量

铝液中含有夹杂物,主要是各种氧化物、碳化物、氟化物等有害杂质,这些杂质来源于电解铝液、铝锭、铝废料、各种合金剂的助溶剂、精炼用溶剂,以及熔炼过程中铝与空气接触而形成的 Al_2O_3 ; 还有有害气体杂质,主要是氢、少量的一氧化碳、二氧化碳和氮等,板坯中这些杂质的存在,必然会破坏铝基体的连续性,其一系列加工工序(如轧制、热处理、深冲等)也难以消除杂、气等对材料强度、疲劳抗力、塑韧性、加工成形等的不利影响。因此,提高铝熔铸的技术水平,尤其是净化技术水平至关重要^[2]。

3.2 化学成分

化学成分是产品组织性能的基础,锰、铁、钛等金属元素的添加,特别是铁元素的加入,可以增加铝锰合金的流动性,形成 MnFeAl_3 化合物,降低锰偏析,对晶粒有细化作用,其中铁和锰的含量之和不大于一 1.8% , 否则,形成大量 $(\text{MnFe})\text{Al}_6$ 化合物的粗大片状偏析聚集物,显著降低合金的力学性能和工艺性能,不仅浪费金属材料,并且在后续加工中出现深冲开裂或裂纹,导致成品率下降。

3.3 晶粒度

锅胆料质量好坏主要取决于其晶粒度等级。晶粒粗大的铸轧板^[3],其表面经过高浓度的酸侵蚀后,就会看到漂亮的带状花纹,观察其横截面, $1.0\sim 2.0\text{mm}$ 厚表面层为片状胞状晶,表层往里是羽毛状晶,中心有时有很薄一层等轴晶,有时等轴晶不存在。轧制后,表面会产生许多沿轧制方向的白色条纹,不仅会使后续产品的延伸率、抗拉强度等冲压性能得不到保障,导致出现深冲开裂、而且还影响锅胆的表面质量,容易造成锅胆制品表面粗糙、“木纹”或“桔皮”现象。

3.4 表面质量

铸轧板坯表面的热带、气道、裂纹、辊印、黑条、粘伤、擦划伤、磕碰伤、麻点、腐蚀、纵向条纹、白条等缺陷对后续锅胆制品表面亮度影响较大。

4 控制和改进方法

4.1 加强铝液的精炼净化处理

根据我厂的生产实践，铝液精炼净化需要分三步进行，根据有气必有渣，气和渣“相互寄生”的原理，夹杂的存在是气体难以除净的关键限制因素，排杂是除气的基础^[4]。

4.1.1 扒浮渣。当熔炉内炉料化平温度达 700-720℃，使用叉车或人工把熔体表面浮渣扒干净，然后继续升温至配料要求温度。

4.1.2 精炼剂喷粉精炼。熔体各种成分分配比合格后，采用含有氯化钾、氯化镁、氟铝酸钾、氟硅酸钾、六氯乙烷和粒度>100 目的精炼剂，通过氩气或氮气进行喷粉精炼，精炼时间 15-20 分钟，精炼时铝液温度控制在 730-750℃，用量为 1.5-2%每吨铝，气体压力控制在 0.08MPa，使用“N+Z”方式进行，精炼后净置 10 分钟扒渣干净。

4.1.3 氩气或氮气精炼。扒浮渣和喷粉精炼后，熔炼炉要用纯气体精炼，精炼管插入炉底，来回移动至各个角落，使用“N+Z”方式进行，精炼时间 15-20 分钟，精炼气体压力控制在 0.05MPa，精炼后净置 10 分钟后扒渣干净。保温炉精炼要每隔四个小时进行一次纯气体精炼。

4.2 化学成分控制

根据我厂生产实践，以及最终产品外观和性能对比，以下化学成分控制生产效果较好。

合金	铁	硅	铜	锰	镁	锌	钛	其他		铝
								单个	合计	
3系铝锰合金	0.3-0.5	0.15	0.05	0.7-0.8	0.01	0.01	0.03	0.03	0.15	余量

