



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 109112408 B

(45) 授权公告日 2020.09.25

(21) 申请号 201811119488.4

(22) 申请日 2018.09.25

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 109112408 A

(43) 申请公布日 2019.01.01

(73) 专利权人 成都先进金属材料产业技术研究
院有限公司

地址 610306 四川省成都市青白江区城厢
镇香岛大道1509号(铁路港大厦A区13
楼A1301-1311、1319室)

(72) 发明人 涂露寒 吴铖川 赵中清 杜思敏

(74) 专利代理机构 成都虹桥专利事务所(普通
合伙) 51124

代理人 梁鑫 黄鑫

(51) Int. Cl.

G22C 38/02 (2006.01)

G22C 38/04 (2006.01)

G22C 38/06 (2006.01)

G22C 38/44 (2006.01)

G22C 38/46 (2006.01)

G22C 38/48 (2006.01)

G22C 38/54 (2006.01)

G21D 8/00 (2006.01)

审查员 胡晓笑

权利要求书2页 说明书6页

(54) 发明名称

大规格P92耐热钢锻件的制造方法

(57) 摘要

本发明涉及大规格P92耐热钢锻件的制造方法,属于钢铁冶金技术领域。本发明所要解决的技术问题是提供大规格P92耐热钢锻件的制造方法,以减少P92钢锻件的内部缺陷,提高探伤合格率,其技术方案是提供了P92钢钢锭的锻造工艺,依次包括均质化处理、锻造和退火热处理步骤,然后冷却至室温,即得P92钢锻件。本发明通过均质化处理、锻造、退火热处理的优化工艺制造出P92耐热合金锻件,能有效地控制锻件内部质量及外表面质量,尤其适用于大规格P92耐热钢的制造。

1. P92钢钢锭的锻造工艺,其特征是:依次包括均质化处理、锻造和退火热处理步骤,然后冷却至室温,即得P92钢锻件,其中,

所述均质化处理的工艺条件为:将钢锭加热至500~600℃,然后以60~80℃/h的加热速度加热到950±10℃,保温4~6小时,再以60~80℃/h的加热速度加热到1240±10℃,保温14~16小时;

所述锻造的工艺条件为:控制开锻温度1100~1140℃,终锻温度860℃~910℃;

所述退火热处理的工艺条件为:以30~50℃/h的加热速度加热到760±10℃,保温12~14h,再以20~50℃/h的降温速度降温到100~300℃;

所述P92钢锻件的规格为Ø500~700 mm。

2. 如权利要求1所述的锻造工艺,其特征是:满足以下至少一项:

所述均质化处理于950±10℃保温4小时;

所述均质化处理于1240±10℃保温14小时;

控制开锻温度1120~1140℃;

终锻温度860℃~880℃;

所述退火热处理的工艺条件为:以30~50℃/h的加热速度加热到760℃,保温12~14h,再以20~50℃/h的降温速度降温到300℃;

出炉空冷至室温。

3. 如权利要求1所述的锻造工艺,其特征是:所述锻造步骤包括两次墩粗和两次拔长,拔长采用FM法。

4. 如权利要求3所述的锻造工艺,其特征是:满足以下至少一项:

每次墩粗减小的高度 $\Delta H \leq H_0/2$, H_0 为钢锭原高度;

第一次拔长的压下量 $\geq 80\text{mm}$;

第二次拔长的压下量 $\geq 100\text{mm}$ 。

5. 如权利要求3所述的锻造工艺,其特征是:第一次拔长的压下量为80~100mm。

6. 如权利要求3所述的锻造工艺,其特征是:第二次拔长的压下量为100~120mm。

7. 如权利要求1所述的锻造工艺,其特征是:所述钢锭的化学成分按重量百分比计为:C 0.10%~0.12%、Si 0.25%~0.45%、Mn 0.35%~0.55%、 $P \leq 0.010\%$ 、 $S \leq 0.005\%$ 、Cr 8.7%~8.8%、Ni 0.20~0.30%、Mo 0.32%~0.50%、V 0.18%~0.23%、Nb 0.05%~0.08%、N 0.040%~0.045%、 $Al \leq 0.015\%$ 、W 1.60%~1.85%、B 0.002%~0.005%,余量为铁。

