

薄壁钛焊接管用带的工艺参数^①

杨文甲

(沈阳有色金属加工厂, 沈阳 110102)

摘 要

通过一系列工艺性试验,对钛带的热轧、冷轧、退火等工艺进行了研究,主要包括各工艺参数对钛带精度、晶粒度、织构及性能的影响。结果表明:高热轧带坯精度、精密冷轧机、科学的控制加工率、合理的退火,是生产满足薄壁钛焊接管用带的主要技术条件。

关键词: 薄壁钛焊接管 精度 织构 晶粒度

我国在“六五”和“七五”期间已对钛焊接薄壁管进行了技术攻关,在1985年通过了部级技术鉴定,同期还在三个生产厂家建立起成型焊接和探伤检测机组,这些不仅标志着我国已经掌握了钛焊接薄壁管的生产技术,而且有一定的生产能力。但是到目前为止,还没有一个厂家形成相应的钛带生产线。为了满足国内市场的需要,国家每年仍要花费大量的外汇从日本进口约300t薄壁焊接钛管;并要求钛材生产厂家增加设备,形成足够的钛带生产能力,以满足薄壁焊接钛管用带的需求。

要生产焊接薄壁钛管,首先必须解决高精度钛带的问题。所谓高精度钛带是指钛带的尺寸偏差小、板型平直、性能均匀。我厂配合有关单位通过一系列工艺性试验,解决了一些技术难题,达到了生产焊接钛管用带的技术水平,以下简单介绍有关试验情况与结果。

1 试验用材及方法

采取试验与试制相结合的方式进行研究。所用设备有二台四辊冷轧机,并在精轧机上装有控制厚度的AGC。用材为TA1 ϕ 360 mm $\times$ 1100 mm 钛铸锭,其成份符合GB3620—83标

准。锭坯经一火锻成80 mm $\times$ 270 mm $\times$ 520 mm 板坯。

TA1钛带的精度、板形、晶粒度、织构和性能受工艺和设备的制约,薄壁焊接钛管用带要求较苛刻,其技术要求见表1。为满足薄壁焊接钛管用带技术要求,本研究作了如下工艺性试验:

(1) 热轧带成卷工艺试验

先后进行了热轧后经卷取机直接成卷,以及先热轧成大条,经表面处理冷轧到要求尺寸经卷取机成卷两种试验方案。后一方案可提高带坯沿长度方向的段落差和表面质量。

(2) 冷轧工艺性试验

按带材轧制理论做轧辊凸度、张力、道次变形量等工艺参数对带材厚度公差、板型的影响试验。

(3) 冷轧加工率试验

为了摸清TA1钛带在冷轧过程中的硬化情况按加工率10%、20%、30%、40%、50%、60%、70%做了七组冷轧试验并分别测试了它们的 σ_b 、 $\sigma_{0.2}$ 、 δ_5 和HV₁₀,找出了它们的变化规律。

(4) 带卷退火工艺试验

钛板卷是在一定卷紧度下进行真空退火

^① 于1992年7月20日收到初稿

的,各卷的内、中、外层受热不同,各层带材的晶粒度及织构也略有不同。必须摸索出控制带材晶粒度及织构的退火工艺制度,为此做了升温速率、退火温度、退火时间等工艺参数的试验。

(5) 在线拼卷焊接工艺试验

把小卷拼焊成大卷是生产长带的关键,它的拼焊质量则受工艺参数的直接影响。为此,做了拼焊参数、焊接保护和对接形式等的初步试验。

表1 内控技术标准

厚度 偏差	宽度 偏差	侧弯度	不平度	晶粒度	$\sigma_{0.2}$ 最大 差值
/mm	/mm	/mm·m ⁻¹	/%	/μm	/MPa
±0.04	±0.025	2.5	1.2	30~70	≤30

2 试验结果及分析

2.1 试样的力学性能

试制 TA1 钛带的性能测试结果见图1和表2,从表2和图1看到:(i)每卷带材的 $\sigma_{0.2}$

波动值一般不超过30MPa,可保证卷管时的回弹口均匀,使焊管工艺稳定;(2)TA1钛带有较好的工艺塑性, δ_5 高达60%左右;(3)TA1钛带的 σ_b 、 $\sigma_{0.2}$ 、 δ_5 、HV₁₀随着加工率的增加而硬化,当加工率超过65%时 $\sigma_{0.2}$ 越接近 σ_b ,使冷轧变形抗力增高。但加工率达70%时,它的 δ_5 还能保持15%左右,只要轧制设备能力大,该带材仍然可继续冷轧到90%的冷变形率,可减少轧程并能提高工效。

