

文章编号: 1003-7837(2000)01-0059-04

QSn₄₋₃/A₃ 热轧复合工艺的研究

周德敬

(广州有色金属研究院材料表面工程技术研究开发中心, 广东 广州 510651)

摘要: 研究了锡青铜(QSn₄₋₃)与 A₃ 钢复合板热轧复合的工艺, 确定了其最佳工艺参数. QSn₄₋₃ 的原始厚度为 4mm, A₃ 钢厚度为 6mm 时, QSn₄₋₃ 与 A₃ 钢热轧复合较适宜的温度为 800~850℃; 复合所需的最小变形率为 60%.

关键词: 锡青铜; A₃ 钢; 热轧; 包覆轧制; 剪切强度

中图分类号: TG335.85 **文献标识码:** A

热轧复合是生产双金属复合板最常见的方法之一. 在轧机的压力作用下, 两种不同的金属在压力和温度的作用下, 在界面上形成一个整体. 与其他生产方法比较, 热轧复合具有工艺简单、成材率高的特点, 生产出来的复合板结合强度高, 性能稳定, 一致性好. 该方法可用于力学性能、物理性能相差较大的两种金属的复合. 锡青铜(QSn₄₋₃)具有良好的弹性、耐磨性和抗腐蚀性, 但强度低, 价格高. QSn₄₋₃/A₃ 钢复合板既发挥了锡青铜的耐磨性和钢的高强度性能, 又可以降低原材料的成本, 是一种理想的轴套材料. 本文对 QSn₄₋₃/A₃ 钢的热轧复合工艺进行了研究.

1 试验材料和设备

1.1 试验材料

锡青铜(QSn₄₋₃), A₃ 钢.

1.2 试验设备

加热炉: 15 kW 电炉, 氢气保护.

轧机: 350 mm×450 mm 两辊轧机, 功率 95 kW, 轧制速度 0.232m/s.

测试设备: 在 WE-10 万能材料试验机上测试试样的结合强度.

2 试验结果及分析讨论

2.1 轧制温度对结合强度的影响

为确定合理的热轧温度,将一组 QSn_{4-3} 的原始厚度为 4 mm, A_3 钢层厚度为 6 mm 的样品分别加热到 700℃, 750℃, 800℃, 850℃, 900℃ 五个温度,并保温 30min, 然后进行轧制复合. 结果列于表 1.

表 1 热轧温度与结合强度的关系

Table 1 Relationship between hot rolling temperature and bond strength

样品	热轧温度/℃	压下率/%	剪切强度/MPa
1	700	70	42.9
2	750	70	51.7
3	800	70	62.8
4	850	70	63.4
5	900	(QSn ₄₋₃ 过烧)	

由表 1 可知,复合板的结合强度随轧制温度的升高而增大. 根据异种金属结合的能量学说^[1],两种金属的原子间达到相互吸引,必须克服一定的能垒. 当 QSn_{4-3} 与 A_3 钢表面相互接触并挤压时,由于能量起伏等原因,首先在高能区突破能垒而形成金属键,产生复合结点,实现微区结合. 若界面温度高,结合面原子动能大,则有更多的复合结点形成. 另一方面,根据文献[2]可知, QSn_{4-3} 和 A_3 钢在 800~850℃ 之内,二者的机械性能比较接近,若低于此温度区间,两组元层金属性能相差较大,二者的变形将很不均匀,大部分轧制能将消耗于软层的变形上,硬层的新生平面少,不利于二者的复合,表现为低的结合强度. 随温度升高, QSn_{4-3} 和 A_3 钢的塑性越好,因而轧制时, QSn_{4-3} 和 A_3 钢的延展性越好;界面上被碾碎的氧化膜越弥散;绽露出新鲜的金属表面就越多. 因此,在一定的温度范围内,温度升高有利于 QSn_{4-3} 和 A_3 钢的复合. 但当温度升高到 900℃, QSn_{4-3} 过烧. 这是因为温度过高, QSn_{4-3} 晶粒之间的偏析夹杂所组成的晶间薄膜发生氧化或部分熔化,使晶粒与晶粒之间的联结变得很弱,在轧制时,承受不住变形而发生破裂. 综上所述,复合前将 QSn_{4-3} 和 A_3 钢加热到 800~850℃ 为宜,保温 30 min.

为防止加热过程中组元层金属氧化而破坏结合面,加热时,必须向加热炉中通入还原性气体 H_2 进行有效的保护.

