



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 104826890 B

(45)授权公告日 2016.08.24

(21)申请号 201510231872.3

(22)申请日 2015.05.09

(73)专利权人 山西太钢不锈钢股份有限公司

地址 030003 山西省太原市尖草坪区尖草
坪街2号

(72)发明人 聂飞 康喜唐 拓雷锋 范晔峰
李鹏 付俊生 张琳 张晓 侯楠
梁祥祥

(74)专利代理机构 太原市科瑞达专利代理有限
公司 14101

代理人 江淑兰

(51)Int.Cl.

B21C 37/06(2006.01)

审查员 周凌云

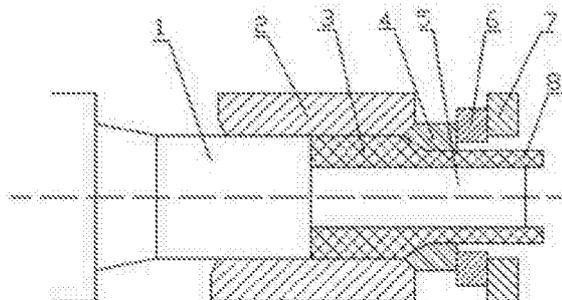
权利要求书2页 说明书12页 附图1页

(54)发明名称

一种超级奥氏体不锈钢无缝管的制造方法

(57)摘要

本发明公开了一种超级奥氏体不锈钢无缝管的制造方法,属于奥氏体不锈钢制备技术领域。本发明研究了超级奥氏体不锈钢冶炼、浇注、电渣重熔、均质化退火、管坯锻造及无缝管的热加工、冷加工、热处理工艺,针对UNS N08904和UNS S31254超级奥氏体不锈钢无缝管成品规格分配冷、热加工变形工艺和制定设备参数,解决了钢管在冷、热轧制变形区开裂问题;研究了超级奥氏体不锈钢组织转变规律,解决了超级奥氏体不锈钢无缝管热处理金属间析出相问题。



1. 一种超级奥氏体不锈钢无缝管的制造方法,其特征在于:包括下述依次步骤:

(1)冶炼

预处理后的铁水经过转炉或电炉冶炼与AOD或VOD精炼后,出钢,精炼完毕模铸成钢坯;

(2)电渣重熔

采用氩气保护电渣重熔炉及适合的锭型,重熔后快速冷却;

(3)均质化退火

为消除成分偏析进行长时间的均质化退火,退火温度控制在1150~1250℃,退火时间20~40h;

(4)管坯锻造

①加热

将钢坯加热,均热温度为1100~1200℃,加热时间根据钢坯厚度计算,取1~2min/mm,均热时间为30~60min,确保钢坯烧透、均匀;

②轧制或锻造实心管坯

轧制或锻造实心管坯时,开轧或开锻的温度为1100~1200℃,最低终轧或终锻温度为1000℃;

轧制或锻造完成后快速冷却至室温;

(5)坯料准备

将坯料分段锯切至600~850mm,深孔钻加工 $\Phi 40\sim\Phi 100$ mm中心通孔;

(6)热挤压

①坯料预热:坯料在环形炉中预热,环形炉温度设置为690~1010℃,驻炉时间为1min/mm,随外径增加驻炉时间相应增加;

②一次感应加热:坯料放入中频感应炉感应加热,感应加热温度设定为 $1100\pm 10^\circ\text{C}$,保温时间为1~3min,加热功率为600~650kW,保温功率 ≤ 200 kW;

③玻璃粉润滑:坯料内、外壁使用高温下熔融态的玻璃粉进行润滑;

④扩孔:使用扩孔锥进行扩孔;

⑤二次感应加热:坯料放入中频感应炉感应加热,感应加热温度设定为 $1150\pm 10^\circ\text{C}$,保温时间为1~3min,加热功率为600~650kW,保温功率 ≤ 200 kW;

⑥热挤压:采用热挤压模具,断面收缩率为50%~100%,挤压后 30 ± 5 s内完成固溶;

热挤压后依次经矫直、锯切、酸洗转入冷加工工序;

(7)冷加工

冷加工方式有两种:冷轧、冷拔;

①冷轧工艺参数设置:减径率:10~40%;减壁率:30~60%;送进量4~6mm/次;

②冷拔分扩径和减径两种:扩径为20~30mm/道次,壁厚减薄0.2~0.5mm;减径为5~10mm/道次,壁厚减薄1~1.5mm;

(8)热处理

冷加工后的钢管经脱脂后进行热处理,热处理分为半成品与成品两种热处理工艺;热处理后20s内完成固溶;

热处理后依次经矫直、锯切、酸洗转入成品工序或下道次冷加工工序。

2. 根据权利要求1所述的超级奥氏体不锈钢无缝管的制造方法,其特征在于:所述坯料

为UNS N08904或UNS S31254超级奥氏体不锈钢,步骤(1)中钢水成分百分数达到下述要求即可出钢:

UNS N08904的成分为: $C \leq 0.02\%$, $Si \leq 1.00\%$, $Mn \leq 2.00\%$, $P \leq 0.045\%$, $S \leq 0.035\%$, $19.0\% \leq Cr \leq 23.0\%$, $23.0\% \leq Ni \leq 28.0\%$, $4.0\% \leq Mo \leq 5.0\%$, $1.0\% \leq Cu \leq 2.00\%$, 其余为铁及微量其它杂质元素;

UNS S31254的成分为: $C \leq 0.02\%$, $Si \leq 0.80\%$, $Mn \leq 1.00\%$, $P \leq 0.030\%$, $S \leq 0.010\%$, $19.5\% \leq Cr \leq 20.5\%$, $17.5\% \leq Ni \leq 18.5\%$, $6.0\% \leq Mo \leq 6.5\%$, $0.5\% \leq Cu \leq 1.0\%$, $0.18\% \leq N \leq 0.20\%$, 其余为铁及微量其它杂质元素。

