



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 107931354 A

(43)申请公布日 2018.04.20

(21)申请号 201711344040.8

G22B 9/20(2006.01)

(22)申请日 2017.12.15

G22F 1/18(2006.01)

(71)申请人 西北有色金属研究院

地址 710016 陕西省西安市未央路96号

(72)发明人 郭萍 赵永庆 洪权 毛小南

贾蔚菊 赵恒章 张永强 侯红苗
潘浩

(74)专利代理机构 西安创知专利事务所 61213

代理人 谭文琰

(51) Int. Cl.

B21C 37/02(2006.01)

B21B 1/38(2006.01)

B21B 3/00(2006.01)

B21B 37/16(2006.01)

B21B 37/58(2006.01)

权利要求书1页 说明书10页

(54)发明名称

一种高塑性低屈服强度钛板的短流程制备方法

(57)摘要

本发明公开了一种高塑性低屈服强度钛板的短流程制备方法,该方法将0级海绵钛经真空自耗电弧熔炼后得到钛铸锭,然后进行开坯锻造得到钛板坯,将钛板坯修磨后涂覆防氧化层,进行2火次换向热轧,再经两次冷轧得到钛板粗品,最后依次进行砂光、酸洗和定尺,得到钛板。本发明通过控制0级海绵钛中的氧元素和杂质元素的含量来降低钛板的强度,提高钛板的塑性,然后在两火次热轧过程中均采用小-大-小的轧制方式,使钛板坯发生大变形的同时细化了钛板坯组织的晶粒尺寸,进一步提高了钛板坯的塑性,并保证了钛板坯良好组织均匀性,改善了钛板坯的表面质量,减少了工序,缩短了制备流程。

1. 一种高塑性低屈服强度钛板的短流程制备方法,其特征在于,该方法包括以下步骤:

步骤一、将0级海绵钛压制成电极,然后经3次真空自耗电弧熔炼,得到钛铸锭;所述0级海绵钛中的氧含量低于0.05%,杂质元素总含量不超过0.3%;

步骤二、将步骤一中得到的钛铸锭进行2~3火次的开坯锻造,得到钛板坯;第1火次所述开坯锻造的温度为 $T_B+100^{\circ}\text{C}\sim T_B+150^{\circ}\text{C}$,第2~3火次所述开坯锻造的温度均为 $T_B-30^{\circ}\text{C}\sim T_B-150^{\circ}\text{C}$,每火次所述开坯锻造的终锻温度均不低于 $T_B-200^{\circ}\text{C}$;每火次所述开坯锻造的总变形量均为75%~85%;

步骤三、将步骤二中得到的钛板坯进行修磨并在其表面涂覆防氧化层,然后在温度为 $T_B-100^{\circ}\text{C}\sim T_B-180^{\circ}\text{C}$ 的条件下进行第1火次热轧,再将经第1火次热轧后的板坯依次进行热矫直和剪切,然后在温度为 $T_B-120^{\circ}\text{C}\sim T_B-200^{\circ}\text{C}$ 的条件下沿着与第1火次热轧垂直的方向进行第2火次热轧;所述第1火次热轧的道次为6~10次,道次变形量为8%~50%,总变形量为80%~95%,其中第1~2道次的道次变形量为8%~15%;所述第2火次热轧的道次为4~8次,道次变形量为8%~45%,总变形量为60%~80%,其中第1道次的道次变形量不高于15%;所述第1火次热轧和第2火次热轧的末次道次变形量均不超过30%;

步骤四、将步骤三中经第2火次热轧后的钛板坯依次进行热矫直、剪切、退火、酸碱清洗和修磨;

步骤五、将步骤四中经修磨后的钛板坯在室温下进行第1火次冷轧,再进行第1次真空退火处理,然后在室温下进行第2火次冷轧,再进行第2次真空退火处理得到钛板粗品;第1火次所述冷轧的总变形量为40%~55%;第2火次所述冷轧的总变形量为40%~50%;

步骤六、将步骤五中得到的钛板粗品依次进行砂光、酸洗和定尺,最终得到钛板;所述钛板的抗拉强度 R_m 为270Mpa~325Mpa,屈服强度 $R_{p0.2}$ 为150Mpa~215Mpa,断后伸长率A为70%~92%,屈强比小于0.7。

