

去应力退火处理对 301 不锈钢 0.12 mm 冷轧带钢力学性能的影响

秦红霞

(安泰科技股份有限公司北京空港新材分公司,北京 101318)

摘要 通过连续去应力退火炉将 1.2 mm 热轧带钢冷轧成 0.12 mm SUS301 不锈钢冷轧带钢(成分:0.13C, 0.35Si, 1.63Mn, 0.033P, 0.002S, 16.54Cr, 6.27Ni, 0.051N)在单位张力 20 MPa 下进行 250~400 °C、退火速度 8.0~15.0 m/min 的去应力退火对该钢力学性能影响。试验结果表明,去应力退火前 301 钢 0.12 mm 冷轧带钢的 HV 值、抗拉、屈服强度和伸长率分别为 498, 1 623 MPa, 1 498 MPa 和 6.9%;随退火温度升高,301 钢冷轧带钢的强度和硬度增加,同时伸长率下降,在给定的温度下,随退火速度的增加该冷轧带钢的伸长率增加。在 400 °C 8.0~12.5 m/min 退火时,因产生马氏体相和位错的攀移,冷轧带钢的 HV 硬度值 ≥ 525 , 抗拉强度和屈服强度分别为 1 771.7~1 790.0 MPa 和 1 566.7~1 623.3 MPa。

关键词 301 不锈钢 冷轧带钢 去应力 退火 力学性能

Effect of Stress-Relieving Annealing Treatment on Mechanical Properties of 0.12 mm Cold-Rolled Strip of Stainless Steel 301

Qin Hongxia

(Beijing Airport Advanced Materials Industrial Base, AT&M, Beijing 101318)

Abstract A test for the effect of stress-relieving annealing with unit stress 20 MPa and annealing speed 8.0~15.0 m/min at 250~400 °C on mechanical properties of 0.12 mm strip cold-rolled from 1.2 mm hot-rolled plate of stainless steel SUS301 (成分:0.13C, 0.35Si, 1.63Mn, 0.033P, 0.002S, 16.54Cr, 6.27Ni, 0.051N) has been carried out by continuous stress-relieving annealing furnace. Results show that before stress-relieving treatment the HV value, tensile, yield strength and elongation of 0.12 mm cold-rolled strip of steel 301 are respectively 498, 1 623 MPa, 1 498 MPa and 6.9%; with raising annealing temperature, the strength and hardness of cold-rolled sheet of steel 301 increase while the elongation of steel decreases; at definite temperature with increasing annealing rate, the elongation of cold-rolled sheet of steel increases. As annealing at 400 °C with 8.0~12.5 m/min, owing to formation of martensite phase and dislocation migration the hardness HV value of cold-rolled sheet is up to ≥ 525 , and the tensile and yield strength are respectively 1 771.7~1 790.0 MPa and 1 566.7~1 623.3 MPa.

Material Index Stainless Steel 301, Cold-Rolled Sheet, Stress-Relieving, Annealing, Mechanical Properties

不锈钢^[1]的压力容器、各种冲压件等需要进行去应力退火处理,否则在压力加工、铸造、焊接、热处理、切削加工和其他工艺过程中,可能产生内应力。这些残余应力将导致工件破裂、变形或尺寸变化,以及晶间腐蚀破裂。去应力退火又叫张力退火,它是一定张力作用下进行连续热处理,是温度、时间和张力相配合的热处理方法^[2,4]。

1 实验材料以及方法

实验材料为 1.2 mm 厚度,270 mm 宽度的 SUS301 不锈钢热轧带钢,主要化学成分见表 1。

将 1.2 mm 厚度的热轧带钢进行冷轧^[5],冷轧分 3 个轧程,即 1.2 mm→0.52 mm→0.252 mm→0.12 mm,成品带钢轧制完成后,进行脱脂去油处

理,然后取 9 块长度为 2 m 左右的带钢试样,在连续去应力退火炉中退火(表 2),连续退火炉炉体长为 6 m,分 6 个加热区,在每个加热区的顶部配备一个悬垂的热电偶进行温度测量,采用电阻带进行加热。

用 GBT 228-2002 金属材料室温拉伸试验方法,测量拉伸强度按照 GB/T4340.1-2009 金属材料维氏硬度试验方法测量钢板表面维氏硬度,得到不同退火条件下的力学性能。

