

# 5454铝合金热挤压管加工工艺性能及耐磨性能试验研究

张传合 韩千永 田淑君  
(郑州中原铝厂, 450007)

**摘 要** 本文简介了化工用热交换器及中小型化肥厂的碳化塔水箱所采用的铝合金材料的性能要求, 进行了弯制、胀接试验, 对5454铝合金热挤压管的加工工艺性能进行了研究, 又通过喷砂试验, 对其耐磨性能进行了研究。

**关键词** 5454铝合金; 热挤压管; 加工工艺性能; 耐磨性能

**中图分类号** TG146.21

## 前言

化工和化肥生产行业所用热交换器的材料基本特性有: 导热性能好、加工工艺性能好、焊接性能好、耐蚀性能高、使用寿命长等。一般来说, 制作工艺是先对管材进行弯制加工, 然后将管口与钢制(特制)管板胀接在一起, 所以弯制和胀接加工是制作热交换器的两个关键工序。因此, 适于弯制和胀接加工工艺性能是选用材料的重要依据。

目前国内, 相当一部分中小化肥厂的碳化塔水箱(热交换器), 采用工业纯铝管、3003或6063铝合金管材制作; 化工行业的多数管式热交换器则还是采用不锈钢管。由于在生产中, 化学介质的存在, 采用不锈钢管制作的热交换器, 往往会由于发生电化学腐蚀, 而造成穿孔失效, 给生产企业造成损失。化学介质对铝制热交换器的腐蚀作用, 主要是应力腐蚀(SCC)开裂和磨蚀。铝的SCC是腐蚀和应力相互作用的结果, 应力作用在于破坏金属表面的氧化膜, 并提供活性点(阳极), 构成电偶腐蚀条件; 而化学介质中含的结晶颗粒在管道内流动时, 会造成耐磨性能不高的管材腐蚀较快。虽然工业纯铝、3003和6063铝合金热挤压管均具有良好的导热性能; 易于加工、焊接性能良好; 一般情况下, 耐磨蚀性强等特点。但均具有机械性能偏低、耐磨性能差, 在碱性溶液中耐蚀性能不够好。所以用这些材料制作的热交换器, 多数情况下, 使用寿命短, 一般在半年到1年左右。

## 1 5454管材的基本性能特点

5454(2.7Mg—0.48Mn—0.12Cr)铝合金热挤压管, 具有强度高、抗疲劳性能好, 耐蚀性和焊接性能优良等特点。它在碱性介质中的耐腐蚀性能明显高于工业纯铝, 无剥落腐蚀和应力腐蚀开裂敏感性<sup>[1]</sup>。表1给出了工业纯铝、3003、6063、5454几种合金的力学性能。从表中可以看出5454强度明显高于其它几种。为了探讨其在化工热交换器中, 特别是在中小化肥厂的碳化塔水箱上的应用, 我们对该合金管的弯制和胀接两项加工工艺性能进行了试

验研究。并对其耐磨性进行了试验研究。

表1 几种铝合金热挤压管的力学性能<sup>[2]</sup>  
(ASTMB221-88)

合 金 牌 号	状 态	力学性能 ( 不小于)				备 注 壁 厚
		抗拉强度 ( MPa)	屈服强度 ( MPa)	延伸率8%		
				标距50mm	标距5.65A	
1060	H112	60	15	25	20	≤12.5
3003	H112	95	35	25	22	
6063	T 1	115	60	12	10	
5454	H112	215	85	12	10	

2 试验方法和试验结果

目前，国内各中小型化肥生产厂家的碳化塔水箱的规格大小不尽一致，国家也没有统一的标准。但是用于碳化塔水箱的管材规格，主要有两种：25×3及32×3，其中25×3的管材使用较普遍。故本试验选取了25×3的纯铝管、6063管材和5454管材进行对比试验。

2.1 弯制试验 (绕弯)

因各化肥生产厂家的碳化塔水箱规格不尽一致，所以要求弯制的半径也不一致。但是，根据生产使用要求，碳化塔水箱所用的管材弯制后，最小中心距为70mm。即所采用的弯制半径为R35。一般地说，弯制半径愈大，材料强度愈高，弯制加工时，越不易发生拉扁变形。反之，易发生拉扁变形。

采用工业纯铝、3003或6063时，由于其强度较低，故加工中心距70mm的弯管时，要采用较大的弯制半径加工。然后，再利用锯切、焊接的办法加工成型，如图1所示。本试验选取了强度相对较高的6063与5454两种合金管材，进行对比试验。

弯制半径选取：从R35mm开始作加工试验，每10根为一组。若不合格(以碳化塔水箱图纸设计所要求的通球直径为内径的75%为合格)，弯制半径再增加5mm，作为下一个试验弯制半