2. 根据权利要求1所述的一种高塑性低屈服强度钛板的制备方法,其特征在于,步骤二中所述钛板坯的厚度为40mm~100mm。

3. 根据权利要求2所述的一种高塑性低屈服强度钛板的制备方法,其特征在于,步骤三中所所述经第1火次热轧后的钛板坯厚度为4mm~12mm,所述经第2火次热轧后的钛板坯厚度为1.5mm~5mm。

4. 根据权利要求1所述的一种高塑性低屈服强度钛板的制备方法,其特征在于,步骤四中所所述退火的温度为 $T_B-150^{\circ}\text{C}\sim T_B-200^{\circ}\text{C}$,时间为0.5h~1.5h。

5. 根据权利要求1所述的一种高塑性低屈服强度钛板的制备方法,其特征在于,步骤五中所所述第1次真空退火处理的真空度不超过 $5\times 10^{-2}\text{Pa}$,温度为 $T_B-100^{\circ}\text{C}\sim T_B-150^{\circ}\text{C}$,时间为1h~1.5h;所述第2次真空退火处理的真空度不超过 $1\times 10^{-2}\text{Pa}$,温度为 $T_B-100^{\circ}\text{C}\sim T_B-200^{\circ}\text{C}$,时间为1h~1.5h。

6. 根据权利要求3所述的一种高塑性低屈服强度钛板的制备方法,其特征在于,步骤六中所所述钛板的厚度为0.3mm~1.5mm。

一种高塑性低屈服强度钛板的短流程制备方法

技术领域

[0001] 本发明属于钛材制备技术领域,具体涉及一种高塑性低屈服强度钛板的短流程制备方法。

背景技术

[0002] 钛是一种性能优异的金属材料,被广泛应用于航空航天、电子、化工等领域。钛因具有质轻、耐腐蚀、耐高温等特点,成为飞行器动力系统中燃料贮箱的首选材料。随着航空航天业的发展,燃料贮箱的工作环境对钛材的性能提出更高的要求。燃料贮箱在工作过程中需要通过壳体的翻转才能将燃料推送出,从而提供动力。为了维持动力系统稳定工作,燃料贮箱的翻转性能必须稳定,这就要求制备燃料贮箱的钛材同时具有高塑性和低屈服性能,从而保证燃料贮箱在较低的强度下开始变形,并在翻转过程中不发生破裂。

发明内容

[0003] 本发明所要解决的技术问题在于针对上述现有技术的不足,提供一种高塑性低屈服强度钛板的短流程制备方法。该方法通过控制0级海绵钛中的氧元素和杂质元素的含量来降低钛板的强度,提高钛板的塑性,然后在两火次热轧过程中均采用小-大-小的轧制方式,使钛板坯发生大变形的同时细化了钛板坯组织的晶粒尺寸,进一步提高了钛板坯的塑性,并保证了钛板坯良好组织均匀性,改善了钛板坯的表面质量,减少了工序,缩短了制备流程。

[0004] 为解决上述技术问题,本发明采用的技术方案是:一种高塑性低屈服强度钛板的短流程制备方法,该方法包括以下步骤:

[0005] 步骤一、将0级海绵钛压制成药锭,然后经3次真空自耗电弧熔炼,得到钛铸锭;所述0级海绵钛中的氧含量低于0.05%,杂质元素总含量不超过0.3%;

[0006] 步骤二、将步骤一中得到的钛铸锭进行2~3火次的开坯锻造,得到钛板坯;第1火次所述开坯锻造的温度为 $T_{\beta}+100^{\circ}\text{C}\sim T_{\beta}+150^{\circ}\text{C}$,第2~3火次所述开坯锻造的温度均为 $T_{\beta}-30^{\circ}\text{C}\sim T_{\beta}-150^{\circ}\text{C}$,每火次所述开坯锻造的终锻温度均不低于 $T_{\beta}-200^{\circ}\text{C}$;每火次所述开坯锻造的总变形量均为75%~85%;

[0007] 步骤三、将步骤二中得到的钛板坯进行修磨并在其表面涂覆抗氧化层,然后在温度为 $T_{\beta}-100^{\circ}\text{C}\sim T_{\beta}-180^{\circ}\text{C}$ 的条件下进行第1火次热轧,再将经第1火次热轧后的板坯依次进行热矫直和剪切,然后在温度为 $T_{\beta}-120^{\circ}\text{C}\sim T_{\beta}-200^{\circ}\text{C}$ 的条件下沿着与第1火次热轧垂直的方向进行第2火次热轧;所述第1火次热轧的道次为6~10次,道次变形量为8%~50%,总变形量为80%~95%,其中第1~2道次的道次变形量为8%~15%;所述第2火次热轧的道次为4~8次,道次变形量为8%~45%,总变形量为60%~80%,其中第1道次的道次变形量不高于15%;所述第1火次热轧和第2火次热轧的末次道次变形量均不超过30%;