3. 根据权利要求1所述的超级奥氏体不锈钢无缝管的制造方法,其特征在于:步骤(1)冶炼中,模铸成专用的电渣圆锭,圆锭直径为400~1000mm;电渣圆锭经步骤(2)进行电渣重熔,规格为 $\Phi 300 \sim 800\text{mm}$ 。

4. 根据权利要求1所述的超级奥氏体不锈钢无缝管的制造方法,其特征在于:步骤(4)管坯锻造中,规格为 $\Phi 219 \sim 400\text{mm}$,保证锻造比为2以上。

5. 根据权利要求1所述的超级奥氏体不锈钢无缝管的制造方法,其特征在于:步骤(6)热挤压过程中,所述熔融态的玻璃粉的温度为1100~1250℃。

6. 根据权利要求1所述的超级奥氏体不锈钢无缝管的制造方法,其特征在于:步骤(6)热挤压过程中,对于UNS N08904,坯料预热时,设置环形炉温度为: $700 \pm 10^\circ\text{C}$;采用的扩孔锥为: $\Phi 80 \sim 260\text{mm}$;采用的热挤压模具为: $\Phi 89 \times 7 \sim \Phi 325 \times 40\text{mm}$,断面收缩率不小于50%;热挤压后钢管的外径范围为 $\Phi 89 \sim 325\text{mm}$,公差为 $\pm 2\text{mm}$;壁厚范围为7~40mm,壁厚公差 $\pm 1\text{mm}$ 。

7. 根据权利要求1所述的超级奥氏体不锈钢无缝管的制造方法,其特征在于:步骤(6)热挤压过程中,对于UNS S31254,坯料预热时,设置环形炉温度为: $1000 \pm 10^\circ\text{C}$;采用的扩孔锥为: $\Phi 80 \sim 250\text{mm}$;采用的热挤压模具为: $\Phi 114 \times 10 \sim \Phi 250 \times 20\text{mm}$,挤压比不超过15;热挤压后钢管的外径范围为 $\Phi 114 \sim 250\text{mm}$,公差为 $\pm 2\text{mm}$;壁厚范围为10~20mm,壁厚公差 $\pm 1\text{mm}$ 。

8. 根据权利要求1所述的超级奥氏体不锈钢无缝管的制造方法,其特征在于:步骤(7)冷加工过程中,对于UNS N08904,冷轧工艺参数为:减径率:20~40%;减壁率:40~60%;送进量4~6mm/次;对于UNS S31254,冷轧工艺参数为:减径率:10~40%;减壁率:30~60%,同时不大于5mm;送进量4~6mm/次;轧制次数30~40次/min。

9. 根据权利要求1所述的超级奥氏体不锈钢无缝管的制造方法,其特征在于:步骤(8)热处理过程中,对于UNS N08904,半成品的热处理温度为1130~1150℃,保温时间3min/mm;成品热处理温度为1100~1120℃,保温时间2min/mm。

10. 根据权利要求1所述的超级奥氏体不锈钢无缝管的制造方法,其特征在于:步骤(8)热处理过程中,对于UNS S31254,半成品的热处理温度为1160~1180℃,保温时间3min/mm;成品热处理温度为1150~1170℃,保温时间2min/mm。

一种超级奥氏体不锈钢无缝管的制造方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种超级奥氏体不锈钢无缝管的制造方法,属于奥氏体不锈钢制备技术领域。

背景技术

[0002] 随现代工业的发展,对材料的需求日趋苛刻,传统的300系不锈钢(304、316)已经无法满足生产需求。为此,在300系不锈钢基础上提高钢中的Cr、Ni、Mo含量,同时加入其他元素,发展了许多高合金的新牌号。通过加入Cu、Si等元素,形成了UNS N08904(00Cr20Ni25Mo4.5Cu);通过加入Cu、N等元素,形成了UNS S31254(00Cr20Ni18Mo6CuN);以上两种都是应用广泛的超级奥氏体不锈钢品种。

[0003] UNS N08904合金含量接近50%,冷、热塑性较300系不锈钢差,且冷、热加工区间窄,变形抗力大,在加工过程中容易造成开裂。同时, σ 相的沉淀是该钢种生产的另一难题, σ 相会导致塑性降低,同时造成耐蚀性能下降。因此,UNS N08904超级奥氏体不锈钢无缝管通常依赖进口。

[0004] UNS S31254是6Mo不锈钢中的典型品种,Mo元素的加入使得钢的变形抗力增大,热塑性减低,因此高Mo不锈钢热塑性较差。N元素同样会对该品种的冷、热加工性能产生较大影响,特别是热加工过程。同时, σ 相的沉淀是该钢种生产的另一难题, σ 相会导致塑性降低,同时造成耐蚀性能下降。因此,UNS S31254超级奥氏体不锈钢无缝管通常依赖进口。

发明内容

[0005] 本发明旨在提供一种超级奥氏体不锈钢无缝管的制造方法,制定了UNS N08904和UNS S31254超级奥氏体不锈钢冶炼、电渣重熔、均质化退火、管坯锻造、钢管热挤压、冷加工变形工艺参数,解决了钢管在冷、热轧制变形区开裂问题;研究了超级奥氏体不锈钢组织转变规律,解决了超级奥氏体不锈钢无缝管热处理金属间析出相问题。

[0006] 本发明研究了超级奥氏体不锈钢冶炼、浇注、管坯锻造、钢管热挤压、钢管冷加工、热处理工艺,关键工艺参数如下:

[0007] 冶炼 化学成分控制

[0008] 电渣重熔 重熔方式

[0009] 均质化退火 退火温度、退火时间

[0010] 管坯锻造 锻造温度

[0011] 热加工 挤压温度、挤压比、挤压速度

[0012] 冷加工 变形量、轧制速度、送进量或冷轧、冷拔

[0013] 热处理 温度、保温时间、冷却方式

[0014] 通过研究上述工艺的关键参数,最终解决了UNS N08904和UNS S31254超级奥氏体不锈钢无缝管全线生产工艺难题,完成了品种的系列化生产,产品范围覆盖外径25~426mm,标准满足无缝管标准要求。

