

5052H32 状态铝合金板带生产工艺探析

李 伟

(西南铝业(集团)有限责任公司 压延厂, 重庆 九龙坡 401326)

摘要: 对 5052H32 状态铝合金板带不同生产工艺进行了探析, 针对不同的装备、产品厚度、表面质量性能要求, 可利用最佳的工艺生产 5052H32 状态板带, 满足用户要求。

关键词: 5052H32; 生产工艺(方案); 板带材; 性能; 表面质量; 稳定化热处理; 退火

中图分类号: TG146.2¹, TG146.2², TG335.12 **文献标识码:** A **文章编号:** 1005-4898(2009)02-0012-04

5052 具有中等强度, 是一种有良好的成形加工性又很好的耐蚀性及表面处理性能的铝合金, 是 5xxx 系中最典型的合金。在国内外, 5052H32 状态铝合金板带材广泛应用于石油化工行业、建筑行业、交通运输行业及电子电器行业。随着这些行业的迅猛发展和大量采用新技术, 对 5052H32 板带材的综合性能、板型、表面质量等方面提出了更高的要求。如何以质量最好、性能最稳定、能耗最低、效率最高的最优生产工艺生产出满足市场用户使用需要的板带材是各生产厂家一直努力的方向。

1 工艺方案

5052H32 状态中 H 后面的第 1 位数 3 表示的是通过加工硬化后经低温热处理或由于加工过程中的受热作用致使其力学性能达到稳定状态; H 后面第 2 位数字表示其经 H3 方式后最终成品的力学性能要达到的值, 即加工硬化程度处于抗强度极限为 O 与 Hx4 状态的中间值。H3 状态仅适用在室温下逐渐时效软化(除非经稳定化处理)的合金。5052H32 状态产品厚度范围在 0.2~40mm。根据不同的标准其性能指标厚度范围略有差异。但目前用途最广的厚度集中在 0.2~6.35mm, 即薄板范围。在 5052 厚板产品中较少使用 H32 状态。为满足 5052H32 状态产品的质量及力学性能, 在 5052H32 铝合金板带材生产工艺中一般采用以下几种工艺

方案进行生产。

(1) 方案 1: 热轧前铸锭准备→热轧轧至成品厚度→精整→包装。

(2) 方案 2: 热轧前铸锭准备→热轧留适当冷变形的毛料→预先全退火→冷轧→精整→稳定化处理→包装。

(3) 方案 3: 热轧前铸锭准备→热轧轧成毛料→冷轧轧成成品→精整(剪切、清洗或拉矫)→成品退火→精整→包装。

(4) 方案 4: 热轧前铸锭准备→热轧轧成毛料→一次冷轧→精整(清洗或拉矫)→中间全退火→二次冷轧至成品→精整→稳定化处理→包装。

(5) 方案 5: 热轧前铸锭准备→热轧轧成毛料→预先全退火→冷轧轧成成品→精整(剪切、清洗或拉矫)→成品退火→精整→包装。

(6) 方案 6: 热轧前铸锭准备→热轧轧成毛料→预先全退火→一次冷轧→精整(清洗或拉矫)→中间全退火→二次冷轧至成品→精整→稳定化处理→包装。

2 工艺方案的实施

2.1 热轧前铸锭准备

各生产厂家对热轧前铸锭的准备基本相同, 要求化学成份符合 GB/T3190 规定, 对 Fe、Cu、Cr、Mg 等成份加以控制, 铸锭晶粒度为 1 级, 低倍组织合格, 含氢量 $\leq 0.14\text{mL}/100\text{gAl}$; 每面铣面