注：有毒有害元素应符合 GB11333 规定：Pb+Cr+As+Cd ≤0.01%。

化学成分受多种因素的影响，需采取一些措施，才能保证成分均匀：

4.2.1 对回炉冷料进行分类管理，并对重量进行核实。

4.2.2 妥善保管添加剂，避免包装破损导致受潮，避免长时间在现场大量存储。

4.2.3 在有疑问时采取炉前取样进行预分析，以便及时调整成分。

4.2.4 加强清炉，保证炉子容量，便于计算准确。

4.2.5 加强员工培训，提高熔炼员工的配料技能。

4.3 晶粒度控制

为获得细小、等轴、均匀的晶粒组织，经过精炼净化的铝液还要进行晶粒细化处理，这是深冲铝板质量合格非常重要的工序。铸轧铝锰合金坯料晶粒度保证一级，需采取以下措施：

4.3.1 熔体温度严格控制在 730-740℃。

4.3.2 熔体在炉中停留时间不能超过 4 小时，超 4 小时要重新进行精炼作业。

4.3.3 在熔炼炉配料时要配比适当的钛，使钛含量在 0.01%左右。

4.3.4 降低铸轧速度，一般生产铝锰合金速度控制在 0.75-0.80m/min。

4.3.5 降低铸轧板厚度，厚度要求在 6.5-7.0mm 最佳。

4.3.6 提高冷却强度，轧辊冷却水温 30-35℃，水压 0.4-0.6MPa。

4.3.7 降低前箱温度，前箱温度控制在 695-700℃之间。

4.3.8 添加铝钛硼丝，用量控制在 1.5Kg/TAL，加入地点在除气箱入口和保温炉出口，加入方式采用逆流双钛丝加入。

4.4 表面质量控制

影响铸轧板表面质量的因素较多，需从以下两个方面进行控制：

4.4.1 环境因素控制

(1) 厂房和设备要进行密封处理，来防尘防雨。

(2) 现场地面和设备卫生要使用吸尘器和拖把进行打扫，板面要加吹扫风机进行连续吹灰作业，减少现场灰尘。

(3) 现场加装灭蚊虫器具，减少蚊虫压人。

(4) 火焰喷涂不能开的太大，轧辊两边部和牌坊上积碳要定时清理。

通过以上措施来保证板面洁净，杜绝腐蚀和黑条，消除非金属压人。

4.4.2 工艺控制

(1) 避免熔体温度过高和在炉中停留时间过长，一般炉中熔体温度要求 730-740℃，熔体在炉中停留时间超过 4 个小时要重新进行精炼。

(2) 提高冷却强度和降低铸轧速度。

(3) 控制良好的铸嘴平直度和嘴辊间隙，保证铸嘴不与辊面接触，但又不能间隙太大，来保证铸嘴出口温度均匀和避免铸嘴唇沿受损。

(4) 提高熔体的洁净程度，在立板时充分跑渣，避免铸嘴腔内堵塞或唇前沿挂渣。

(5) 轧辊磨削粗糙度不能过大，一般在 0.7-1.0 之间即可；轧辊辊面不能出现磕碰伤；轧辊使用通过量达到规定要求，要及时换辊；轧辊及导辊辊面不能有粘铝；卷取张力不能过大；卸卷时不能松层。

(6) 熔体钛含量不能过高，钛丝加入量、加入地点和加入时温度要控制好，并且要保证均匀。

(7) 轧卷吊运过程中要做好防撞措施。

通过以上手段来控制热带、气道、裂纹、辊印、黑条、粘伤、擦划伤、磕碰伤、麻点、纵向条纹、白条等缺陷。

5 实验结果

经过铸轧生产中各个工序的严格控制，再经过冷轧和退火工序的工艺优化和控制，完全可以生产出优质的铝锰合金锅胆料。需要注意的是：在冷轧工序，需要采用大的冷轧加工率，可以使铸态组织充分破碎，使加工组织尽可能的均匀致密，从而获得更好的深冲性能。一般情况下，铸轧开坯轧制

压下率在 50%以上,总加工率在 80%以上最佳。成品厚度在 2.3mm, H 状态下各项性能如下:

合金	状态	屈服强度/MPa	平均值	抗拉强度/MPa	平均值	延伸率%	平均值	方向
铝锰合金	H	162	163.5	175	175.5	5.5	6.15	纵
		165		176		6.8		
		171	171.5	183	183	5.8	5.5	横
		172		183		5.2		
		168	169	179	180	6.3	6.25	斜
		170		181		6.2		

成品退火工艺因产品的抗拉强度和延伸率有很大的不同,作为深冲制品,一般要求 8%-12%以上的延伸率,所以退火温度在 300-350℃,退火时间 2-4 小时为宜。我公司的铝锰合金经过冷轧和均化处理,厚度为 2.3mm 的性能如下:

方向	状态	退火温度/时间	屈服强度/MPa	抗拉强度/MPa	延伸率%
纵向	0	320℃/2h	27/28	93	43.5/47.2
横向			29/27	87	48.7/45
45°			31/28	95	47.9/90.5

以上数据完全满足铝锅胆的生产要求。

6 结束语

6.1 影响铝锰合金锅胆料质量的因素很多,铸轧生产为

其源头,对最终质量和性能起决定作用,熔体质量、化学成分、晶粒度和表面质量是铸轧生产中控制的重点,是生产成功的关键因素。

6.2 冷轧和退火工序的工艺选择和严格执行也是铝锰合金锅胆料生产成功的必要条件,铸轧、冷轧、退火的工艺设定在生产前要充分论证,统筹考虑。

6.3 锅胆料产品使用铸轧铝锰合金生产时,只要工艺设置合理和关键工艺执行到位,可以获得和热轧坯料同样的外观质量和组织性能,并且成本优势明显。

[参考文献]

[1]轻金属编写组.轻金属材料加工手册(上)[M].北京:冶金工业出版社,1979:17-26.
[2]李宗耀.轻合金加工技术.1994,22(11):29-30.
[3]肖振芳,蒋勇敏,周学博.连续铸轧板带粗大晶粒的研究.铝加工技术,1991,(2):63.
[4]傅高升,康积行,陈文哲,等.铝溶体中夹杂物与气体相互作用的关系[J].中国有色金属学报,1999,9(1):51-56.

作者简介:

曾虎(1979--),男,河南新安人,汉族,本科学历,研究方向:铸轧工艺技术研究及应用。从事工作:铸轧生产。
邓涛(1981--),男,河南新安人,汉族,大专学历,研究方向:冶金。从事工作:铸轧生产。