[0008] 步骤四、将步骤三中经第2火次热轧后的钛板坯依次进行热矫直、剪切、退火、酸碱清洗和修磨;

[0009] 步骤五、将步骤四中经修磨后的钛板坯在室温下进行第1火次冷轧,再进行第1次真空退火处理,然后在室温下进行第2火次冷轧,再进行第2次真空退火处理得到钛板粗品;第1火次所述冷轧的总变形量为40%~55%;第2火次所述冷轧的总变形量为40%~50%;

[0010] 步骤六、将步骤五中得到的钛板粗品依次进行砂光、酸洗和定尺,最终得到钛板;所述钛板的抗拉强度 R_m 为270Mpa~325Mpa,屈服强度 $R_{p0.2}$ 为150Mpa~215Mpa,断后伸长率A为70%~92%,屈强比小于0.7。

[0011] 上述的一种高塑性低屈服强度钛板的制备方法,其特征在于,步骤二中所述钛板坯的厚度为40mm~100mm。

[0012] 上述的一种高塑性低屈服强度钛板的制备方法,其特征在于,步骤三中所述经第1火次热轧后的钛板坯厚度为4mm~12mm,所述经第2火次热轧后的钛板坯厚度为1.5mm~5mm。

[0013] 上述的一种高塑性低屈服强度钛板的制备方法,其特征在于,步骤四中所述退火的温度为 $T_{\beta}-150^{\circ}\text{C}\sim T_{\beta}-200^{\circ}\text{C}$,时间为0.5h~1.5h。

[0014] 上述的一种高塑性低屈服强度钛板的制备方法,其特征在于,步骤五中所述第1次真空退火处理的真空度不超过 $5\times 10^{-2}\text{Pa}$,温度为 $T_{\beta}-100^{\circ}\text{C}\sim T_{\beta}-150^{\circ}\text{C}$,时间为1h~1.5h;所述第2次真空退火处理的真空度不超过 $1\times 10^{-2}\text{Pa}$,温度为 $T_{\beta}-100^{\circ}\text{C}\sim T_{\beta}-200^{\circ}\text{C}$,时间为1h~1.5h。

[0015] 上述的一种高塑性低屈服强度钛板的制备方法,其特征在于,步骤六中所述钛板的厚度为0.3mm~1.5mm。

[0016] 本发明与现有技术相比具有以下优点:

[0017] 1、本发明中两火次热轧均采用小-大-小的轧制方式,首先在第1火次热轧中的第1~2道次和第2火次热轧中的第1道次采用较小的道次变形量,在使钛板坯变形的同时保证了钛板坯的板型和表面状态,然后在两火次热轧中的中间道次采用较大的道次变形量,使钛板坯发生大变形,细化了钛板坯组织的晶粒尺寸,提高了钛板坯的塑性,最后在第1火次热轧和第2火次热轧的末次道次采用较小的道次变形量,在保证钛板坯良好组织均匀性的同时改善了钛板坯的表面质量。

[0018] 2、本发明通过改变原料0级海绵钛中的间隙元素含量来改善钛板的性能,一方面控制0级海绵钛中的氧含量低于0.05%,从而提高钛板的塑性,降低钛板的强度,另一方面控制0级海绵钛中的杂质元素Fe、C、N、H、O的总含量不超过0.3%,进一步降低了钛板的强度。

[0019] 3、本发明中热轧时采用换向轧制工艺,减少了钛板组织的各向异性和内部织构现象,提升了钛板的加工性能,改善了钛板加工成燃料贮箱的过程中由于钛板性能差异导致的箱体壁厚不均匀现象,为燃料贮箱成形为均匀半球形壳体提供了保证,大大提高了燃料贮箱的使用性能。

[0020] 4、本发明在开坯锻造、热轧和冷轧的工艺过程中均采用大变形量,减少了各工艺中的工序,缩短了制备流程,提高了生产效率。

[0021] 5、本发明得到了一种高塑性低屈服强度的钛板,该钛板的抗拉强度 R_m 为270Mpa~325Mpa,屈服强度 $R_{p0.2}$ 为150Mpa~215Mpa,断后伸长率A为70%~92%,屈强比小于0.7,适用于航空航天行业中的燃料贮箱材料。

