



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 109097683 B

(45)授权公告日 2020.08.18

(21)申请号 201810971033.9

G22C 38/24(2006.01)

(22)申请日 2018.08.24

G22C 38/28(2006.01)

(65)同一申请的已公布的文献号

G22C 38/06(2006.01)

申请公布号 CN 109097683 A

G21C 5/28(2006.01)

(43)申请公布日 2018.12.28

G21C 7/064(2006.01)

(73)专利权人 南京钢铁股份有限公司

G21C 7/076(2006.01)

地址 210035 江苏省南京市六合区卸甲甸

G21C 7/10(2006.01)

G21D 8/02(2006.01)

(72)发明人 车马俊 朱爱玲 陈林恒 赵晋斌

崔强 付军 张晓雪 邱保文

(56)对比文件

CN 102732789 A,2012.10.17

CN 102828114 A,2012.12.19

(74)专利代理机构 南京利丰知识产权代理事务

CN 102851623 A,2013.01.02

所(特殊普通合伙) 32256

CN 102392192 A,2012.03.28

代理人 任立

CN 104674117 A,2015.06.03

(51)Int.Cl.

CN 104911485 A,2015.09.16

G22C 38/02(2006.01)

JP 2007051321 A,2007.03.01

G22C 38/04(2006.01)

JP 2009149950 A,2009.07.09

G22C 38/38(2006.01)

审查员 孔德明

G22C 38/26(2006.01)

权利要求书2页 说明书5页 附图2页

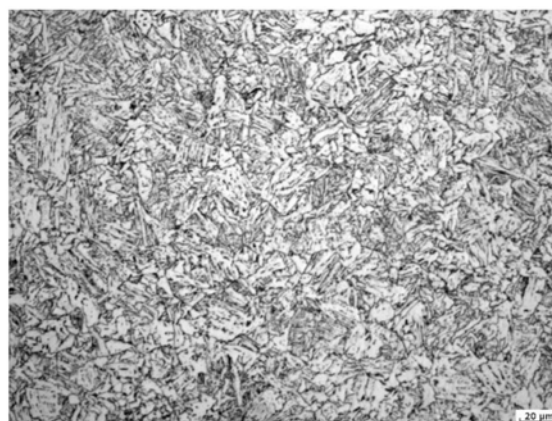
(54)发明名称

一种80mm厚低成本FH420海工钢板及其制造方法

高强度、高韧性、抗层状撕裂等特点。

(57)摘要

本发明是一种80mm厚低成本FH420海工钢板,其重量百分比成分为:C:0.07~0.11%,Si:0.15~0.40%,Mn:1.30~1.60%,P≤0.013%,S≤0.003%,Nb:0.010~0.030%,V:0.030~0.050%,Ti:0.005~0.020%,Cr:0.10~0.20%,Al:0.0250~0.050%,O≤18 ppm,N≤38 ppm,H≤2.5ppm,余量为Fe及不可避免的杂质。采用控轧控冷工艺,轧前加热温度1150℃~1220℃,粗轧温度980~1080℃,精轧开轧温度840~870℃;轧后层流冷却,终冷温度600~660℃,冷却速率5~8℃/s;进行淬火处理,淬火温度为890~910℃,升温速率为1.4min/mm,保温时间为0~25min,进行回火处理,回火温度550~650℃,升温速率为2.0min/mm,保温时间为80~120min,得到的FH420钢具有



1. 一种80mm厚低成本FH420海工钢板的制造方法,所述80mm厚低成本FH420海工钢板的重量百分比成分为:C:0.07~0.11%,Si:0.15~0.40%,Mn:1.30~1.60%, $P \leq 0.013\%$, $S \leq 0.003\%$,Nb:0.010~0.030%,V:0.030~0.050%,Ti:0.005~0.020%,Cr:0.10~0.20%,Al:0.0250~0.050%, $O \leq 18\text{ppm}$, $N \leq 38\text{ppm}$, $H \leq 2.5\text{ppm}$,余量为Fe及不可避免的杂质;

其特征在于:所述制造方法包括以下步骤:

炼钢及连铸工艺:铁水脱硫后目标硫 $\leq 0.004\%$;转炉冶炼采用高吹低拉法脱磷,转炉出钢当渣;精炼采用白渣操作,白渣保持时间15~20分钟,精炼总时间确保35~45分钟;真空处理保持时间20~23分钟;真空处理后进行无缝钙线处理;连铸中包目标温度为液相线温度+(5-15) $^{\circ}\text{C}$,拉速稳定;

轧制工艺:采用控轧控冷工艺,为两阶段轧制;轧前连铸坯加热温度 $1150^{\circ}\text{C} \sim 1220^{\circ}\text{C}$;粗轧温度 $980 \sim 1080^{\circ}\text{C}$;精轧开轧温度 $840 \sim 870^{\circ}\text{C}$;精轧后三道累计压下率大于30%;轧后层流冷却,终冷温度 $600 \sim 660^{\circ}\text{C}$,冷却速率 $5 \sim 8^{\circ}\text{C}/\text{s}$;随后空冷;