2.2 热轧压下率的确定

经表面清理及加热的组元层金属暴露在空气中,表面氧化层会立即迅速增厚,对组元层结合面的复合极为不利. 为了破碎结合面上的氧化层,提高新生面率,必须采用大压下率方可实现复合. QSn_{4-3} 和 A_3 钢轧制前预热温度为 800℃,在不同压下率一道次压下复合时,各组元层的变形率和复合板强度的关系列于表 2. 表 2 中 d_s, d_c 分别表示 A_3 钢和 QSn_{4-3} 板轧制后的厚度; ϵ_s, ϵ_c 分别表示 A_3 钢和 QSn_{4-3} 的压下率, ϵ 为复合板的总压下率; $\Delta\epsilon$ 为 A_3 钢和 QSn_{4-3} 的压下率之差; τ 为复合板的剪切强度. QSn_{4-3} 和 A_3 钢的原始厚度分别为 4 mm 和 6 mm. 从表 2 可看出,当压下率达到一定程度(60%)后,两组元层开始形成复合,而且,随着压下率的增加,复合板的结合强度增大. 轧制复合时,金属表面产生的脆性氧化膜在轧制力的作用下发生破碎,组元层新鲜的金属相互接触,在压力和温度的同时作用下,层间粘度提高,界面上的原子突破结合能垒,形成复合结点. 当压下率较小时,分布于 QSn_{4-3} 和 A_3 钢界面处的作用力较小,氧化膜没有充分破碎,层间新鲜的金属表面积比例小,形成的复合结点少,表现为复合板的结合

强度低,甚至根本没有复合上.随着压下率的增加,结合面上的氧化层得到充分破碎,绽露出更多的新鲜金属表面,形成的复合结点多,使两组元层的新鲜的金属表面紧密地结合在一起,因而复合板的结合强度增大.

表 2 在不同压下率下 QSn₄₋₃和 A₃ 热轧复合的结果
Table 2 Results of hot-roll cladding under different reduction ratios

试样	d_s/mm	d_c/mm	$\epsilon_s/\%$	$\epsilon_c/\%$	$\epsilon/\%$	$\Delta\epsilon/\%$	τ/MPa
1	3.02	1.98	49.6	50.6	50	1.0	no ¹⁾
2	2.54	1.86	50.9	53.6	56	2.7	no
3	2.47	1.53	58.8	61.8	60	3.0	31.37
4	2.12	1.28	64.8	67.9	66	3.1	42.90
5	1.88	1.12	68.8	72.8	70	3.0	48.20
6	1.58	0.92	73.7	76.9	75	3.2	68.65
7	1.40	0.80	76.6	80.0	78	3.4	72.14

注:1) no 表示未合上

热轧复合时,QSn₄₋₃和 A₃ 钢的压下率之差 $\Delta\epsilon$ 与总压下率的关系示于图 1.从图中可以看出,开始时 $\Delta\epsilon$ 随 ϵ 的增大而增大;当 $\Delta\epsilon$ 增大到一定程度时,基本保持不变,即当压下率超过某一临界值时, $\Delta\epsilon$ 为一常数.这是因为,在压下率较小时,QSn₄₋₃和 A₃ 钢尚未复合上,由于二者的塑性变形不一样,结合面之间存在着相对滑动,QSn₄₋₃的变形大,A₃ 钢的变形小,所以 $\Delta\epsilon$ 随着 ϵ 的增加而增加.当 $\Delta\epsilon$ 增大到一定值时,QSn₄₋₃和 A₃ 钢实现了结合,这时二者作为一个整体进行变形,此时 $\Delta\epsilon$ 近似为一常数.所以当 ϵ 超过某一临界值时,两组元层实现了复合,此临界值即是在此工艺条件下实现 QSn₄₋₃和 A₃ 钢复合所需的最小变形率.

综合表 2 和图 1 分析,QSn₄₋₃和 A₃ 钢板的厚分别为 4 mm,6 mm,在轧制温度 800℃的工艺条件下,实现复合所需的最小变形率为 60%.

3 结 论

- (1). QSn₄₋₃和 A₃ 钢原始厚度分别为 4 mm,6 mm 时,适宜的热轧复合温度为 800~850℃.
- (2)随着压下率的增加,复合板的结合强度增大. QSn₄₋₃和 A₃ 钢形成良好复合所需的最小变形率为 60%.

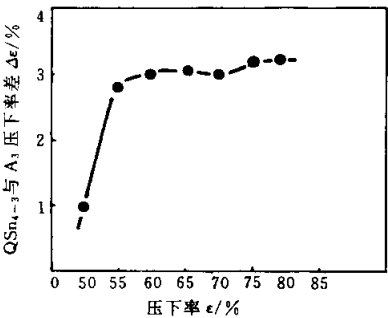


图 1 两组元层变形率之差与压下率的关系
Fig. 1 Relationship between total reduction ratio and the difference between reduction ratios of two materials(QSn₄₋₃/A₃)

参考文献：

[1] H Φ 卡扎柯夫著. 何康生译. 材料的扩散焊接[M]. 北京:国防工业出版社,1982. 51—68.
[2] 林治平. 金属与合金的塑性变形抗力[M]. 北京:机械工业出版社,1984. 371.

Study on the technology of hot-roll cladding QSn₄₋₃/A₃ sheet

ZHOU De-jing

*(Research & Development Center for Materials & Surface Engineering Technique under
Guangzhou Research Institute of Non-Ferrous Metals, Guangzhou 510651, China)*

Abstract: The technology of hot-roll cladding QSn₄₋₃/A₃ sheet was studied and its optimal technical parameters were determined. When the primary thickness of QSn₄₋₃ alloy is 4 mm, that of A₃ steel 6 mm, the appropriate temperature range for hot-roll cladding QSn₄₋₃ and A₃ steel is 800~850℃; and the required minimum reduction ratio is 60%.

Key words: tin bronzes; A₃ steel; hot rolling; sandwich rolling; shear strength