[0022] 下面通过实施例对本发明的技术方案作进一步的详细描述。

具体实施方式

[0023] 实施例1

[0024] 本实施例的制备方法包括以下步骤：

[0025] 步骤一、将0级海绵钛压制成电极，然后经3次真空自耗电弧熔炼，得到钛铸锭；所述0级海绵钛中的氧含量为0.047%，杂质元素总含量不超过0.3%；

[0026] 步骤二、将步骤一中得到的钛铸锭进行3火次的开坯锻造，首先在1000℃进行三镢三拔，然后在850℃进行两镢三拔，最后在820℃进行两镢两拔，得到厚度为100mm的钛板坯；每火次所述开坯锻造的终锻温度均为700℃；每火次所述开坯锻造的总变形量均为85%；

[0027] 步骤三、将步骤二中得到的钛板坯进行修磨并在其表面涂覆防氧化层，然后在750℃进行10道次的第1火次热轧，第1火次热轧的总变形量为95%，每道次的道次变形量依次为：8%、15%、25%、30%、42%、50%、35%、20%、10%、8%，得到厚度为5mm的钛板坯，再将经第1火次热轧后的板坯依次进行热矫直和剪切，然后在740℃沿着与第1火次热轧垂直的方向进行4道次的第2火次热轧，第2火次热轧的总变形量为60%，每道次的道次变形量依次为：15%、40%、18%、8%，得到厚度为2mm的钛板坯；

[0028] 步骤四、将步骤三中经第2火次热轧后的钛板坯依次进行热矫直、剪切、退火、酸碱清洗和修磨；所述退火处理的温度为680℃，时间为0.5h；

[0029] 步骤五、将步骤四中经修磨后的钛板坯在室温下进行第1火次冷轧，第1火次冷轧的总变形量为40%，每道次的道次变形量依次为8%、10%、10%、9%、8%、8%，再在真空度为 1×10^{-2} Pa，温度为750℃，时间为1.2h的条件下进行第1次真空退火处理，然后将经第1次真空退火处理后的钛板坯在室温下进行第2火次冷轧，第2火次冷轧的总变形量为50%，每道次的道次变形量依次为8%、10%、10%、10%、9%、9%、8%、8%，再在真空度为 5×10^{-3} Pa，温度为720℃，时间为1h的条件下进行第2次真空退火处理，得到钛板粗品；

[0030] 步骤六、将步骤五中得到的钛板粗品依次进行砂光、酸洗和定尺，最终得到厚度为0.6mm的钛板。

[0031] 按照GB3620.1-2007钛及钛合金牌号和化学成分，对本实施例制备的钛板进行化学成分检测，结果如下表1所示。

[0032] 表1实施例1制备的钛板的化学成分测定数据

板厚 δ (mm)	杂质元素含量不大于 (%)				
	Fe	C	N	H	O
0.6	0.01	0.008	0.005	0.004	0.048

[0034] 由表1可知，本实施例制备的钛板中的氧元素含量及其它各杂质元素的含量均符合GB3620.1-2007钛及钛合金牌号和化学成分中的规定。

[0035] 按照GB3621-2007钛及钛合金板材，对本实施例制备的钛板进行力学性能检测，结果如下表2所示。

[0036] 表2实施例1制备的钛板的室温力学性能和工艺性能

[0037]	试	R_m	$R_{p0.2}$	A (%)	弯曲角	杯突	屈	晶粒
	样	(MPa)	(MPa)		(150°)	(mm)	强 比	度等 级
	L1	325	205	73.5	合格	9.74	0.63	8 级
[0038]	L2	322	203	74.0	合格	9.70	0.63	
	T1	316	211	70.5	合格	9.65	0.67	
	T2	323	217	71.5	合格	9.71	0.67	

[0039] 表2中“L1”和“L2”为沿本实施例制备的钛板的轧制方向所取的两个试样，“T1”和“T2”为沿垂直于本实施例制备的钛板的轧制方向所取的两个试样。

[0040] 由表2可知，本实施例制备的钛板的抗拉强度 R_m 和屈服强度 $R_{p0.2}$ 均较低，断后伸长率较高，超过了70%，并且屈服比小于0.7，说明本实施例制备的钛板具有高塑性和低屈服强度，可在较低的强度下发生屈服并产生变形；工艺性能的检测结果显示钛板的弯曲角(150°)合格，杯突大于9.6mm，晶粒度等级达8级，进一步说明本实施例制备的钛板具有良好的塑性变形能力。