- [0015] 本发明提供了一种超级奥氏体不锈钢无缝管的制造方法,包括下述依次步骤:
- [0016] (1)冶炼
- [0017] 预处理后的铁水经过转炉或电炉冶炼与AOD或VOD精炼后,出钢,精炼完毕模铸成钢坯;
- [0018] (2)电渣重熔
- [0019] 采用氩气保护电渣重熔炉及适合的锭型,重熔后快速冷却;
- [0020] (3)均质化退火
- [0021] 为消除成分偏析进行长时间的均质化退火,退火温度控制在1150~1250℃,退火时间20~40h;
- [0022] (4)管坯锻造
- [0023] ①加热
- [0024] 将钢坯加热,均热温度为1100-1200℃,加热时间根据钢坯厚度计算,取1-2min/mm,均热时间为30-60min,确保钢坯烧透、均匀;
- [0025] ②轧制或锻造实心管坯
- [0026] 轧制或锻造实心管坯时,开轧或开锻的温度为1100~1200℃,最低终轧或终锻温度为1000℃。轧制或锻造完成后快速冷却至室温;
- [0027] (5)坯料准备
- [0028] 将坯料分段锯切至600~850mm,深孔钻加工 $\Phi 40\sim\Phi 100$ mm中心通孔;
- [0029] (6)热挤压
- [0030] ①坯料预热:坯料在环形炉中预热,环形炉温度设置为690~1010℃,驻炉时间为1min/mm,随外径增加驻炉时间相应增加;
- [0031] ②一次感应加热:坯料放入中频感应炉感应加热,感应加热温度设定为1100±10℃,保温时间为1~3min,加热功率为600~650kW,保温功率≤200kW;
- [0032] ③玻璃粉润滑:坯料内、外壁使用高温下熔融态的玻璃粉进行润滑;
- [0033] ④扩孔:使用扩孔锥进行扩孔;
- [0034] ⑤二次感应加热:坯料放入中频感应炉感应加热,感应加热温度设定为1150±10℃,保温时间为1~3min,加热功率为600~650kW,保温功率≤200kW;
- [0035] ⑥热挤压:采用热挤压模具,断面收缩率为50%~100%,挤压后30±5s内完成固溶;
- [0036] 挤压过程示意图1,挤压比由坯料尺寸、挤压针尺寸、挤压模尺寸决定;需根据成品管材的尺寸要求,选择坯料规格及工模具尺寸。
- [0037] 热挤压后依次经矫直、锯切、酸洗转入冷加工工序;
- [0038] (7)冷加工
- [0039] 冷加工方式有两种:冷轧、冷拔;
- [0040] ①冷轧工艺参数设置:减径率:10~40%;减壁率:30~60%;送进量4~6mm/次;
- [0041] ②冷拔分扩径和减径两种:扩径为20~30mm/道次,壁厚减薄0.2~0.5mm;减径为5~10mm/道次,壁厚减薄1~1.5mm。
- [0042] (8)热处理
- [0043] 冷加工后的钢管经脱脂后进行热处理,热处理分为半成品与成品两种热处理工艺;热处理后20s内完成固溶;

[0044] 热处理后依次经矫直、锯切、酸洗转入成品工序或下道次冷加工工序。

[0045] 上述方案中,所述坯料为UNS N08904或UNS S31254超级奥氏体不锈钢,步骤(1)中钢水成分百分数达到下述要求即可出钢:

[0046] UNS N08904的成分为: $C \leq 0.02\%$, $Si \leq 1.00\%$, $Mn \leq 2.00\%$, $P \leq 0.045\%$, $S \leq 0.035\%$, $19.0\% \leq Cr \leq 23.0\%$, $23.0\% \leq Ni \leq 28.0\%$, $4.0\% \leq Mo \leq 5.0\%$, $1.0\% \leq Cu \leq 2.00\%$,其余为铁及微量其它杂质元素;

[0047] UNS S31254的成分为: $C \leq 0.02\%$, $Si \leq 0.80\%$, $Mn \leq 1.00\%$, $P \leq 0.030\%$, $S \leq 0.010\%$, $19.5\% \leq Cr \leq 20.5\%$, $17.5\% \leq Ni \leq 18.5\%$, $6.0\% \leq Mo \leq 6.5\%$, $0.5\% \leq Cu \leq 1.0\%$, $0.18\% \leq N \leq 0.20\%$,其余为铁及微量其它杂质元素。

[0048] 上述方案中,步骤(1)模铸成专用的电渣圆锭,圆锭直径为400~1000mm。

[0049] 上述方案中,步骤(2)将电渣圆锭进行电渣重熔,规格为 $\Phi 300 \sim 800\text{mm}$ 。

[0050] 上述方案中,步骤(4)管坯锻造的规格为 $\Phi 219 \sim 400\text{mm}$,保证锻造比2以上。

[0051] 上述方案中,步骤(6)热挤压过程中,所述熔融态的玻璃粉的温度为1100~1250℃。

[0052] 上述方案中,步骤(6)热挤压过程中,对于UNS N08904,坯料预热时,设置环形炉温度为: $700 \pm 10^\circ\text{C}$;采用的扩孔锥为: $\Phi 80 \sim 260\text{mm}$;采用的热挤压模具为: $\Phi 89 \times 7 \sim \Phi 325 \times 40\text{mm}$,断面收缩率不小于50%,不超过90%;热挤压后钢管的外径范围为 $\Phi 89 \sim 325\text{mm}$,公差为 $\pm 2\text{mm}$;壁厚范围为7~40mm,壁厚公差 $\pm 1\text{mm}$ 。

[0053] 上述方案中,步骤(6)热挤压过程中,对于UNS S31254,坯料预热时,设置环形炉温度为: $1000 \pm 10^\circ\text{C}$;采用的扩孔锥为: $\Phi 80 \sim 200\text{mm}$;采用的热挤压模具为: $\Phi 114 \times 10 \sim \Phi 250 \times 20\text{mm}$,断面收缩率不小于50%,不超过90%;热挤压后钢管的外径范围为 $\Phi 114 \sim 250\text{mm}$,公差为 $\pm 2\text{mm}$;壁厚范围为10~20mm,壁厚公差 $\pm 1\text{mm}$ 。