8. 如权利要求1所述的锻造工艺,其特征是:所述钢锭的化学成分按重量百分比计为:C 0.11%、Si 0.27%、Mn 0.49%、 $P 0.009\%$ 、 $S 0.003\%$ 、Cr 8.76%、Ni 0.26%、Mo 0.44%、V 0.22%、Nb 0.08%、N 0.044%、 $Al 0.003\%$ 、W 1.65%、B 0.003%,余量为铁。

9. 如权利要求1~8任意一项所述的锻造工艺,其特征是:满足以下至少一项:

所述钢锭为八角钢锭,锭身上口直径Ø1250mm~Ø1260mm,锭身下口直径Ø1050mm~Ø1060mm,锭身高度2505mm~2515mm;

所述钢锭重量为17~19吨。

10. P92钢锻件的制造方法,其特征是:包括如下步骤:冶炼浇铸得到钢锭,根据权利要

求1~9任意一项所述的锻造工艺进行锻造,即得P92钢锻件。

11.如权利要求10所述的制造方法,其特征是:所述冶炼浇铸依次包括电炉冶炼、LF炉外精炼、VD真空脱气和模铸工序。

12.采用权利要求10或11所述制造方法得到的P92钢锻件。

大规格P92耐热钢锻件的制造方法

技术领域

[0001] 本发明涉及大规格P92耐热钢锻件的制造方法,属于钢铁冶金技术领域。

背景技术

[0002] P92钢是在9Cr1MoVNb钢的基础上加W减Mo,同时加入微量的B元素而研制出的铁素体耐热钢。ASME SA 335/SA 335M《高温用无缝铁素体合金钢公称管》标准对P92钢的化学成分规定如下:

[0003] 化学成分(质量分数) %

	C	Si	Mn	S	P
	0.07~0.13	≤0.50	0.30~0.60	≤0.01	≤0.02
[0004]	Cr	Mo	W	V	Nb
	8.50~9.50	0.30~0.60	1.50~2.00	0.15~0.25	0.04~0.09
	N	B	Zr	Ti	Ni
	0.030~0.070	0.001~0.006	≤0.01	≤0.01	≤0.40
				Al	≤0.02

[0005] P92钢属马氏体耐热钢,具有优异的抗腐蚀、抗氧化性能和良好的高温强度、蠕变性能,且抗热疲劳性好于奥氏体不锈钢。研究表明,P92钢在600℃的许用应力和持久强度比P91钢提高了近20%。P92的研制成功,将电站锅炉的蒸汽温度从566℃提高到593℃~610℃,是一种可替代奥氏体不锈钢的铁素体钢,而且和先进的蒸汽系统的发展相适应,具有很广阔的应用前景。到目前为止,P92已在世界范围的大型火电机组上得到广泛应用,并有20多年的运行经验,是比较成熟的新型耐热钢。近年来发展的超临界和超超临界机组,P92钢也是作为主蒸汽管道、再热主蒸汽管热段及其相应的高温联箱用钢的一个重要钢种。

[0006] 然而,P92钢的热塑性变形温度范围较窄,其钢坯锻造工艺技术难度大,尤其对于大规格P92钢锭,在铸造过程中不可避免的会存在偏析、缩孔、疏松等缺陷,并且钢锭体形越大,钢锭内部的缺陷就越明显,钢锭内部缺陷对大锻件的性能会产生明显不利的影响。

[0007] 因此,优化大规格P92钢的锻造工艺,以减少其内部缺陷、提高探伤合格率,具有重要意义。

发明内容

[0008] 本发明的目的在于提供大规格P92耐热钢锻件的制造方法,以减少P92钢锻件的内部缺陷,提高探伤合格率。

[0009] 本发明提供了P92钢钢锭的锻造工艺,依次包括均质化处理、锻造和退火热处理步骤,然后冷却至室温,即得P92钢锻件,其中,

[0010] 所述均质化处理的工艺条件为:将钢锭加热至500~600℃,然后以60~80℃/h的

加热速度加热到 $950 \pm 10^\circ\text{C}$ ，保温4~6小时，再以 $60 \sim 80^\circ\text{C}/\text{h}$ 的加热速度加热到 $1240 \pm 10^\circ\text{C}$ ，保温14~16小时；

[0011] 所述锻造的工艺条件为：控制开锻温度 $1100 \sim 1140^\circ\text{C}$ ，终锻温度 $860^\circ\text{C} \sim 910^\circ\text{C}$ ；

[0012] 所述退火热处理的工艺条件为：以 $30 \sim 50^\circ\text{C}/\text{h}$ 的加热速度加热到 $760 \pm 10^\circ\text{C}$ ，保温12~14h，再以 $20 \sim 50^\circ\text{C}/\text{h}$ 的降温速度降温到 $100 \sim 300^\circ\text{C}$ ；