作者简介: 李伟(1971~), 重庆璧山人, 1997 年重庆大学毕业, 金属压力加工专业, 工艺、质量工程师。
收稿日期: 2008-12-18

7~15mm, 表面无缺陷; 加热到 480~500℃, 以备热轧, 针对不同厚度及产品用途个别厂家略有差异。

2.2 工艺方案 1 的实施

工艺方案 1 是利用热轧加工后的余热消除残余应力和部分加工硬化, 使其性能达到 H32 状态。在热轧生产线将 5052 铸锭直接轧成成品厚度, 使其终轧温度稳定严格控制在某一范围。经笔者多次实验和大生产验证, 在热轧轧制制度稳定的情况下, 热终轧温度严格稳定控制在 260~280℃能满足产品性能质量要求。目前热轧终轧厚度最薄为 2.0mm 左右, 为便于精确控制厚度、温度和表面质量, 可在厚度 >2.5~7.0mm 的板带材采用此方案生产。这一方案工序最短, 工艺流程最简单, 能耗最低, 但要求热轧装备、热轧轧制技术及润滑条件很高。

2.3 工艺方案 2 的实施

方案 2 采用的是先热轧轧成留有适当冷变形量的 H112 或 F 状态的毛料, 经预先全退火为 O 状态, 再冷轧轧成成品, 最后经过低温稳定化热处理达到 H32 状态。这一方案实施的关键点是热轧毛料冷变形量的多少影响着稳定化热处理制度, 各种冷加工率下 5052H32 铝合金热处理制度见下表一。冷加工率小, 材料内部畸变小, 再结晶温度较高, 预先退火温度一般采用 340~390℃, 保温 2~4h。对热轧毛料厚度精度、表面质量控制要求较高。如果热轧毛料表面有缺陷, 冷轧变形量小, 不易消除其缺陷; 厚度波动大会影响稳定化热处理温度和保温时间。不同冷加工率对性能的影响如图 1, 由图 1 可看出, 5052 合金冷轧板带的强度随着冷变形程度的增加而升高, 延伸率随着冷变形程度增加而下降。经冷轧冷变形程度为 50% 的 5052 合金热处理曲线如图 2 示。从图 2 可知道, 同一冷变形程度的板带, 随着稳定化退火温度升高, 其抗拉强度、屈服强度逐渐降低, 延伸率逐渐升高, 这种变化趋势随着冷加工率的加大更加明显。这是由于随着退火温度的升高, 板带材内部发生了回复和再结晶。稳定化温度在 100~200℃时, 抗拉强度和延伸率变化平缓, 屈服强度变化较快, 此阶段组织处于恢复状态, 即冷加工带来的空位、位错等借助于热能在逐渐恢复、消失。

2.4 工艺方案 3 的实施

方案 3 是将热轧轧成毛料经冷轧轧成成品, 再进行成品退火。这一工艺对热轧毛料厚度精度表面质量要求不是十分高, 对热轧装备要求不高, 控制较容易, 冷轧变形量较大, 一般大于 50%。成品热处理温度较高, 由图 2 表明, 在力学性能满足要求的成品退火温度范围较窄, 退火温度一般在 250~270℃/2h 之间, 其实质为 H22 状态。5052 合金板材具有良好的塑性, 达到 70% 的冷变形也只有轻微的裂边。生产 (1.0mm 厚的合金板材可以不进行中间退火。对于厚度小于 4.0 以下的板带材较适用, 也是目前大多数厂家最常用的生产工艺。

2.5 工艺方案 4 的实施

方案 4 是将热轧毛料一次冷轧成留有 10%~20% 的冷变形量毛料在 320~360℃, 3~5h 中间全退火后, 经二次冷轧成成品, 再低温稳定热处理达 H32 状态。这种方法对热轧厚度、表面质量、热轧装备要求不高, 冷轧控制表面和厚度精度, 增加了中间全退火工序, 工序较长, 周期较长, 对热轧及退火装备不太高。

2.6 工艺方案 5 的实施

对热轧坯料在冷轧前进行 (340~390℃, 保温 2~4h) 预先全退火, 以消除热轧坯料残存的内应力, 减小了由于热轧终轧温度、热轧速度、冷却量不同造成的坯料性能差异, 使热轧毛料性能稳定。退火后组织均匀, 抗拉强度降低, 延伸率提高, 从而减小了冷轧轧制力, 易于控制板型, 冷轧板型较好, 力学性能均匀。此工艺方案在终轧温度、轧制速度、压下量等轧制制度不稳定的热轧能力较小使热轧毛料较厚而冷轧能力较大的铝加工厂较常采用, 如二辊热轧机、单机架单 (或双) 卷取热轧机等轧制厂。成品退火是 H22 状态的热处理制度。