[0054] 上述方案中,步骤(7)冷加工过程中,对于UNS N08904,冷轧工艺参数为:减径率:20~40%;减壁率:40~60%;送进量4~6mm/次。

[0055] 上述方案中,步骤(7)冷加工过程中,对于UNS S31254,冷轧工艺参数为:减径率:10~40%;减壁率:30~60%,同时不大于5mm;送进量4~6mm/次;轧制次数30~40次/min。

[0056] 上述方案中,步骤(8)热处理过程中,对于UNS N08904,半成品的热处理温度为1130~1150℃,保温时间3min/mm;成品热处理温度为1100~1120℃,保温时间2min/mm。

[0057] 上述方案中,步骤(8)热处理过程中,对于UNS S31254,半成品的热处理温度为1160~1180℃,保温时间3min/mm;成品热处理温度为1150~1170℃,保温时间2min/mm。

[0058] 本发明提供的一种超级奥氏体不锈钢无缝管的生产方法,带来的有益效果:

[0059] (1)加工工艺:制定了冶炼+浇注+电渣重熔+均质化退火+锻造+挤压+冷轧(拔)+固溶的全线无缝生产工艺,可以生产出超级奥氏体不锈钢UNS N08904和UNS S31254无缝钢管;

[0060] (2)固溶温度:采用了高温固溶工艺,可以控制晶粒度在4~7级且晶界无 σ 相析出,同时力学性能指标较标准要求高出20~40%。

附图说明

[0061] 图1为热挤压模具的结构及使用状态示意图。

[0062] 图中1为挤压杆,2为挤压筒,3为坯料,4为挤压模,5为挤压针,6为模垫,7为模座,8为管材。

具体实施方式

[0063] 下面通过实施例来进一步说明本发明,但不局限于以下实施例。

[0064] 实施例1:

[0065] 针对成品规格 $\Phi 38 \times 2\text{mm}$ 设计工艺流程如下:

[0066] 冶炼→浇注→电渣重熔→均质化退火→管坯锻造→管坯准备($\Phi 219\text{mm}$)→热挤压($\Phi 89 \times 7\text{mm}$)→矫直→锯切→酸洗→冷轧($\Phi 57 \times 4\text{mm}$)→脱脂→热处理→矫直→锯切→酸洗→冷轧($\Phi 38 \times 2\text{mm}$)→脱脂→热处理→矫直→锯切→酸洗→探伤→入库

[0067] 具体工艺流程如下:

[0068] (1)冶炼

[0069] 坯料采用电炉+AOD+LF炉冶炼,原料成分如下表。

UNS N08904 (00Cr20Ni25Mo4.5Cu)	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	Cu
		0.016	0.50	1.32	0.020	0.0014	24.39	20.08	4.26

[0071] 冶炼完毕模铸成 $\Phi 500\text{mm}$ 电渣锭。

[0072] (2)电渣重熔

[0073] 用氩气保护电渣重熔炉电渣重熔,电渣熔融后锭型规格为 $\Phi 400\text{mm}$ 。

[0074] (3)均质化退火

[0075] 退火温度控制在 $1220 \sim 1240^\circ\text{C}$,退火时间30h。

[0076] (4)锻造

[0077] ①加热

[0078] 钢坯加热至 1180°C ,加热时间400min,均热时间为45min,确保钢坯烧透、均匀。

[0079] ②锻造实心管坯

[0080] 开锻的温度为 1155°C ,终锻温度为 1021°C 。锻造完成后快速冷却至室温。锻造规格为 $\Phi 230\text{mm}$,锻造比3.02。锻造完毕车光外圆至 $\Phi 219\text{mm}$ 。

[0081] (5)坯料准备

[0082] 将锻造后管坯锯切成850mm/支的坯料,中心通孔为 $\Phi 40\text{mm}$ 。

[0083] (6)热挤压

[0084] ①坯料预热:坯料在环形炉中预热,环形炉出炉温度 704°C ,驻炉时间219min;

[0085] ②一次感应加热:坯料放入中频感应炉感应加热,加热功率为620kW,保温功率130kW,保温时间2min,红外测温仪显示坯料外表温度 1103°C ,内表温度 1105°C ;

[0086] ③玻璃粉润滑:坯料内、外壁使用 $1100 \sim 1250^\circ\text{C}$ 熔融态玻璃粉进行润滑;

[0087] ④扩孔:使用 $\Phi 85\text{mm}$ 的扩孔锥进行扩孔;

[0088] ⑤二次感应加热:坯料放入中频感应炉感应加热,加热功率为610kW,保温功率100kW,保温时间1min,红外测温仪显示坯料外表温度 1155°C ,内表温度 1148°C ;

[0089] ⑥热挤压:热挤压采用 $\Phi 89 \times 7\text{mm}$ 的热挤压模具,形状及示意图见图1,断面收缩率95%,挤压后20s完成固溶;

[0090] 图1示出了工模具的配备及使用状态,挤压模4位于挤压筒2出口,坯料3在挤压模4

的作用下断面收缩,形成管材8半成品。挤压模4通过模垫6固定在模座7上。

[0091] 热挤压后钢管的外径尺寸为89.2mm,壁厚为7.10mm。挤压后依次经矫直、酸洗、修磨。

[0092] (7)半成品冷轧

[0093] 根据成品规格要求,半成品的冷轧工艺为:外径 Φ 89mm轧制到 Φ 57mm,公差要求 ± 0.3 mm;壁厚通过冷轧芯棒控制,外径尺寸为57.22mm,壁厚尺寸为4.10mm;减径率35.96%,减壁率42.86%,送进量4mm/次。

[0094] 冷轧后的钢管,经脱脂进行热处理;

[0095] (8)半成品热处理

[0096] 半成品热处理温度控制在 $1140 \pm 10^\circ\text{C}$,保温时间控制在12min,实测炉温为 $1145 \sim 1148^\circ\text{C}$ 之间;

[0097] 热处理后15s入水固溶;