[0013] 所述P92钢锻件的规格为 $\text{Ø}500 \sim 700 \text{ mm}$ 。

[0014] 进一步地，所述的锻造工艺满足以下至少一项：

[0015] 于 $950 \pm 10^\circ\text{C}$ 保温4小时；

[0016] 于 $1240 \pm 10^\circ\text{C}$ 保温14小时；

[0017] 控制开锻温度 $1120 \sim 1140^\circ\text{C}$ ；

[0018] 终锻温度 $860^\circ\text{C} \sim 880^\circ\text{C}$ ；

[0019] 所述退火热处理的工艺条件为：以 $30 \sim 50^\circ\text{C}/\text{h}$ 的加热速度加热到 760°C ，保温12~14h，再以 $20 \sim 50^\circ\text{C}/\text{h}$ 的降温速度降温到 300°C ；

[0020] 出炉空冷至室温。

[0021] 进一步地，所述锻造步骤包括两次镦粗和两次拔长，拔长采用FM法。

[0022] 进一步地，所述的锻造工艺满足以下至少一项：

[0023] 每次镦粗减小的高度 $\Delta H \leq H_0/2$ ， H_0 为钢锭原高度；

[0024] 第一次拔长的压下量 $\geq 80\text{mm}$ ；

[0025] 第二次拔长的压下量 $\geq 100\text{mm}$ 。

[0026] 优选地，第一次拔长的压下量为 $80 \sim 100\text{mm}$ 。

[0027] 优选地，第二次拔长的压下量为 $100 \sim 120\text{mm}$ 。

[0028] 进一步地，所述钢锭的化学成分按重量百分比计为：C $0.10\% \sim 0.12\%$ 、Si $0.25\% \sim 0.45\%$ 、Mn $0.35\% \sim 0.55\%$ 、 $P \leq 0.010\%$ 、 $S \leq 0.005\%$ 、Cr $8.7\% \sim 8.8\%$ 、Ni $0.20 \sim 0.30\%$ 、Mo $0.32\% \sim 0.50\%$ 、V $0.18\% \sim 0.23\%$ 、Nb $0.05\% \sim 0.08\%$ 、N $0.040\% \sim 0.045\%$ 、Al $\leq 0.015\%$ 、W $1.60\% \sim 1.85\%$ 、B $0.002\% \sim 0.005\%$ ，余量为铁。

[0029] 优选地，所述钢锭的化学成分按重量百分比计为：C 0.11% 、Si 0.27% 、Mn 0.49% 、 $P 0.009\%$ 、 $S 0.003\%$ 、Cr 8.76% 、Ni 0.26% 、Mo 0.44% 、V 0.22% 、Nb 0.08% 、N 0.044% 、Al 0.003% 、W 1.65% 、B 0.003% ，余量为铁。

[0030] 进一步地，所述的锻造工艺满足以下至少一项：

[0031] 所述钢锭为八角钢锭，锭身上口直径 $\text{Ø}1250\text{mm} \sim \text{Ø}1260\text{mm}$ ，锭身下口直径 $\text{Ø}1050\text{mm} \sim \text{Ø}1060\text{mm}$ ，锭身高度 $2505\text{mm} \sim 2515\text{mm}$ ；

[0032] 所述钢锭重量为17~19吨。

[0033] 本发明提供了P92钢锻件的制造方法，包括如下步骤：冶炼浇铸得到钢锭，根据上述锻造工艺进行锻造，即得P92钢锻件。

[0034] 进一步地，所述冶炼浇铸依次包括电炉冶炼、LF炉外精炼、VD真空脱气和模铸工序。

[0035] 本发明提供了采用上述制造方法得到的P92钢锻件。

[0036] 本发明所述加热以料温为准，工艺参数中限定的温度都是指料温，而不是计算机

显示的工艺温度。预热段温度不得高于工艺要求的最高装炉温度。

[0037] 因钢坯从加热炉中出来到开始锻造时,温度会下降,为了确保开锻温度在1100~1140℃,需要在开锻前30分钟将钢锭的加热温度提高到1250℃。

[0038] 本发明采用二镦二拔(+FM法)成材,其工艺要点如下:

[0039] a钢锭快锻打钳把,先倒棱滚圆。回炉1240℃±10℃,再烧时间45~90分钟,镦粗减小的高度 $\Delta H \leq H_0/2$ (H_0 为钢锭原高度),镦粗采用上下弧形托盘。其中,采用弧形托盘能使坯料中心更容易压实,防止中心疏松等缺陷的产生。

[0040] b第一次拔长时上下采用500mm宽砧,压下量为 ≥ 80 mm。然后再次镦粗减小的高度 $\Delta H \leq H_0/2$ (H_0 为钢锭原高度);镦粗采用上下弧形托盘。再次拔长也采用500mm宽砧,压下量为 ≥ 100 mm。然后锻成大方,中心压实。

[0041] c再锻造的过程中,若终锻温度 ≤ 850 ℃时,须将锻件再次进行加热,加热温度1230±10℃,保温1.5h~2h后拔长到成品规格。这样能够保证钢锭再次锻造时不会因为锻造温度过低而产生锻造开裂。

[0042] 锻造时开始要轻压,防止锻件开裂。压下量按加热温度高低确定。一般温度较低时,压下量减少,这也是为了预防开裂。如果发现锻造裂纹,应立即清除,以防扩展。芯轴扩孔时,转动要均匀,每次压下量要均匀,以保证变形分布均匀,减少混晶现象。当锻件温度低于终锻温度时,必须停止锻造。

[0043] 本发明提供了P92钢钢锭的锻造工艺,通过均质化处理、锻造、退火热处理的优化工艺制造出P92耐热合金锻件,能有效地控制锻件内部质量及外表面质量,尤其适用于大规格P92耐热钢的制造。采用本发明锻造工艺得到的P92钢大规格锻件按GB/T6402-20083级要求进行超声波探伤检验,探伤合格率达到95%以上,对锻件质量的提升效果非常显著,而且能够连续稳定运行。本发明方法实施后能够创造出明显的经济效益,为超超临界火电机组用P92材料实现国产化提供原材料保障。

具体实施方式

[0044] 本发明具体实施方式中使用的原料、设备均为已知产品,通过购买市售产品获得。

[0045] 本发明提供了P92钢钢锭的锻造工艺,依次包括均质化处理、锻造和退火热处理步骤,然后冷却至室温,即得P92钢锻件,其中,

[0046] 所述均质化处理的工艺条件为:将钢锭加热至500~600℃,然后以60~80℃/h的加热速度加热到950±10℃,保温4~6小时,再以60~80℃/h的加热速度加热到1240±10℃,保温14~16小时;

[0047] 所述锻造的工艺条件为:控制开锻温度1100~1140℃,终锻温度860℃~910℃;

[0048] 所述退火热处理的工艺条件为:以30~50℃/h的加热速度加热到760±10℃,保温12~14h,再以20~50℃/h的降温速度降温到100~300℃;

[0049] 所述P92钢锻件的规格为 $\varnothing 500 \sim 700$ mm。

[0050] 对于大锻件用钢锭,钢锭中粗大不均匀的铸态结构、偏析、疏松、夹杂、气体、孔洞等冶金缺陷,必须通过锻造热变形来消除或改善。

[0051] 上述锻造工艺中,均质化处理是锻造前的最基本工序,其质量好坏将直接影响锻件的产量、质量和成本等技术经济指标。所以,研究选择合理的加热制度是十分重要的。本

发明采用连续加热曲线对钢锭进行加热,能够使钢锭内外表面温度保持一致,同时防止因加热过快而导致钢锭内部产生应力裂纹。

[0052] 其次,通过锻造能够改善坯料内部的疏松或孔洞等缺陷,以获得均质致密的微观组织,从而提升锻件的塑性和力学性能。

[0053] 最后,由于钢材在锻造后,在冷却过程中因表面和心部冷却速度不同,造成内外温差会产生残余应力。本发明在锻造后进行退火去应力热处理,能够防止大规格P92锻造后变形开裂。

[0054] 以下通过实施例对本发明作进一步说明。其中,所用到的钢锭采用“电炉冶炼+LF炉外精炼+VD真空脱气+模铸”工艺路线冶炼生产得到,为满足冶金质量要求,达到优化目标,对P92的冶炼工艺主要从以下环节进行控制:

[0055] (1) 选用优质的废钢和低P、S、Sn、As的生铁或铁水作原材料,确保废钢熔化后钢水中的P、S、Sn、As含量较低。

[0056] (2) 初炼钢水重点控制终点[C]、终点[P],防止钢水过氧化,出钢过程采用无渣出钢,减少或避免精炼过程炉渣回[P],确保产品低的[P]含量。

[0057] (3) LF炉外精炼重点控制脱氧制度、造渣制度和合金化,保证钢水良好的脱氧、脱硫、去夹杂,提高钢质纯净度;LF精炼过程快速造发泡性良好的白渣,增强炉渣吸附钢水夹杂物的能力。

[0058] (4) 控制LF精炼B的加入量、加入时间和加入方式,保证B稳定的收得率。

[0059] (5) 在LF精炼和VD真空脱气过程中,采用吹氮新工艺增氮,解决钢水真空脱气处理后加氮化合金增氮,导致增加钢中夹杂物,降低钢质纯净度的问题。

[0060] (6) 确保VD真空处理的真空度和低真空时的保持时间以及真空处理后的软吹时间,去除钢水中的气体和夹杂物含量,提高钢质纯净度。

[0061] (7) 采用氩气保护浇铸,避免钢水被二次氧化,提高管坯内部质量。

[0062] 实施例1采用本发明方法制造P92钢锻件

[0063] 采用本发明方法生产 $\text{Ø}500\text{mm}$ 的耐热钢P92,包括步骤有冶炼、均质化处理、锻造、退火热处理。

[0064] 通过上述冶炼步骤得到钢锭,所述钢锭重量为19吨的八角锭(锭身上口尺寸 $\text{Ø}1260\text{mm}$;锭身下口尺寸 $\text{Ø}1060\text{mm}$;锭身高度2515mm),该钢锭的化学成分按重量百分比为:C 0.11%、Si 0.27%、Mn 0.49%、P 0.009%、S 0.003%、Cr 8.76%、Ni 0.26%、Mo 0.44%、V 0.22%、Nb 0.08%、N 0.044%、Al 0.003%、W 1.65%、B 0.003%以及余量的Fe和不可避免的杂质。

[0065] 均质化处理:该钢锭红送(测温 500°C)至加热炉中,钢锭按 $80^{\circ}\text{C}/\text{h}$ 的升温速率加热到 $950^{\circ}\text{C} \pm 10^{\circ}\text{C}$,并在此温度条件下保温4h;再以 $80^{\circ}\text{C}/\text{h}$ 的升温速率加热到 $1240^{\circ}\text{C} \pm 10^{\circ}\text{C}$,并保温14h;最后钢锭出炉,钢锭在加热炉中的总时间为27.3h;

[0066] 锻造:本发明锻造采用两轻一重,直接拔长成型工艺。采用二锻二拔(+FM法)成材,开锻温度为 1140°C ,终锻温度为 860°C 。锻粗采用上下弧形托盘,拔长采用上下500mm平砧锻造。锻粗高度为 $H_0/2$ (H_0 为钢锭原高度),第一次拔长的压下量为80mm,第二次拔长的压下量为100mm,最后锻成大方,中心压实。采用该方法生产成 $\text{Ø}500\text{mm}$ 的锻件圆钢。

[0067] 退火:为消除锻件内部因锻造产生的残余应力和组织应力,须对该发明锻制后的圆钢进行退火热处理。将锻件按升温速率50℃/h加热到760℃,保温12h后,按降温速率50℃/h降至300℃后,出炉空冷至室温。

[0068] 采用该方法生产的 $\text{Ø}500\text{mm}$ 的锻件圆钢,进行超声波探伤检验,一次合格率为100%。

[0069] 实施例2采用本发明方法制造P92钢锻件

[0070] 采用本发明方法生产 $\text{Ø}600\text{mm}$ 的耐热钢P92,包括步骤有冶炼、均质化处理、锻造、退火热处理。

[0071] 通过上述冶炼步骤得到钢锭,所述钢锭重量为19吨的八角锭(锭身上口尺寸 $\text{Ø}1260\text{mm}$;锭身下口尺寸 $\text{Ø}1060\text{mm}$;锭身高度2515mm),该钢锭的化学成分按重量百分比为:C 0.11%、Si 0.27%、Mn 0.49%、P 0.009%、S 0.003%、Cr 8.76%、Ni 0.26%、Mo 0.44%、V 0.22%、Nb 0.08%、N 0.044%、Al 0.003%、W 1.65%、B 0.003%以及余量的Fe和不可避免的杂质。