图1 先弯制、后锯切、再焊接的管材

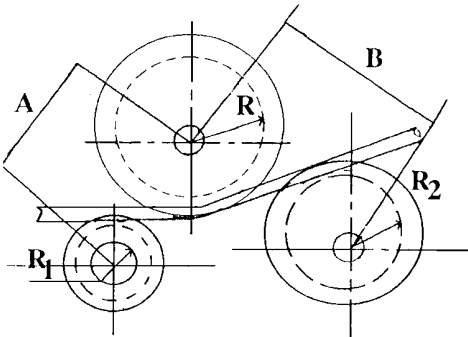


图2 试验弯管机示意图

径,依次类推。

试验设备:自制机械弯管机,如图2所示。

在进行弯制加工时,应合理搭配  $R$ 、 $R_1$ 、 $R_2$ 三个轮的半径。

设备工作基本原理:图中半径  $R$  轮为主工作轮,中心固定,可绕中心旋转。 $R_2$ 为可绕中心轴旋转的固定转轮(靠背轮), $R_1$ 固定在活动架,除可绕中心轴旋转外,还可随活动架一起绕  $R$  轮旋转。

试验结果如表2所示

表2 弯制试验结果

组别	材料	弯曲半径 Rmm	外观	通球	外缘平均 减薄量 mm	备注
1	6063	35	有皱折	—	—	
2	6063	40	基本光滑	通过	0.12	
3	5454	35	基本光滑	通过	0.12	

注:通球直径为内径的75%

从表2看出,5454铝合金管能较好地满足设计弯制半径  $R=35\text{mm}$  的要求,在加工生产中心距为 $70\text{mm}$ 的管子时,可以直接弯制成型,而不必再采用锯切,焊接的办法。如图3所示

2.2 胀接试验

胀接试验主要是为了考核管材,在胀接时是否容易产生裂纹。胀接工艺分成雷管爆破胀接和机械胀接两个试验项目,采用管板[Q<sup>235</sup>-A]厚度为 $40\text{mm}$ ,管孔直径  $25.6\pm 0.1$ 。分成两组,一组圆孔管板、一组圆孔带槽管板。如图4所示。

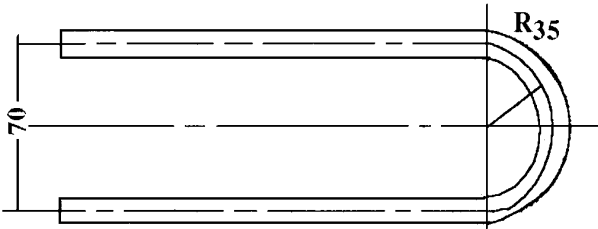


图3 5454管材  $R=35\text{mm}$  直接弯制示意图

每一组有两个试件,胀按后分别以管程和壳程试验,试验压力为设计压力的3倍以上。采用2.5MPa,试压采用液体介质,达到压力后保压时间不少于30分钟,观察有无渗漏现象,试验情况分别于表3、表4所示。

表3 雷管爆破胀接试验记录

组别	试件号	材料	管孔结构	试压方式	试验压力 (MPa)	结果
第一组	1	5454	无槽	管程	2.5	无渗漏
	2	5454	无槽	壳程	2.5	无渗漏
第二组	3	5454	有槽	管程	2.5	无渗漏
	4	5454	有槽	壳程	2.5	无渗漏

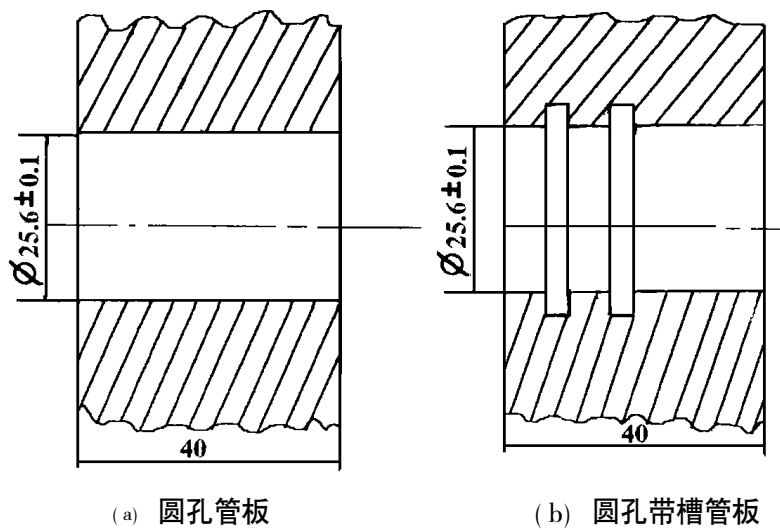


图4 管板管孔示意图

表4 机械胀接试验记录

组别	试件号	材料	管孔结构	试压方式	试验压力 (MPa)	结果
第一组	5	5454	无槽	管程	2.5	无渗漏
	6	5454	无槽	壳程	2.5	无渗漏
第二组	7	5454	有槽	管程	2.5	无渗漏
	8	5454	有槽	壳程	2.5	无渗漏