退火后的试样(图 1)中 1#和 2#为横向(与轧制方向垂直)样品,3#~6#为轧制方向的样(以带钢的中心线为基准,向两边取样),试样的制备按照 GBT

表 1 试验 301 钢的化学成分/%
Table 1 Analysis of test steel 301 /%

C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	N
0.13	0.35	1.63	0.033	0.002	16.54	6.27	0.051

表 2 去应力退火实验方案

Table 2 Stress-relieving annealing experimental scheme

250 °C		300 °C		400 °C	
速度/ (m·min ⁻¹)	单位张力/ MPa	速度/ (m·min ⁻¹)	单位张力/ MPa	速度/ (m·min ⁻¹)	单位张力/ MPa
8.0	20	8.0	20	8.0	20
12.5	20	12.5	20	12.5	20
15.0	20	15.0	20	15.0	20

228-2002 金属材料室温拉伸试验方法,采用线切割机切成长度为 210 mm,宽度为 12.5 mm 的带钢切头的标准试样。热处理前同样按照图 1 的方法进行取样,测得带钢的平均硬度 HV 为 498,屈服强度为 1498 MPa,抗拉强度为 1623 MPa,伸长率为 6.9%。

2 实验结果和分析

2.1 去应力退火对 301 钢 0.12 mm 冷轧带钢硬度的影响

在不同退火工艺下,分别取 3#~6# 试样中的硬度样,进行硬度测试,然后求平均值(表 3),从表 3 中可以看出,在相同的退火温度和张力下,退火速度越慢,带钢的硬度越高,在相同的退火速度和张力下,随着退火温度的升高,带钢的硬度增加。导致带钢硬度增加的原因是在去应力退火的过程中,尤其是 400 °C,8.0 m/min 和 12.5 m/min 进行退火时,因部分马氏体形成,以及材料内部的位错密度的攀移,导致带钢的硬度比较高, HV 值达到了 525 以上。

由图 2 可知,301 钢 0.12 mm 冷轧带钢在不同退火温度和速度下的硬度值变化。在相同的张力和退火速度下,随着退火温度升高,冷轧带钢的硬度值增大;在相同张力和退火温度下,随退火速度提高,冷轧带钢的硬度值减小。

2.2 去应力退火对 301 钢 0.12 mm 冷轧带钢力学性能的影响

(1) 拉伸强度。由表 4 和图 3(a) 可以看出,在相同的张力以及相同的退火速度下,随着退火温度越高,冷轧带钢的抗拉强度增大。在相同的张力以

表 3 去应力退火温度和速度对 301 钢冷轧带钢 HV 硬度值的影响
Table 3 Effect of stress-relieving annealing temperature and speed on HV hardness value of cold-rolled sheet of steel 301

序号	400 °C 退火			300 °C 退火			250 °C 退火		
	速度/(m·min ⁻¹)			速度/(m·min ⁻¹)			速度/(m·min ⁻¹)		
	8.0	12.5	15.0	8.0	12.5	15.0	8.0	12.5	15.0
1#	526.0	521.8	510.2	516.5	517.4	502.4	515.7	503.0	489.0
2#	531.9	530.1	516.6	516.2	512.4	497.0	506.7	494.7	497.1
3#	529.4	526.1	513.2	521.2	506.7	504.5	507.5	496.2	490.8
4#	525.4	525.0	514.0	517.0	510.2	498.0	506.4	499.0	491.0
5#	530.1	524.5	512.3	519.2	513.6	503.0	505.0	501.0	490.0
6#	527.0	523.0	513.0	518.0	514.0	501.5	509.0	502.8	488.0
平均值	528.3	525.1	513.2	518.0	512.4	501.1	508.4	499.5	491.0

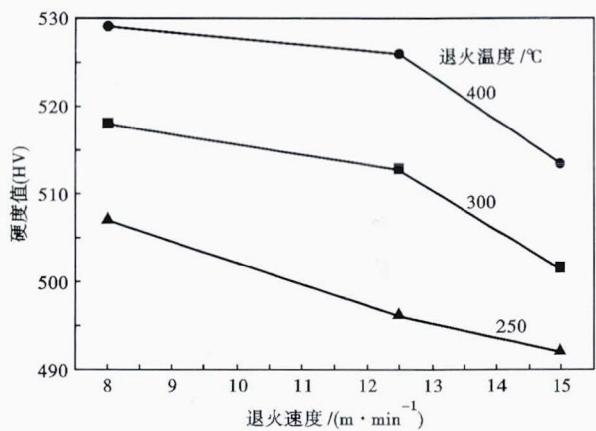


图 2 去应力退火温度和退火速度对 301 钢 0.12 mm 冷轧带钢硬度的影响

Fig. 2 Effect of stress-relieving annealing temperature and speed on HV hardness value of 0.12 mm cold-rolled sheet of steel 301