[0072] 均质化处理:该钢锭红送(测温550℃)至加热炉中,钢锭按70℃/h的升温速率加热到950℃ \pm 10℃,并在此温度条件下保温4h;再以70℃/h的升温速率加热到1240℃ \pm 10℃,并保温14h;最后钢锭出炉,钢锭在加热炉中的总时间为27.9h;

[0073] 锻造:本发明锻造采用两轻一重,直接拔长成型工艺。采用二镘二拔(+FM法)成材,开锻温度为1130℃,终锻温度为870℃。镘粗采用上下弧形托盘,拔长采用上下500mm平砧锻造。镘粗高度为H0/2(H0为钢锭原高度),第一次拔长的压下量为90mm,第二次拔长的压下量为110mm,最后锻成大方,中心压实。采用该方法生产成 $\text{Ø}600\text{mm}$ 的锻件圆钢。

[0074] 退火:为消除锻件内部因锻造产生的残余应力和组织应力,须对该发明锻制后的圆钢进行退火热处理。将锻件按升温速率40℃/h加热到760℃,保温13h后,按降温速率30℃/h降至300℃后,出炉空冷至室温。

[0075] 采用该方法生产的 $\text{Ø}600\text{mm}$ 的锻件圆钢,进行超声波探伤检验,一次合格率为98%。

[0076] 实施例3采用本发明方法制造P92钢锻件

[0077] 采用本发明方法生产 $\text{Ø}700\text{mm}$ 的耐热钢P92,包括步骤有冶炼、均质化处理、锻造、退火热处理。

[0078] 通过上述冶炼步骤得到钢锭,所述钢锭重量为19吨的八角锭(锭身上口尺寸 $\text{Ø}1260\text{mm}$;锭身下口尺寸 $\text{Ø}1060\text{mm}$;锭身高度2515mm),该钢锭的化学成分按重量百分比为:C 0.11%、Si 0.27%、Mn 0.49%、P 0.009%、S 0.003%、Cr 8.76%、Ni 0.26%、Mo 0.44%、V 0.22%、Nb 0.08%、N 0.044%、Al 0.003%、W 1.65%、B 0.003%以及余量的Fe和不可避免的杂质。

[0079] 均质化处理:该钢锭红送(测温600℃)至加热炉中,钢锭按60℃/h的升温速率加热到950℃ \pm 10℃,并在此温度条件下保温4h;再以60℃/h的升温速率加热到1240℃ \pm 10℃,并保温14h;最后钢锭出炉,钢锭在加热炉中的总时间为28.7h;

[0080] 锻造:本发明锻造采用两轻一重,直接拔长成型工艺。采用二镘二拔(+FM法)成材,开锻温度为1120℃,终锻温度为880℃。镘粗采用上下弧形托盘,拔长采用上下500mm平砧锻

造。墩粗高度为 $H_0/2$ (H_0 为钢锭原高度),第一次拔长的压下量为100mm,第二次拔长的压下量为120mm,最后锻成大方,中心压实。采用该方法生产成 $\text{Ø}700\text{mm}$ 的锻件圆钢。

[0081] 退火:为消除锻件内部因锻造产生的残余应力和组织应力,须对该发明锻制后的圆钢进行退火热处理。将锻件按升温速率 $30^\circ\text{C}/\text{h}$ 加热到 760°C ,保温14h后,按降温速率 $20^\circ\text{C}/\text{h}$ 降至 300°C 后,出炉空冷至室温。

[0082] 采用该方法生产的 $\text{Ø}700\text{mm}$ 的锻件圆钢,进行超声波探伤检验,一次合格率为95%。

[0083] 对比例

[0084] 采用与实施例1~3相同的P92钢钢锭,红送钢锭的温度为 600°C ,首先以 $80^\circ\text{C}/\text{h}$ 的加热速率加热到 $950\pm 10^\circ\text{C}$,保温时间5h;再以 $100^\circ\text{C}/\text{h}$ 的加热速率加热到 $1220\pm 10^\circ\text{C}$;按照实施例1方法进行锻造;锻制后的钢锭按升温速率 $50^\circ\text{C}/\text{h}$ 加热到 760°C ,保温12h后,按降温速率 $50^\circ\text{C}/\text{h}$ 降至 300°C 后,出炉空冷至室温。

[0085] 采用上述工艺,钢锭在进行均质化处理时加热温度较低,结果钢锭在锻造过程中发生了拉伸裂纹,同时增加了设备负荷。锻造后得到的锻件探伤合格率仅为60%,发生大批量探伤报警。