[0098] 经矫直、酸洗、修磨进行成品道次冷轧。

[0099] (9)成品冷轧

[0100] 冷轧工艺为:外径 Φ 57mm轧制到 Φ 38mm,公差要求 ± 0.2 mm;壁厚通过冷轧芯棒控制,外径尺寸为32.12mm,壁厚尺寸为2.05mm;减径率33.33%,减壁率50%,送进量4mm/次。

[0101] 冷轧后的钢管,经脱脂进行热处理;

[0102] (10)成品热处理

[0103] 成品热处理温度控制在 $1110 \pm 10^\circ\text{C}$,保温时间控制在4min,实测炉温为 $1108 \sim 1115^\circ\text{C}$ 之间;

[0104] 热处理后13s入水固溶;

[0105] 经矫直、锯切、酸洗即为成品。

[0106] (11)无损探伤

[0107] 按ASME E213《金属公称管和管子超声波检验的实用规程》进行超声波探伤,II级合格。

[0108] (12)性能检验

[0109] 成品钢管取两支进行性能检验,结果如下:

硬度 HRB	屈服强度, Mpa	抗拉强度, Mpa	延伸率, %	有裂纹
75/75.5/75.5	260	630	45.5	无
74.5/73.5/75.5	255	595	46.0	无

[0111] 性能检验完全满足标准ASME SB677及用户要求。

[0112] 实施例2

[0113] 针对成品规格 $\Phi 426 \times 9$ mm设计工艺流程如下:

[0114] 冶炼→浇注→电渣重熔→均质化退火→管坯锻造→原料准备($\Phi 383$ mm)→热挤压($\Phi 273 \times 15$ mm)→矫直→锯切→酸洗→修磨→润滑→冷扩($\Phi 300 \times 14.5$ mm)→脱脂→热处理→矫直→锯切→酸洗→润滑→冷扩($\Phi 330 \times 14$ mm)→脱脂→热处理→矫直→锯切→酸洗→润滑→冷扩($\Phi 360 \times 13.5$ mm)→脱脂→热处理→矫直→锯切→酸洗→润滑→冷扩($\Phi 390 \times 13$ mm)→脱脂→热处理→矫直→锯切→酸洗→润滑→冷扩($\Phi 420 \times 12.5$ mm)→脱脂→热

处理→矫直→锯切→酸洗→润滑→冷扩(Φ450×12mm)→脱脂→热处理→矫直→锯切→酸洗→润滑→冷拔(Φ440×11mm)→脱脂→热处理→矫直→锯切→酸洗→润滑→冷拔(Φ432×10mm)→脱脂→热处理→矫直→锯切→酸洗→润滑→冷拔(Φ426×9mm)→脱脂→热处理→矫直→锯切→酸洗→探伤→入库

[0115] 具体工艺流程如下:

[0116] (1)冶炼

[0117] 坯料采用电炉+AOD+LF炉冶炼,原料成分如下。

UNS N08904 (00Cr20Ni25Mo4.5Cu)	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	Cu
		0.014	0.38	1.20	0.022	0.001	23.95	20.15	4.25

[0119] 冶炼完毕模铸成Φ800mm电渣锭。

[0120] (2)电渣重熔

[0121] 用氩气保护电渣重熔炉电渣重熔,电渣熔融后锭型规格为Φ600mm。

[0122] (3)均质化退火

[0123] 退火温度控制在1220~1240℃,退火时间40h。

[0124] (4)锻造

[0125] ①加热

[0126] 钢坯加热至1181℃,加热时间600min,均热时间为60min,确保钢坯烧透、均匀。

[0127] ②锻造实心管坯

[0128] 开锻的温度为1166℃,终锻温度为1013℃。锻造完成后快速冷却至室温。锻造规格为Φ400mm,锻造比2.25。锻造完毕车光外圆至Φ383mm。

[0129] (5)坯料准备

[0130] 将锻造后管坯锯切成650mm/支的坯料,中心通孔为Φ80mm。

[0131] (6)热挤压

[0132] ①坯料预热:坯料在环形炉中预热,环形炉出炉温度701℃,驻炉时间383min;

[0133] ②一次感应加热:坯料放入中频感应炉感应加热,加热功率为635kW,保温功率110kW,保温时间1.5min,红外测温仪显示坯料外表温度1105℃,内表温度1107℃;

[0134] ③玻璃粉润滑:坯料内、外壁使用1100~1250℃熔融态玻璃粉进行润滑;

[0135] ④扩孔:使用Φ255mm的扩孔锥进行扩孔;

[0136] ⑤二次感应加热:坯料放入中频感应炉感应加热,加热功率为630kW,保温功率90kW,保温时间1min,红外测温仪显示坯料外表温度1153℃,内表温度1150℃;

[0137] ⑥热挤压:热挤压采用Φ273×15mm的热挤压模具,形状及示意图见图1,断面收缩率89.5%,挤压后20s完成固溶;

[0138] 图1示出了工模具的配备及使用状态,挤压模4位于挤压筒2出口,坯料3在挤压模4的作用下断面收缩,形成管材8半成品。挤压模4通过模垫6固定在模座7上。

[0139] 热挤压后钢管的外径尺寸为272.68mm,壁厚为14.80mm。挤压后依次经矫直、酸洗、修磨、润滑后进行冷扩孔。

[0140] (7)冷扩孔

[0141] 使用规格为Φ273mm的内模进行冷扩孔,内模材质为YG8,扩径后外径为302.1mm,壁厚为14.42mm。

[0142] 依次经过脱脂、热处理、矫直、锯切、酸洗、修磨、润滑后进行第二次扩径,内模规格为303mm,材质为YG8,扩径后外径为331.2mm,壁厚为13.90mm。热处理保温时间42min,实测炉温1145~1148℃之间,热处理后15s入水固溶。

[0143] 依次经过脱脂、热处理、矫直、锯切、酸洗、修磨、润滑后进行第三次扩径,内模规格为333mm,材质为YG8,扩径后外径为360.1mm,壁厚为13.4mm。热处理保温时间40.5min,实测炉温1143~1147℃之间,热处理后15s入水固溶。