2.2 钛带厚度偏差

成品钛带厚度偏差是各种矛盾的集中表现,它与来料厚度、性质、轧制张力、设备刚性系数等因素有关。而试验中仅着重注意了其中的两个因素:(1)为了控制带坯厚度公差,

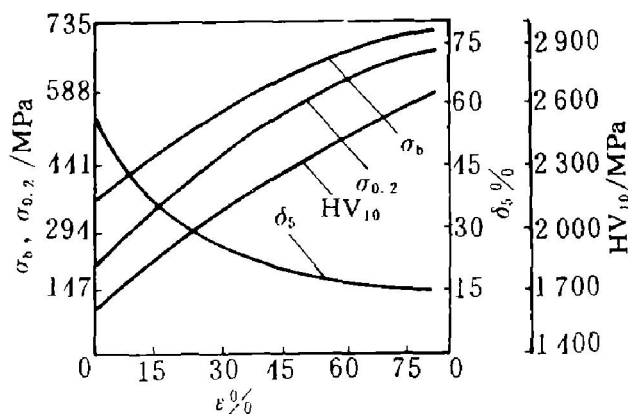


图1 TA1钛带加工硬化曲线

表2 钛带性能参数

炉号	退火工艺	取样位置	σ_b /MPa	$\sigma_{0.2}$ /MPa	δ_5 /%	HV ₁₀ /MPa	IE /mm	晶粒度 /μm
86-6D4	760℃ /150 min	外层	369	239	69	1579	10	65
		中层	451	299	56	1744	11	13
		内层	383	242	66	1529	12	16
86-6D11	800℃ /150 min	外层	383	268	67	1509	9	110
		中层	392	241	54	1480	11	35
		内层	376	241	70	1509	11	65
86-6D4	两次退火 760℃ /150 min	外层	386	235	62	1558	10	65
		中层	383	239	65	1509	12	75
		内层	400	262	58	1609	9	35
86-6D4	控制升温速率 700℃ /180 min	外层	387	245	63	1431	10	60
		中层	389	252	69	1421	10	55
		内层	392	255	61	1401	10	65

试验了前述的两种成卷工艺,后种工艺成卷带坯的公差百分率比前者小,最大波动约7.5%,其值小于成品 0.6 ± 0.04 mm的公差百分率13.3%。故可认为带坯厚度变化符合理论要求,可以用来生产出高精度冷轧钛带。(2)道次加工率能严重影响厚度偏差,在中轧时宜将其控制在7%~15%;精轧时控制在5%~10%,并在工序中严格要求保证带坯性能均匀、轧制张力稳定,否则很难保证不增加原带坯厚度公差百分率。如成品带材厚度精度低劣也会导致卷管成形和焊接质量缺陷,严重时会使焊管工序出现各种故障。

在试制中我们对成品带厚度进行了测量并作出第三批钛带厚度公差分布见图2。从图2可见第三批钛带厚度分布集中、散差小,可满足焊接管用带技术要求。

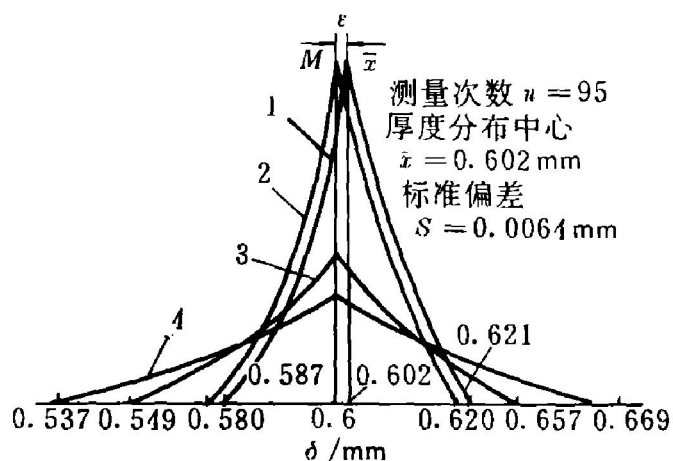


图2 第三批钛带厚度公差分布情况

1—第三批钛带厚度;2—内控标准;
3—GB高精度;4—GB一般精度

2.3 板形分析

从几批钛板卷分条和焊管前后的测量观察结果可知,主要板形缺陷有边部波浪和镰刀弯。在分条后还发现有的钛卷暴露出侧弯,且边条带上的侧弯最大;而中间条带最平直,在卷管、焊管工序中均不出现质量故障。

出现上述板形缺陷的原因,是钛带在轧制时:沿宽度方向的速度不同,延伸不一,造成应力不均。另一个是带张力轧制造成沿宽度方向张力不均,尤其当板形出现边部波浪时,操

作者常常采取增大张力的措施来消除波浪,更使带材沿宽度方向的张力分布不均,促进带材内应力增加。带有应力的钛板卷在一定卷紧度下退火,对隐形缺陷消除有一定效果。但采用辊式矫直机进行矫直后再进行纵剪分条,对解决分条后的侧弯无效果。若想分条后板形平直,必须在轧制过程中及时判明和排除发生的板形缺陷,在精轧机上装置张力检测仪和调整辊型的液压装置以随时控制辊型凸度。