[0041] 实施例2

[0042] 本实施例的制备方法包括以下步骤：

[0043] 步骤一、将0级海绵钛压制电极，然后经3次真空自耗电弧熔炼，得到钛铸锭；所述0级海绵钛中的氧含量为0.049%，杂质元素总含量不超过0.3%；

[0044] 步骤二、将步骤一中得到的钛铸锭进行3火次的开坯锻造，首先在980℃进行三镦三拔，然后在840℃进行两镦三拔，最后在820℃进行两镦两拔，得到厚度为40mm的钛板坯；每火次所述开坯锻造的终锻温度均为700℃；每火次所述开坯锻造的总变形量均为80%；

[0045] 步骤三、将步骤二中得到的钛板坯进行修磨并在其表面上涂覆抗氧化层，然后在760℃进行6道次的第1火次热轧，第1火次热轧的总变形量为90%，每道次的道次变形量依次为：12%、20%、35%、48%、40%、30%，得到厚度为4mm的钛板坯，再将经第1火次热轧后的板坯依次进行热矫直和剪切，然后在740℃沿着与第1火次热轧垂直的方向进行4道次的第2火次热轧，第2火次热轧的总变形量为60%，每道次的道次变形量依次为：12%、20%、30%、15%，得到厚度为1.6mm的钛板坯；

[0046] 步骤四、将步骤三中经第2火次热轧后的钛板坯依次进行热矫直、剪切、退火、酸碱清洗和修磨；所述退火处理的温度为700℃，时间为1h；

[0047] 步骤五、将步骤四中经修磨后的钛板坯在室温下进行第1火次冷轧，第1火次冷轧的总变形量为55%，每道次的道次变形量依次为8%、9%、10%、15%、12%、10%、8%、8%，再在真空度为 2×10^{-2} Pa，温度为730℃，时间为1h的条件下进行第1次真空退火处理，然后将经第1次真空退火处理后的钛板坯在室温下进行第2火次冷轧，第2火次冷轧的总变形量为45%，每道次的道次变形量依次为8%、9%、15%、12%、10%，再在真空度为 8×10^{-3} Pa，温度为750℃，时间为1.2h的条件下进行第2次真空退火处理，得到钛板粗品；

[0048] 步骤六、将步骤五中得到的钛板粗品依次进行砂光、酸洗和定尺,最终得到厚度为0.4mm的钛板。

[0049] 按照GB3620.1-2007钛及钛合金牌号和化学成分,对本实施例制备的钛板进行化学成分检测,结果如下表3所示。

[0050] 表3实施例2制备的钛板的化学成分测定数据

板厚 δ (mm)	杂质元素含量不大于 (%)				
	Fe	C	N	H	O
0.4	0.02	0.005	0.006	0.004	0.056

[0052] 由表3可知,本实施例制备的钛板中的氧元素含量及其它各杂质元素的含量均符合GB3620.1-2007钛及钛合金牌号和化学成分中的规定。

[0053] 按照GB3621-2007钛及钛合金板材,对本实施例制备的钛板进行力学性能检测,结果如下表4所示。

[0054] 表4实施例2制备的钛板的室温力学性能和工艺性能

试样	R_m (MPa)	$R_{p0.2}$ (MPa)	A (%)	弯曲角 α (150°)	杯突 (mm)	屈服比	晶粒 等级
L1	302	179	76.5	合格	10.33	0.59	8级
L2	272	172	73.0	合格	9.70	0.63	
T1	290	190	71.0	合格	9.52	0.66	
T2	297	185	71.5	合格	9.80	0.62	

[0056] 表4中“L1”和“L2”为沿本实施例制备的钛板的轧制方向所取的两个试样,“T1”和“T2”为沿垂直于本实施例制备的钛板的轧制方向所取的两个试样。

[0057] 由表4可知,本实施例制备的钛板的抗拉强度 R_m 和屈服强度 $R_{p0.2}$ 均较低,断后伸长率较高,超过了70%,并且屈服比小于0.7,说明本实施例制备的钛板具有高塑性和低屈服强度,可在较低的强度下发生屈服并产生变形;工艺性能的检测结果显示钛板的弯曲角(150°)合格,杯突大于9.5mm,晶粒度达8级,进一步说明本实施例制备的钛板具有良好的塑性变形能力。