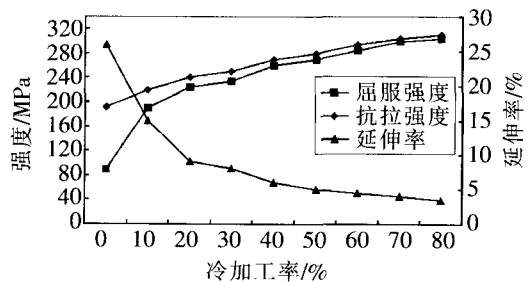


图 1 冷加工率对性能的关系

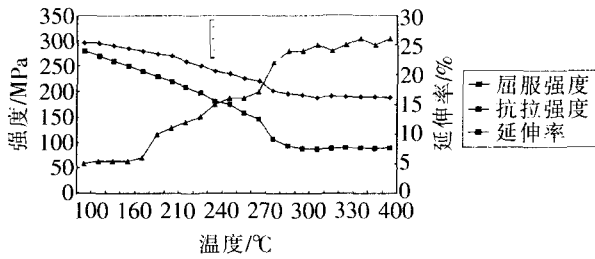


图2 5052合金热处理曲线(冷变形程度为50%)

2.7 工艺方案6的实施

方案6是在热轧毛料预先全退火，经一次冷轧轧成留有10%~20%冷变形量的冷轧毛料，通过精整，再中间全退火为O状态，最后经低温稳定化热处理。热轧毛料预先全退火，解决了热轧毛料较厚而冷轧能力都较小时冷轧过程中的穿带困难，易松卷，擦伤等问题。一次冷轧后中间退火进一步改善了材料内部组织结构，晶粒更加细小均匀，同时，经过坯料退火及中间退火两次再结晶，使材料的织构得到了改善，有利于深冲和折弯。在产品厚度较薄或热轧和冷轧能力都较小的情况下采用此工艺。

3 不同生产工艺的结果及比较

3.1 性能

由上表可知，以上几种生产工艺方案生产的

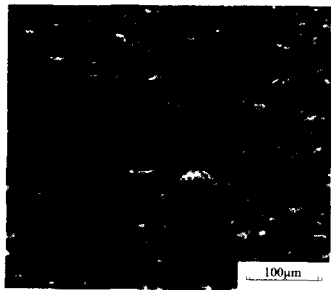
表1 几种生产工艺方案的产品性能

工艺方案	σ_s /MPa	$\sigma_{0.2}$ /MPa	δ /%	$\sigma_{0.2}/\sigma_s$	硬度 HBW	90°折弯裂纹	控制难易
方案1	225	170	20	0.76	63	无裂纹(弯曲面光滑)	较难
方案2	220	160	15	0.73	62	无裂纹(弯曲面光滑)	一般
方案3	230	156	19	0.68	65	轻微变形纹	易
方案4	220	160	17	0.73	62	无裂纹(弯曲面光滑)	易
方案5	225	158	14	0.70	64	无裂纹(弯曲面光滑)	易
方案6	228	165	18	0.72	62	无裂纹(弯曲面光滑)	易
国外某公司料	220	170	13	0.77	62	无裂纹(弯曲面光滑)	易
国标(GB/T3880-1997)	215~265	≥ 160	≥ 7				
欧标EN485-2	210~260	≥ 130	\geq 根据厚度不同为5、6、7、10、12		61		