2.4 钛带的织构

对不同冷轧态、不同退火态的带材取样,采用正极图法测定其织构,结果见表3和图3。从图3、表3得知TA1钛带主要轧制织构是 $\{0001\} \langle 11\bar{2}0 \rangle$ 及 $\{10\bar{1}2\} \langle 11\bar{2}0 \rangle$ 孪晶织构。带材经退火后主要是再结晶织构 $\{10\bar{1}0\} \langle 11\bar{2}0 \rangle$ 、 $\{10\bar{1}1\} \langle 11\bar{2}0 \rangle$;退火钛带还有同位再结晶织构 $\{0001\} \langle 11\bar{2}0 \rangle$ 。从上述分析来看,织构的存在和分布情况与TA1钛带力学性能密切相关。不同的织构有不同的力学性能、焊接钛管用带应为 $\{10\bar{1}0\} \langle 11\bar{2}0 \rangle$ 、 $\{0001\} \langle 11\bar{2}0 \rangle$ 织构,这对卷管成形、焊接是有益的;具有这种织构的带材,焊制管材内应力也较低。

2.5 要有良好的对接性

钛卷拼成大板卷通常采取TIG法自动在线焊接。对接质量的重要标志是焊接部分金属呈现银白色,被焊接部分金属有好的工艺塑性,在轧制时不脆断,能保证轧制正常进行。另外在试验中还发现30°角对接比直角对接断带率小,以上两条是钛卷拼成大板卷的基本要求。

3 结 论

(1)带坯厚度偏差小是生产高精度钛带的基本条件。

(2)成品退火关键是控制带材的平均晶粒尺寸和织构。

(3)拼卷对接质量良好是生产长带的首要条件。

(4)为提高带材平直度应在精轧机上装置

表3 TA1 钛带的织构和拉伸性能

试样号	滑移系	滑移数	0°			90°			45°		
			σ_b /MPa	$\sigma_{0.2}$ /MPa	δ_5 %	σ_b /MPa	$\sigma_{0.2}$ /MPa	δ_5 %	σ_b /MPa	$\sigma_{0.2}$ /MPa	δ_5 %
1	$\{10\bar{1}0\}<11\bar{2}0>$	2	559	490	25	549	480	27			
2	$\{0001\}<11\bar{2}0>$	1	617	529	23	607	518	26			
3	$\{0001\}<11\bar{2}0>$	-1	657	549	22	647	516	24			
4	$\{0001\}<11\bar{2}0>$	-1	725	607	15	706	578	18	696	588	19
5	$\{10\bar{1}1\}<11\bar{2}0>$	1	408	284	58	418	304	62	398	294	59
6	$\{10\bar{1}1\}<11\bar{2}0>$	1	408	284	59	392	304	63	382	294	68
7	$\{10\bar{1}0\}<11\bar{2}0>$ $\{10\bar{1}1\}<11\bar{2}0>$	2	382	262	69	385	284	70	372	274	68
8	$\{10\bar{1}0\}<11\bar{2}0>$ $\{0001\}<11\bar{2}0>$	2	392	264	60	396	294	62	382	274	64

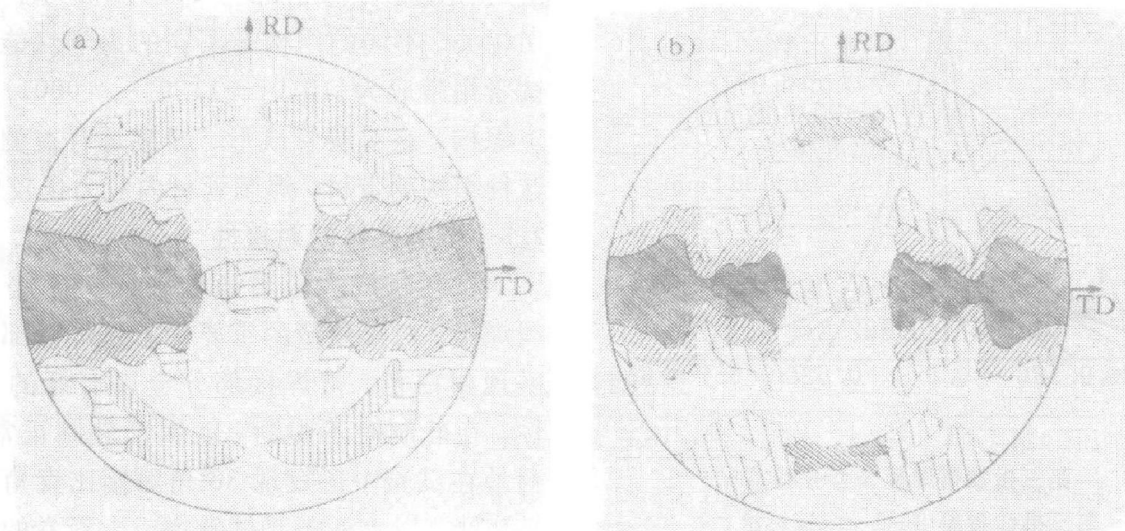


图3 (0001)极图

(a)—1号试样; (b)—3号试样

张力检测仪和调整辊型液压装置。

参考文献

1 汪建林等. 上海钢研, 1992, (1): 54—55.

2 杨文甲等. 稀有金属, 1988, 12(5): 351—352.

3 Мыликов Б В и др(著), 有色金属材料与加工, 1989, (1): 23.