[0058] 实施例3

[0059] 本实施例的制备方法包括以下步骤:

[0060] 步骤一、将0级海绵钛压制成电极,然后经3次真空自耗电弧熔炼,得到钛铸锭;所述0级海绵钛中的氧含量为0.04%,杂质元素总含量不超过0.3%;

[0061] 步骤二、将步骤一中得到的钛铸锭进行3火次的开坯锻造,首先在950℃进行三镗三拔,然后在840℃进行两镗两拔,最后在840℃进行两镗两拔,得到厚度为70mm的钛板坯;每火次所述开坯锻造的终锻温度均为690℃;每火次所述开坯锻造的总变形量均为75%;

[0062] 步骤三、将步骤二中得到的钛板坯进行修磨并在其表面涂覆防氧化层,然后在760℃进行8道次的第1火次热轧,第1火次热轧的总变形量为90%,每道次的道次变形量依次为:8%、10%、18%、27%、45%、40%、30%、12%,得到厚度为7mm的钛板坯,再将经第1火次热轧后的板坯依次进行热矫直和剪切,然后在750℃沿着与第1火次热轧垂直的方向进行8道次的第2火次热轧,第2火次热轧的总变形量为78%,每道次的道次变形量依次为:15%,22%,25%,30%,25%,15%,得到厚度为1.5mm的钛板坯;

[0063] 步骤四、将步骤三中经第2火次热轧后的钛板坯依次进行热矫直、剪切、退火、酸碱清洗和修磨;所述退火处理的温度为700℃,时间为1h;

[0064] 步骤五、将步骤四中经修磨后的钛板坯在室温下进行第1火次冷轧,第1火次冷轧的总变形量为50%,每道次的道次变形量依次为:6%、8%、10%、10%、9%、9%、8%、6%,再在真空度为 5×10^{-2} Pa,温度为760℃,时间为1h的条件下进行第1次真空退火处理,然后将经第1次真空退火处理后的钛板坯在室温下进行第2火次冷轧,第2火次冷轧的总变形量为50%,每道次的道次变形量依次为8%、9%、9%、10%、9%、9%、9%、8%、6%,再在真空度为 1×10^{-2} Pa,温度为730℃,时间为1h的条件下进行第2次真空退火处理,得到钛板粗品;

[0065] 步骤六、将步骤五中得到的钛板粗品依次进行砂光、酸洗和定尺,最终得到厚度为0.3mm的钛板。

[0066] 按照GB3620.1-2007钛及钛合金牌号和化学成分,对本实施例制备的钛板进行化学成分检测,结果如下表5所示。

[0067] 表5实施例3制备的钛板的化学成分测定数据

板厚 δ (mm)	杂质元素含量不大于 (%)				
	Fe	C	N	H	O
0.3	0.02	0.01	0.005	0.005	0.06

[0070] 由表5可知,本实施例制备的钛板中的氧元素含量及其它各杂质元素的含量均符合GB3620.1-2007钛及钛合金牌号和化学成分中的规定。

[0071] 按照GB3621-2007钛及钛合金板材,对本实施例制备的钛板进行力学性能检测,结果如下表6所示。

[0072] 表6实施例3制备的钛板的室温力学性能和工艺性能

试样	R_m (MPa)	$R_{p0.2}$ (MPa)	A (%)	弯曲角 (150°)	杯突 (mm)	屈服比	晶粒等级
L1	310	210	92.0	合格	9.63	0.68	8 级
L2	310	176	89.5	合格	9.85	0.57	
T1	290	190	87.6	合格	10.23	0.66	
T2	297	185	85.6	合格	9.93	0.62	

[0074] 表6中“L1”和“L2”为沿本实施例制备的钛板的轧制方向所取的两个试样，“T1”和“T2”为沿垂直于本实施例制备的钛板的轧制方向所取的两个试样。

[0075] 由表6可知，本实施例制备的钛板的抗拉强度 R_m 和屈服强度 $R_{p0.2}$ 均较低，断后伸长率较高，超过了85%，并且屈服比小于0.7，说明本实施例制备的钛板具有高塑性和低屈服强度，可在较低的强度下发生屈服并产生变形；工艺性能的检测结果显示钛板的弯曲角(150°)合格，杯突大于9.6mm，晶粒度达8级进一步说明本实施例制备的钛板具有良好的塑性变形能力。