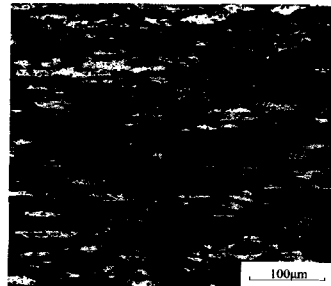
产品性能指标都符合国标和欧洲标准。

3.2 组织

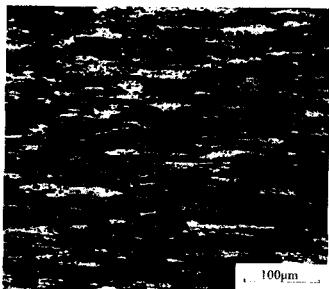
各种生产方案的偏光组织如图3所示。



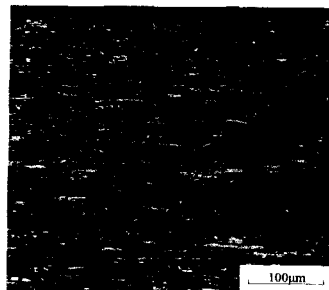
(1) 方案1



(2) 方案2、4、6



(3) 方案3、5



(4) 方案3、5(经气垫炉H22状态退火)

图3 不同工艺方案的金相组织

图 3(1)金相组织检查表明工艺生产方案 1 生产的产品是大部份动态再结晶、静态再结晶组织与少量纤维组织共存,是热加工组织,故有较低的强度和较高的塑性。

图 3(2)显微组织显示 100~200℃范围低温稳定化热处理,其板带组织仍是小冷变形量的加工组织。板带材退火处于回复阶段,内部组织仅发生多边化、亚晶合并、位错和第一类残余应力消除过程,因而抗拉强度和延伸率性能较平稳,屈服下降稍快。

图 3(3)、(4)显微组织表明金属已经大部份再结晶,并与纤维状的加工组织共存。

3.3 成品表面质量及板型

对采用不同生产工艺生产的 5052H32 板带成品表面质量及板型对比见下表 2。

表 2 不同工艺生产成品的表面质量

工艺方案	板型情况	油斑	表面清洁度	表面质量	表面控制难易
1	较好	无	优	较好	难
2	较好	无	良	较好	较难
3	良好	较少	稍差	良好	易
4	良好	无	良	良好	易
5	良好	较少	稍差	良好	易
6	良好	无	良	良好	易

由以上可见,上述几种工艺生产的 5052H32 状态板带材其综合力学性能、尺寸公差、板型、表面质量、表面清洁度都各有所不同,能分别满足不同标准要求。其控制难度在生产过程中存在

着大的差异,工艺生产方案 1 工艺最简单、能耗最低,但控制难度最大,轧制技术要求最高;工艺生产方案 2 比方案 1 多 2~3 个工序,控制难度有所降低;工艺生产方案 3 比 2 简单,控制难度更低,生产的稳定性最好;工艺生产方案 4、5、6 生产工序较多,能耗较高,生产周期长,但控制难度低,综合性能特别是深冲性能折弯性能优于前 3 种;而严格按照 H32 状态的定义,5052H32 状态铝合金板带材工艺生产方案应为工艺生产方案 1、2、4、6。

4 结论

在不同的生产厂家利用自身不同的装备,针对不同的产品厚度不同的表面质量性能要求,可利用最佳的工艺生产 5052H32 状态板带,使其性能良好稳定,各项质量指标达到用户要求。

参考文献

- [1] 王祝堂,田荣璋主编.铝合金及加工手册[M].长沙:中南工业大学出版社,1989
- [2] 侯绎,徐涛.等离子电视用 5052-H22 铝合金 LED 背板的研制[J].轻合金加工技术,2008(1):45
- [3] 解正业,李仕雄. 5052H32 板材生产工艺研究[J].有色金属加工,2005(1):25
- [4] 高鑫,韩颖,马英义,陈玉华. 5052 铝合金大生产工艺研究[J].轻合金加工技术,2008(3):27
- [5] 中国有色金属工业总公司标准计量研究所.变形铝及铝合金状态代号 GB/T16475-1996

On 5052H32 Aluminum Alloy Sheet and Strip Production Process

LI Wei

(Southwest Aluminum (Group) Co., Ltd., Chongqing 401326, China)

Abstract: Various production processes of 5052H32 aluminum alloy sheet and strip were discussed in view of various equipment, product thickness, surface quality and property. Optimum process can be used to produce 5052H32 sheet and strip to meet the requirements of users.

Keywords: 5052H32; process; sheet and strip; property; surface quality; stablization heat treatment; annealing