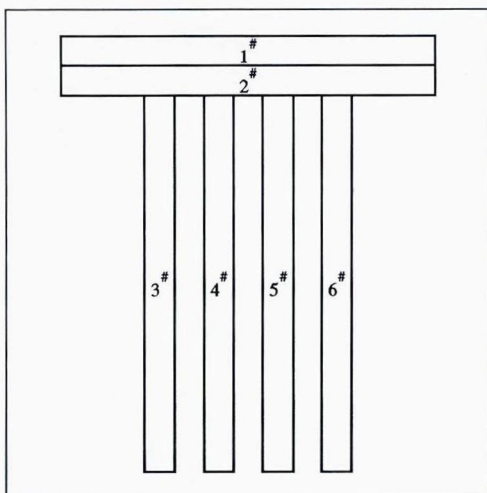


图 1 样品裁剪方法
Fig. 1 Sampling method

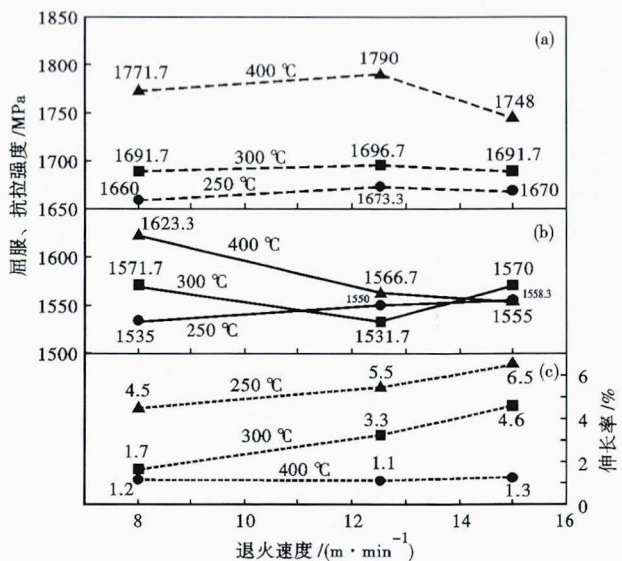


图 3 去应力退火温度和退火速度对 0.12 mm 301 冷轧带钢抗拉强度(a)、屈服强度(b)和伸长率(c)的影响

Fig. 3 Effect of stress-relieving annealing temperature and speed on tensile strength (a), yield strength (b) and elongation (c) of 0.12 mm cold-rolled sheet of steel 301

表 4 去应力退火温度和退火速度对 301 钢 0.12 mm 冷轧带钢抗拉强度、屈服强度和伸长率的影响

Table 4 Effect of stress-relieving annealing temperature and annealing speed on tensile and yield strength and elongation of 0.12 mm cold-rolled sheet of steel 301