[0144] 依次经过脱脂、热处理、矫直、锯切、酸洗、修磨、润滑后进行第四次扩径,内模规格为363mm,材质为YG8,扩径后外径为389.9mm,壁厚为12.9mm。热处理保温时间39min,实测炉温1144~1146℃之间,热处理后15s入水固溶。

[0145] 依次经过脱脂、热处理、矫直、锯切、酸洗、修磨、润滑后进行第五次扩径,内模规格为393mm,材质为YG8,扩径后外径为418.0mm,壁厚为12.5mm。热处理保温时间37.5min,实测炉温1145~1149℃之间,热处理后15s入水固溶。

[0146] 依次经过脱脂、热处理、矫直、锯切、酸洗、修磨、润滑后进行第六次扩径,内模规格为423mm,材质为YG8,扩径后外径为447.1mm,壁厚为12.1mm。热处理保温时间36min,实测炉温1143~1145℃之间,热处理后15s入水固溶。

[0147] (8)冷拔

[0148] 依次经过脱脂、热处理、矫直、锯切、酸洗、修磨、润滑、焊头后进行第一次冷拔,外模规格为440mm,内模规格为418,材质均为YG8,冷拔后外径为440.0mm,壁厚为11.01mm。热处理保温时间33min,实测炉温1142~1145℃之间,热处理后15s入水固溶。

[0149] 依次经过脱脂、热处理、矫直、锯切、酸洗、修磨、润滑后进行第二次冷拔,外模规格为432mm,内模规格为412,材质均为YG8,冷拔后外径为432.0mm,壁厚为10.05mm。热处理保温时间30min,实测炉温1145~1146℃之间,热处理后15s入水固溶。

[0150] 依次经过脱脂、热处理、矫直、锯切、酸洗、修磨、润滑后进行第三次冷拔(成品道次),外模规格为426mm,内模规格为408mm,材质均为YG8,冷拔后外径为426.0mm,壁厚为9.02mm。

[0151] 冷拔后经过脱脂、热处理、矫直、锯切、酸洗即为成品。执行成品热处理工艺,保温时间18min,实测炉温1111~1115℃,热处理后15s入水固溶。

[0152] (9)无损探伤

[0153] 按ASME E213《金属公称管和管子超声波检验的实用规程》进行超声波探伤,Ⅱ级合格。

[0154] (10)性能检验

[0155] 成品钢管取两支进行性能检验,结果如下:

硬度 HRB	屈服强度, Mpa	抗拉强度, Mpa	延伸率, %	有害相
73.5/73.5/73.5	275	810	50.5	无
74.5/74.5/74.5	270	815	50.9	无

[0157] 性能检验完全满足标准ASME SB677及用户要求。

[0158] 实施例3:

[0159] 针对成品规格Φ25×1mm设计工艺流程如下:

[0160] 冶炼→浇注→电渣重熔→均质化退火→管坯锻造→原料准备(Φ219mm)→热挤压(Φ114×10mm)→矫直→锯切→酸洗→冷轧(Φ89×7mm)→脱脂→热处理→矫直→锯切→酸洗→冷轧(Φ57×4mm)→脱脂→热处理→矫直→锯切→酸洗→冷轧(Φ38×2mm)→脱脂→热处理→矫直→锯切→冷轧(Φ25×1mm)→脱脂→热处理→矫直→锯切→探伤→入库

[0161] 具体工艺流程如下:

[0162] (1)坯料准备

[0163] 坯料采用电炉+AOD+LF炉冶炼,原料成分如下表,径锻后车光至Φ219mm;

UNS S31254 (00Cr20Ni18Mo6CuN)	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	Cu	N
	0.017	0.20	0.69	0.010	0.003	18.30	19.92	8.04	0.64	0.18

[0165] 冶炼完毕模铸成Φ500mm电渣锭。

[0166] (2)电渣重熔

[0167] 用氩气保护电渣重熔炉电渣重熔,电渣熔融后锭型规格为Φ400mm。

[0168] (3)均质化退火

[0169] 退火温度控制在1220~1240℃,退火时间30h。

[0170] (4)锻造

[0171] ①加热

[0172] 钢坯加热至1150℃,加热时间400min,均热时间为45min,确保钢坯烧透、均匀。

[0173] ②锻造实心管坯

[0174] 开锻的温度为1155℃,终锻温度为1021℃。锻造完成后快速冷却至室温。锻造规格为Φ230mm,锻造比3.02。锻造完毕车光外圆至Φ219mm。

[0175] (5)管坯准备

[0176] 坯料锯切长度650mm/支,中心通孔为Φ40mm。

[0177] (6)热挤压

[0178] ①坯料预热:坯料在环形炉中预热,环形炉出炉温度1004℃,驻炉时间219min;

[0179] ②一次感应加热:坯料放入中频感应炉感应加热,加热功率为620kW,保温功率130kW,保温时间2min,红外测温仪显示坯料外表温度1103℃,内表温度1105℃;

[0180] ③玻璃粉润滑:坯料内、外壁使用1100~1250℃熔融态玻璃粉进行润滑;

[0181] ④扩孔:使用Φ105mm的扩孔锥进行扩孔;

[0182] ⑤二次感应加热:坯料放入中频感应炉感应加热,加热功率为610kW,保温功率100kW,保温时间1min,红外测温仪显示坯料外表温度1152℃,内表温度1144℃;

[0183] ⑥热挤压:热挤压采用Φ114×10mm的热挤压模具,形状及示意图见图1,断面收缩率90.57%,挤压后20s完成固溶;

[0184] 图1示出了工模具的配备及使用状态,挤压模4位于挤压筒2出口,坯料3在挤压模4的作用下断面收缩,形成管材8半成品。挤压模4通过模垫6固定在模座7上。

[0185] 热挤压后钢管的外径尺寸为114.6mm,壁厚为10.3mm。挤压后依次经矫直、酸洗、修磨。

[0186] (7)半成品冷轧

[0187] 根据成品规格要求,半成品的冷轧工艺为:外径Φ114mm轧制到Φ89mm,公差要求±0.3mm;壁厚通过冷轧芯棒控制,外径尺寸为89.2mm,壁厚尺寸为7.20mm;减径率21.93%,