[0076] 实施例4

[0077] 本实施例的制备方法包括以下步骤：

[0078] 步骤一、将0级海绵钛压制成药片，然后经3次真空自耗电弧熔炼，得到钛铸锭；所述0级海绵钛中的氧含量为0.044%，杂质元素总含量不超过0.3%；

[0079] 步骤二、将步骤一中得到的钛铸锭进行3火次的开坯锻造，首先在 1000°C 进行三镗三拔，然后在 850°C 进行两镗三拔，最后在 830°C 进行两镗两拔，得到厚度为80mm的钛板坯；每火次所述开坯锻造的终锻温度均为 700°C ；每火次所述开坯锻造的总变形量均为80%；

[0080] 步骤三、将步骤二中得到的钛板坯进行修磨并在其表面涂覆防氧化层，然后在 740°C 进行6道次的第1火次热轧，第1火次热轧的总变形量为85%，每道次的道次变形量依次为：10%、15%、48%、40%、26%、15%，得到厚度为12mm的钛板坯，再将经第1火次热轧后的板坯依次进行热矫直和剪切，然后在 750°C 沿着与第1火次热轧垂直的方向进行4道次的第2火次热轧，第2火次热轧的总变形量为75%，每道次的道次变形量依次为：20%、25%、40%、30%，得到厚度为3mm的钛板坯；

[0081] 步骤四、将步骤三中经第2火次热轧后的钛板坯依次进行热矫直、剪切、退火、酸碱清洗和修磨；所述退火处理的温度为 680°C ，时间为1.5h；

[0082] 步骤五、将步骤四中经修磨后的钛板坯在室温下进行第1火次冷轧，第1火次冷轧的总变形量为45%，每道次的道次变形量依次为8%、8%、15%、12%、9%，再在真空度为 $3 \times 10^{-2}\text{Pa}$ ，温度为 740°C ，时间为1h的条件下进行第1次真空退火处理，然后将经第1次真空退火处理后的钛板坯在室温下进行第2火次冷轧，第2火次冷轧的总变形量为40%，每道次的道次变形量依次为9%、12%、15%、10%，再在真空度为 $2 \times 10^{-3}\text{Pa}$ ，温度为 740°C ，时间为1h的条件下进行第2次真空退火处理，得到钛板粗品；

[0083] 步骤六、将步骤五中得到的钛板粗品依次进行砂光、酸洗和定尺,最终得到厚度为1mm的钛板。

[0084] 按照GB3620.1-2007钛及钛合金牌号和化学成分,对本实施例制备的钛板进行化学成分检测,结果如下表7所示。

[0085] 表7实施例4制备的钛板的化学成分测定数据

板厚 δ (mm)	杂质元素含量不大于 (%)				
	Fe	C	N	H	O
1	0.03	0.008	0.002	0.001	0.049

[0087] 由表7可知,本实施例制备的钛板中的氧元素含量及其它各杂质元素的含量均符合GB3620.1-2007钛及钛合金牌号和化学成分中的规定。

[0088] 按照GB3621-2007钛及钛合金板材,对本实施例制备的钛板进行力学性能检测,结果如下表8所示。

[0089] 表8实施例4制备的钛板的室温力学性能和工艺性能

试样	R_m (MPa)	$R_{p0.2}$ (MPa)	A(%)	弯曲角 (150°)	杯突 (mm)	屈服比	晶粒等级
L1	292	185	83.5	合格	9.50	0.63	7级
L2	290	190	79.5	合格	9.07	0.66	
T1	311	153	72.0	合格	9.31	0.49	
T2	313	154	75.5	合格	9.27	0.49	

[0091] 表8中“L1”和“L2”为沿本实施例制备的钛板的轧制方向所取的两个试样,“T1”和“T2”为沿垂直于本实施例制备的钛板的轧制方向所取的两个试样。

[0092] 由表8可知,本实施例制备的钛板的抗拉强度 R_m 和屈服强度 $R_{p0.2}$ 均较低,断后伸长率较高,超过了70%,并且屈服比小于0.7,说明本实施例制备的钛板具有高塑性和低屈服强度,可在较低的强度下发生屈服并产生变形;工艺性能的检测结果显示钛板的弯曲角(150°)合格,杯突大于9mm,晶粒度达7级,进一步说明本实施例制备的钛板具有良好的塑性变形能力。

[0093] 实施例5

[0094] 本实施例的制备方法包括以下步骤:

[0095] 步骤一、将0级海绵钛压制成电极,然后经3次真空自耗电弧熔炼,得到钛铸锭;所述0级海绵钛中的氧含量为0.042%,杂质元素总含量不超过0.3%;

[0096] 步骤二、将步骤一中得到的钛铸锭进行3火次的开坯锻造,首先在950℃进行三镗

三拔,然后在840℃进行两镦三拔,最后在830℃进行两镦两拔,得到厚度为60mm的钛板坯;每火次所述开坯锻造的终锻温度均为700℃;每火次所述开坯锻造的总变形量均为80%;

[0097] 步骤三、将步骤二中得到的钛板坯进行修磨并在其表面涂覆防氧化层,然后在760℃进行6道次的第1火次热轧,第1火次热轧的总变形量为80%,每道次的道次变形量依次为:8%、15%、45%、35%、20%、10%,得到厚度为12mm的钛板坯,再将经第1火次热轧后的板坯依次进行热矫直和剪切,然后在750℃沿着与第1火次热轧垂直的方向进行6道次的第2火次热轧,第2火次热轧的总变形量为60%,每道次的道次变形量依次为:8%、15%、45%、35%、20%、10%,得到厚度为5mm的钛板坯;

[0098] 步骤四、将步骤三中经第2火次热轧后的钛板坯依次进行热矫直、剪切、退火、酸碱清洗和修磨;所述退火处理的温度为700℃,时间为0.8h;

[0099] 步骤五、将步骤四中经修磨后的钛板坯在室温下进行第1火次冷轧,第1火次冷轧的总变形量为50%,每道次的道次变形量依次为6%、8%、10%、12%、10%、8%、6%、6%,再在真空度为 5×10^{-2} Pa,温度为760℃,时间为1.3h的条件下进行第1次真空退火处理,然后将经第1次真空退火处理后的钛板坯在室温下进行第2火次冷轧,第2火次冷轧的总变形量为40%,每道次的道次变形量依次为6%、8%、8%、10%、9%、8%,再在真空度为 9×10^{-3} Pa,温度为720℃,时间为1.5h的条件下进行第2次真空退火处理,得到钛板粗品;

[0100] 步骤六、将步骤五中得到的钛板粗品依次进行砂光、酸洗和定尺,最终得到厚度为1.5mm的钛板。

[0101] 按照GB3620.1-2007钛及钛合金牌号和化学成分,对本实施例制备的钛板进行化学成分检测,结果如下表9所示。

[0102] 表9实施例5制备的钛板的化学成分测定数据

板厚 δ (mm)	杂质元素含量不大于 (%)				
	Fe	C	N	H	O
1.5	0.02	0.01	0.005	0.005	0.056

[0104] 由表9可知,本实施例制备的钛板中的氧元素含量及其它各杂质元素的含量均符合GB3620.1-2007钛及钛合金牌号和化学成分中的规定。

[0105] 按照GB3621-2007钛及钛合金板材,对本实施例制备的钛板进行力学性能检测,结果如下表10所示。

[0106] 表10实施例5制备的钛板的室温力学性能和工艺性能

试样	R_m (MPa)	$R_{p0.2}$ (MPa)	A(%)	弯曲角 (150°)	杯突 (mm)	屈服比	晶粒等级
L1	315	208	90.0	合格	9.83	0.66	8级
L2	312	198	86.5	合格	9.82	0.63	
T1	296	188	84.8	合格	10.15	0.64	
T2	297	185	85.6	合格	9.90	0.62	

[0108] 表10中“L1”和“L2”为沿本实施例制备的钛板的轧制方向所取的两个试样，“T1”和“T2”为沿垂直于本实施例制备的钛板的轧制方向所取的两个试样。

[0109] 由表10可知,本实施例制备的钛板的抗拉强度 R_m 和屈服强度 $R_{p0.2}$ 均较低,断后伸长率较高,超过了80%,并且屈服比小于0.7,说明本实施例制备的钛板具有高塑性和低屈服强度,可在较低的强度下发生屈服并产生变形;工艺性能的检测结果显示钛板的弯曲角(150°)合格,杯突大于9mm,晶粒度达8级,进一步说明本实施例制备的钛板具有良好的塑性变形能力。

[0110] 以上所述,仅是本发明的较佳实施例,并非对本发明作任何限制。凡是根据发明技术实质对以上实施例所作的任何简单修改、变更以及等效变化,均仍属于本发明技术方案的保护范围内。