温度/℃	试样号	退火速度/(m·min ⁻¹)								
		8.0			12.5			15.0		
		抗拉强度/ MPa	屈服强度/ MPa	伸长率/ %	抗拉强度/ MPa	屈服强度/ MPa	伸长率/ %	抗拉强度/ MPa	屈服强度/ MPa	伸长率/ %
400	1	1 770	1 710	1.5	1 810	1 570	2.0	1 760	1 560	2.0
	2	1 790	1 750	2.0	1 810	1 580	1.5	1 780	1 570	2.0
	3	1 770	1 570	0.5	1 800	1 640	0.5	1 720	1 570	2.0
	4	1 770	1 550	0.5	1 800	1 450	0.5	1 730	1 570	0.5
	5	1 770	1 570	0.5	1 780	1 610	0.5	1 750	1 560	0.5
	6	1 760	1 590	2.0	1 740	1 550	1.5	1 750	1 520	0.5
	平均	1 771.7	1 623.3	1.2	1 790.0	1 566.7	1.1	1 748.3	1 558.3	1.3
300	1	1 710	1 680	3.5	1 720	1 510	4.0	1 710	1 500	4.5
	2	1 720	1 680	1.5	1 710	1 510	4.5	1 700	1 650	4.5
	3	1 660	1 580	2.0	1 680	1 550	5.0	1 670	1 510	5.0
	4	1 640	1 520	2.0	1 710	1 590	2.0	1 720	1 550	5.5
	5	1 730	1 590	0.5	1 680	1 450	1.5	1 660	1 590	2.5
	6	1 690	1 380	0.5	1 680	1 580	2.5	1 690	1 620	5.5
	平均	1 691.7	1 571.7	1.7	1 696.7	1 531.7	3.3	1 691.7	1 570.0	4.6
250	1	1 700	1 580	1.5	1 700	1 620	7.0	1 690	1 610	6.5
	2	1 670	1 680	5.5	1 680	1 610	7.5	1 700	1 630	8.0
	3	1 660	1 550	5.5	1 650	1 540	5.0	1 660	1 540	4.5
	4	1 670	1 410	7.0	1 670	1 550	5.0	1 670	1 510	7.0
	5	1 610	1 550	4.5	1 670	1 510	5.0	1 660	1 540	7.5
	6	1 650	1 520	3.0	1 670	1 470	3.5	1 640	1 500	5.5
	平均	1 660.0	1 535.0	4.5	1 673.3	1 550.0	5.5	1 670.0	1 555.0	6.5

及相同退火温度下,退火速度为15.0 m/min时,冷轧带钢的抗拉强度波动较小。

(2)屈服强度。由表4和图3(b)可以看出,在相同的张力以及相同的退火速度下,退火温度的波动对冷轧带钢的屈服强度影响很大;当退火张力相同时,退火速度为15.0 m/min时,冷轧带钢的屈服强度随温度波动不是很大。在单位张力20 MPa,退火速度为8.0 m/min时,随去应力退火温度增加,0.12 mm 301 冷轧带钢的屈服强度明显增加,当退火速度为12.5~15.0 m/min时,退火温度对其屈服强度影响不明显(图3b)。

(3)伸长率。通过表4和图3(c)可以看出,在相同的单位张力和相同的退火温度下,速度越快,冷轧带钢的伸长率越大。在相同的退火速度以及相同的张力下,提高退火温度,冷轧带钢的伸长率降低。在250℃和300℃时,随着退火速度的增加,伸长率明显增加,而在400℃时,即使改变退火速度,伸长率也基本不变,保持在1.5%~2.0%,而且横向和纵向伸长率比较接近(图3c)。

3 结论

(1)通过改变去应力退火的工艺参数,可以改变冷轧带钢的力学性能。

(2)在相同的退火温度和张力下,退火速度越快(退火时间越短),冷轧带钢的硬度越低;在相同

的退火速度和张力下,随着退火温度越高,冷轧带钢的硬度不断地增加。

(3)当退火张力和退火速度相同时,随着退火温度升高,冷轧带钢的伸长率减小。

(4)当退火张力和退火速度相同时,退火温度的波动对冷轧带钢的屈服强度影响很大;当退火张力相同,退火速度为15.0 m/min时,冷轧带钢的屈服强度随温度波动不是很大。

(5)当退火张力和退火速度相同时,随着退火温度的升高,冷轧带钢的抗拉强度增加。在相同的退火张力下,退火速度为15.0 m/min时,冷轧带钢的抗拉强度随着温度的波动较小。

参考文献

- [1] 陆世英,张廷凯,杨长强,等. 不锈钢[M]. 北京:原子能出版社,1995:530-560.
- [2] 张荣,高勇,王荆国. 高平直度426合金薄带去应力退火工艺研究[J]. 金属材料研究,2000,26(2):31-34.
- [3] 李慧琴,张跃华,毛洪明. 304 不锈钢冷轧及退火工艺优化的实验研究[J]. 材料热处理技术,2010,39(8):174-176.
- [4] 韩飞,林高用,彭小敏,等. SUS304-2B 不锈钢薄板退火工艺研究[J]. 热加工工艺,2004(4):25-27.
- [5] 程挺宇,郑峰,薛为林. 精密不锈钢带冷轧生产工艺[J]. 金属材料与冶金工程,2009,39(1):25-27.

秦红霞(1980-),女,硕士,工程师,不锈钢以及精密合金材料的研发。E-mail:qinhongxia925jt@163.com

收稿日期:2013-08-19