减壁率30%，送进量4mm/次，轧制次数35次/min。

[0188] 冷轧后的钢管，经脱脂进行热处理；

[0189] (8)半成品热处理

[0190] 半成品热处理温度控制在 $1170 \pm 10^\circ\text{C}$ ，保温时间控制在21min，实测炉温为1171~1178℃之间；

[0191] 热处理后15s入水固溶；

[0192] 经矫直、酸洗、修磨进行下道次半成品道次冷轧。

[0193] (9)二次半成品冷轧

[0194] 根据成品规格要求，半成品的冷轧工艺为：外径 $\Phi 89\text{mm}$ 轧制到 $\Phi 57\text{mm}$ ，公差要求 $\pm 0.3\text{mm}$ ；壁厚通过冷轧芯棒控制，外径尺寸为57.1mm，壁厚尺寸为4.04mm；减径率35.95%，减壁率42.86%，送进量4mm/次，轧制次数30次/min。

[0195] 冷轧后的钢管，经脱脂进行热处理；

[0196] (10)二次半成品热处理

[0197] 半成品热处理温度控制在 $1170 \pm 10^\circ\text{C}$ ，保温时间控制在12min，实测炉温为1171~1175℃之间；

[0198] 热处理后15s入水固溶；

[0199] 经矫直、酸洗、修磨进行下道次半成品道次冷轧。

[0200] (11)三次半成品冷轧

[0201] 根据成品规格要求，半成品的冷轧工艺为：外径 $\Phi 57\text{mm}$ 轧制到 $\Phi 38\text{mm}$ ，公差要求 $\pm 0.2\text{mm}$ ；壁厚通过冷轧芯棒控制，外径尺寸为38.0mm，壁厚尺寸为2.01mm；减径率33.33%，减壁率50%，送进量4mm/次，轧制次数30次/min。

[0202] 冷轧后的钢管，经脱脂进行热处理；

[0203] (12)三次半成品热处理

[0204] 半成品热处理温度控制在 $1170 \pm 10^\circ\text{C}$ ，保温时间控制在6min，实测炉温为1171~1174℃之间；

[0205] 热处理后10s入水固溶；

[0206] 经矫直、酸洗、修磨进行下道次半成品道次冷轧。

[0207] (13)成品冷轧

[0208] 冷轧工艺为：外径 $\Phi 38\text{mm}$ 轧制到 $\Phi 25\text{mm}$ ，公差要求 $\pm 0.1\text{mm}$ ；壁厚通过冷轧芯棒控制，外径尺寸为25.04mm，壁厚尺寸为1.05mm；减径率34.21%，减壁率50%，送进量4mm/次，轧制次数30次/min。

[0209] 冷轧后的钢管，经脱脂进行热处理；

[0210] (14)成品热处理

[0211] 成品热处理温度控制在 $1160 \pm 10^\circ\text{C}$ ，保温时间控制在2min，实测炉温为1155~1165℃之间；

[0212] 热处理后10s入水固溶；

[0213] 经矫直、锯切、酸洗即为成品。

[0214] (15)无损探伤

[0215] 按ASME E213《金属公称管和管子超声波检验的实用规程》进行超声波探伤，II级

合格。

[0216] (16)性能检验

[0217] 成品钢管取两支进行性能检验,结果如下:

晶粒度	屈服强度, Mpa	抗拉强度, Mpa	延伸率, %	有害相
5	355	710	45.5	无
5.5	360	730	46.0	无

[0219] 性能检验完全满足标准ASME SA312及用户要求。

[0220] 实施例4

[0221] 针对成品规格 $\Phi 219 \times 6\text{mm}$ 设计工艺流程如下:

[0222] 冶炼→浇注→电渣重熔→均质化退火→管坯锻造→原料准备($\Phi 383\text{mm}$)→热挤压($\Phi 250 \times 15\text{mm}$)→矫直→锯切→酸洗→修磨→润滑→冷扩($\Phi 280 \times 14.5\text{mm}$)→脱脂→热处理→矫直→锯切→酸洗→润滑→冷拔($\Phi 272 \times 13.5\text{mm}$)→脱脂→热处理→矫直→锯切→酸洗→润滑→冷拔($\Phi 265 \times 12.5\text{mm}$)→脱脂→热处理→矫直→锯切→酸洗→润滑→冷拔($\Phi 258 \times 11.5\text{mm}$)→脱脂→热处理→矫直→锯切→酸洗→润滑→冷拔($\Phi 250 \times 10.5\text{mm}$)→脱脂→热处理→矫直→锯切→酸洗→润滑→冷拔($\Phi 219 \times 6\text{mm}$)→脱脂→热处理→矫直→锯切→酸洗→探伤→入库

[0223] 具体工艺流程如下:

[0224] (1)坯料准备

[0225] 坯料采用电炉+AOD+LF炉冶炼,原料成分如下表。

UNS S31254	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	Cu	N
(00Cr20Ni18Mo6CuN)	0.018	0.25	0.38	0.013	0.001	18.50	19.98	6.08	0.07	0.18

[0227] 冶炼完毕模铸成 $\Phi 800\text{mm}$ 电渣锭。

[0228] (2)电渣重熔

[0229] 用氩气保护电渣重熔炉电渣重熔,电渣熔融后锭型规格为 $\Phi 600\text{mm}$ 。

[0230] (3)均质化退火

[0231] 退火温度控制在 $1220 \sim 1240^\circ\text{C}$,退火时间40h。

[0232] (4)锻造

[0233] ①加热

[0234] 钢坯加热至 1151°C ,加热时间600min,均热时间为60min,确保钢坯烧透、均匀。

[0235] ②锻造实心管坯

[0236] 开锻的温度为 1156°C ,终锻温度为 1005°C 。锻造完成后快速冷却至室温。锻造规格为 $\Phi 400\text{mm}$,锻造比2.25。锻造完毕车光外圆至 $\Phi 383\text{mm}$ 。