从表3、表4可以看出，无论是用雷管爆破胀接，还是机械胀接，5454合金管都能较好地满足胀接工艺要求。

2.3 机械磨损试验

机械磨损试验主要是为了测定5454合金的耐磨蚀性能,进而能对其耐磨性能作出评价。本试验选取了工业纯铝、6063和5454三种不同材料的管子进行了对比试验。试验按不同材料分三组进行。试验时,试件离打砂喷枪250mm,使用压力为0.4MPa,砂粒为2~4mm 的有棱角石英砂,喷射时间为1分钟。喷射前后用游标卡尺测量喷射处管子的外径,以说明三种管子耐机械磨损的程度。试验情况见表5。

表5 三种管材耐机械磨损情况统计

试件号	材料	试验前直径 (mm)	试验后直径 (mm)	磨损量 (mm)
1	1060 (L <sub>2</sub> )	24.85	24.69	0.16
2	6063	25	25	不明显
3	5454	25	25	不明显

以上情况说明，5454铝合金热挤压管耐机械磨损情况较好。

3 分析

3.1关于5454管的弯制

制作化工热换热器或碳化塔水箱的管材，要求其弯制后，表面光滑，不产生裂纹。并控制一定的拉扁量（椭圆度）。影响以上问题的因素主要有以下几个方面<sup>[3]</sup>：

- a 弯曲半径
- b 弯管模的槽孔尺寸
- c 靠背轮 R<sub>2</sub>的大小（或 B 的大小）
- d 管径
- e 管子的机械性能（强度、延伸率）

而当 a 至 d 几种因素相对固定时，从表1、表2可以看出，弯制半径为 R35mm 时，5454管能够满足弯制要求。主要原因是由于5454管强度较高，而且延伸率亦能满足要求。而6063管由于强度较低，则需加大弯曲半径后才行。

3.2 关于5454管的胀接

从表3、表4、无论是圆孔管板管孔，还是带槽管板管孔，采用机械胀接以及雷管爆破胀接，胀接后都能满足压力试验要求。主要原因是由于5454管有着较高的延伸率，能满足胀接时，管材外径增大的需要，根据计算 25×3的5454管外径至少可胀接到29.5mm（具体计算从略）。

3.3 关于5454管的耐磨性

影响耐磨性的主要因素是材料的硬度（或者说是强度），从表5可以看出，5454合金管的耐磨性能要比1060（L<sub>2</sub>纯铝）的高得多，主要原因也是由于其强度较高的缘故。

4 生产实践

我厂自90年开始生产5454铝合金热挤压管，并部分代用户进行弯制和胀接加工，经生产实践证明，该合金管具有较好的加工性能。产品经部分化工和化肥生产企业使用，其使用寿命可达2~4年以上。大大降低了化工和化肥生产企业的停工检修次数和生产成本。企业的经济效益和社会效益显著

5 结论

- (1) . 制作化工用热换热器或碳化塔水箱的材料，要求其具有较好的耐磨蚀及加工工艺性能，才能保证延长，使用寿命和便于加工制作。
- (2) . 5454铝合金热挤压管与制作热交换器的其它铝合金材料相比，具有强度高，耐蚀性好，延伸率相对较高的优点。
- (3) . 经试验 25×3的5454铝合金热挤压管，可直接弯制成 R35的半圆。具有很好的弯制性能，故在生产中心距70mm 的弯管时，不必采用锯切后对焊的办法，从而提高了工效。
- (4) . 5454铝合金管具有很好的胀接性能
- (5) . 实践证明，5454铝合金管具有强度高，抗疲劳性能好，适于弯制和胀接，耐蚀性和焊接性能优良等点。经部分化工企业及化肥生产厂家使用，其使用寿命可达2~4年以上。是制

作化工热交换器及碳化塔水箱的理想材料。  
(6)·企业的经济效益和社会效益较好。

参 考 文 献

1 唐宝忠, 孙国强. 化工热交换器用铝合金管. 轻合金加工技术, 1994. NO3  
2 李震夏等. 世界有色金属材料成份性能手册. 冶金工业出版社  
3 梁炳文等. 板金冲压工艺手册. 国防工业出版社

Test Study on the Wear-resisting Properties and the  
Processing Industrial Art Performances of 5454  
Metallurgy of Aluminium Hot-extruded Tube

Zhang Chuanhe Han Qianyong Tian Shujun  
(ZhongYuan Aluminium Plant of ZhengZhou, 450007)

**Abstract** The thesis briefly introduces the performance requirements of aluminium materials used by the chemical heat-exchange devices and the water tank of the carbide tower in the small chemical fertilizer plants. The authors study the proeess industrial art performance of 5454 metallurgy of alum inium by bending tests and expanding tests. The authors give a key in the essay about the wear-resisting property by sand-blasting tests.

**Keywords** 5454metallurgy of aluminium; hot-extruded tube; process industrial art performance; wear-resisting property