[0237] (5)坯料准备

[0238] 将锻造后管坯锯切成650mm/支的坯料,中心通孔为 $\Phi 80\text{mm}$ 。

[0239] (6)热挤压

[0240] ①坯料预热:坯料在环形炉中预热,环形炉出炉温度 1001°C ,驻炉时间383min;

[0241] ②一次感应加热:坯料放入中频感应炉感应加热,加热功率为635kW,保温功率110kW,保温时间1.5min,红外测温仪显示坯料外表温度 1105°C ,内表温度 1107°C ;

- [0242] ③玻璃粉润滑:坯料内、外壁使用1100~1250℃熔融态玻璃粉进行润滑;
- [0243] ④扩孔:使用 $\Phi 235\text{mm}$ 的扩孔锥进行扩孔;
- [0244] ⑤二次感应加热:坯料放入中频感应炉感应加热,加热功率为630kW,保温功率90kW,保温时间1min,红外测温仪显示坯料外表温度1153℃,内表温度1150℃;
- [0245] ⑥热挤压:热挤压采用 $\Phi 250 \times 15\text{mm}$ 的热挤压模具,形状及示意图见图1,挤压比为10.5,挤压后20s完成固溶;
- [0246] 图1示出了工模具的配备及使用状态,挤压模4位于挤压筒2出口,坯料3在挤压模4的作用下断面收缩,形成管材8半成品。挤压模4通过模垫6固定在模座7上。
- [0247] 热挤压后钢管的外径尺寸为251.5mm,壁厚为14.90mm。挤压后依次经矫直、酸洗、修磨、润滑后进行冷扩孔。
- [0248] (7)冷扩孔
- [0249] 使用规格为 $\Phi 250\text{mm}$ 的内模进行冷扩孔,内模材质为YG8,扩径后外径为281.4mm,壁厚为14.42mm。
- [0250] (8)冷拔
- [0251] 依次经过脱脂、热处理、矫直、锯切、酸洗、修磨、润滑、焊头后进行第一次冷拔,外模规格为272mm,内模规格为245mm,材质均为YG8,冷拔后外径为272.0mm,壁厚为13.51mm。热处理保温时间40.5min,实测炉温1172~1175℃之间,热处理后15s入水固溶。
- [0252] 依次经过脱脂、热处理、矫直、锯切、酸洗、修磨、润滑后进行第二次冷拔,外模规格为265mm,内模规格为240mm,材质均为YG8,冷拔后外径为265.0mm,壁厚为12.55mm。热处理保温时间37.5min,实测炉温1175~1178℃之间,热处理后15s入水固溶。
- [0253] 依次经过脱脂、热处理、矫直、锯切、酸洗、修磨、润滑后进行第三次冷拔,外模规格为258mm,内模规格为235mm,材质均为YG8,冷拔后外径为258.0mm,壁厚为11.52mm。热处理保温时间34.5min,实测炉温1171~1175℃,热处理后15s入水固溶。
- [0254] 依次经过脱脂、热处理、矫直、锯切、酸洗、修磨、润滑后进行第四次冷拔,外模规格为250mm,内模规格为229mm,材质均为YG8,冷拔后外径为250.0mm,壁厚为10.50mm。热处理保温时间315min,实测炉温1168~1175℃,热处理后15s入水固溶。
- [0255] (9)成品冷轧
- [0256] 冷轧工艺为:外径 $\Phi 250\text{mm}$ 轧制到 $\Phi 219\text{mm}$,公差要求 $\pm 0.5\text{mm}$;壁厚通过冷轧芯棒控制,外径尺寸为219.3mm,壁厚尺寸为6.06mm;减径率12.4%,减壁率42.9%,送进量4mm/次,轧制次数30次/min。
- [0257] 冷轧后的钢管,经脱脂进行热处理;
- [0258] (10)成品热处理
- [0259] 成品热处理温度控制在 $1160 \pm 10^\circ\text{C}$,保温时间控制在12min,实测炉温为1158~1163℃之间;
- [0260] 热处理后10s入水固溶;
- [0261] 经矫直、锯切、酸洗即为成品。
- [0262] (11)无损探伤
- [0263] 按ASME E213《金属公称管和管子超声波检验的实用规程》进行超声波探伤,II级合格。

[0264] (12)性能检验

[0265] 成品钢管取两支进行性能检验,结果如下:

	晶粒度	屈服强度, Mpa	抗拉强度, Mpa	延伸率, %	有害相
[0266]	6	375	710	50.5	无
	6	370	715	50.0	无

[0267] 性能检验完全满足标准ASME SA312及用户要求。

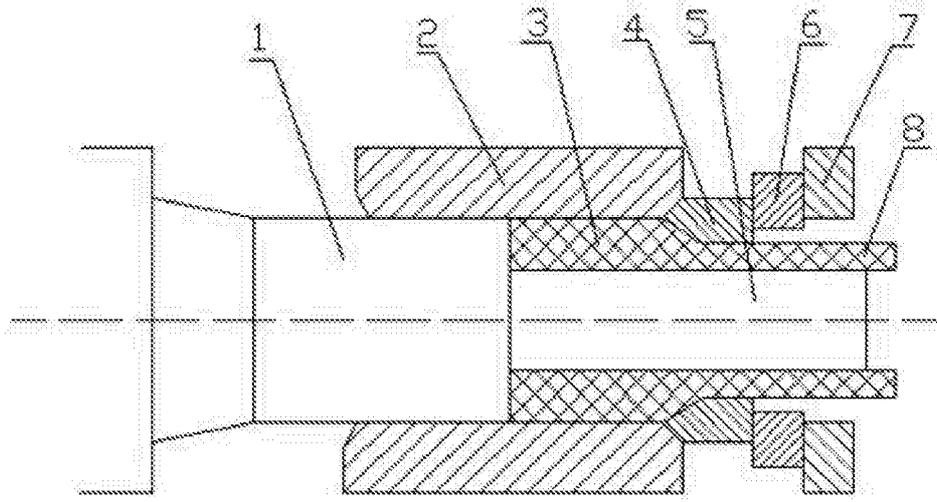


图1