热处理工艺:淬火处理,淬火温度为 $890 \sim 910^{\circ}\text{C}$,升温速率为 $1.4\text{min}/\text{mm}$,保温时间为 $0 \sim 25\text{min}$;回火处理,回火温度 $550 \sim 650^{\circ}\text{C}$,升温速率为 $2.0\text{min}/\text{mm}$,保温时间为 $80 \sim 120\text{min}$,得到80mm厚低成本FH420海工钢。

2. 如权利要求1所述的80mm厚低成本FH420海工钢板的制造方法,其特征在于:所述80mm厚低成本FH420海工钢板的重量百分比成分为:C:0.07%,Si:0.40%,Mn:1.60%, $P:0.013\%$, $S:0.0025\%$,Nb:0.030%,V:0.040%,Ti:0.020%,Cr:0.20%,Al:0.050%, $O:0.0018\%$, $N:0.0037\%$, $H:0.00025\%$,余量为Fe及不可避免的杂质。

3. 如权利要求1所述的80mm厚低成本FH420海工钢板的制造方法,其特征在于:所述80mm厚低成本FH420海工钢板的重量百分比成分为:C:0.09%,Si:0.25%,Mn:1.50%, $P:0.012\%$, $S:0.0015\%$,Nb:0.025%,V:0.050%,Ti:0.015%,Cr:0.18%,Al:0.040%, $O:0.0011\%$, $N:0.0038\%$, $H:0.00017\%$,余量为Fe及不可避免的杂质。

4. 如权利要求1所述的80mm厚低成本FH420海工钢板的制造方法,其特征在于:所述80mm厚低成本FH420海工钢板的重量百分比成分为:C:0.10%,Si:0.30%,Mn:1.40%, $P:0.011\%$, $S:0.0030\%$,Nb:0.020%,V:0.035%,Ti:0.010%,Cr:0.15%,Al:0.025%, $O:0.0010\%$, $N:0.0030\%$, $H:0.00022\%$,余量为Fe及不可避免的杂质。

5. 如权利要求1所述的80mm厚低成本FH420海工钢板的制造方法,其特征在于:所述80mm厚低成本FH420海工钢板的重量百分比成分为:C:0.11%,Si:0.15%,Mn:1.30%, $P:0.008\%$, $S:0.0010\%$,Nb:0.010%,V:0.030%,Ti:0.005%,Cr:0.10%,Al:0.030%, $O:0.0016\%$, $N:0.0033\%$, $H:0.00013\%$,余量为Fe及不可避免的杂质。

6. 如权利要求1所述的80mm厚低成本FH420海工钢板的制造方法,其特征在于:包括以下步骤:

炼钢及连铸工艺:铁水脱硫后目标硫 0.004% ;转炉冶炼采用高吹低拉法脱磷,转炉出钢当渣;精炼采用白渣操作,白渣保持时间15分钟,精炼总时间35分钟;真空处理保持时间20分钟;真空处理后进行无缝钙线处理;连铸中包目标温度为液相线温度+ 15°C ,拉速稳定;

轧制工艺:采用控轧控冷工艺,为两阶段轧制;轧前连铸坯加热温度 1150°C ;粗轧温度 980°C ,高温低速大压下轧制,第一道次压下量40mm;精轧开轧温度 840°C ,后三道累积压

下率30%；轧后层流冷却，终冷温度600℃，冷却速率5℃/s；随后空冷；

热处理工艺：进行淬火处理，淬火温度为890℃，升温速率为1.4min/mm，保温时间为0min；进行回火处理，回火温度550℃，升温速率为2.0min/mm，保温时间为80min，得到的80mm厚低成本FH420海工钢板。

7. 如权利要求1所述的80mm厚低成本FH420海工钢板的制造方法，其特征在于：包括以下步骤：

炼钢及连铸工艺：铁水脱硫后目标硫0.0035%；转炉冶炼采用高吹低拉法脱磷，转炉出钢当渣；精炼采用白渣操作，白渣保持时间18分钟，精炼总时间40分钟；真空处理保持时间21分钟；真空处理后进行无缝钙线处理；连铸中包目标温度为液相线温度+10℃，拉速稳定；

轧制工艺：采用控轧控冷工艺，为两阶段轧制；轧前连铸坯加热温度1180℃；粗轧温度1000℃，高温低速大压下轧制，第一道次压下量38mm；精轧开轧温度850℃，后三道累积压下率31%；轧后层流冷却，终冷温度620℃，冷却速率8℃/s；随后空冷；

热处理工艺：进行淬火处理，淬火温度为900℃，升温速率为1.4min/mm，保温时间为10min；进行回火处理，回火温度580℃，升温速率为2.0min/mm，保温时间为90min，得到80mm厚低成本FH420海工钢板。

8. 如权利要求1所述的80mm厚低成本FH420海工钢板的制造方法，其特征在于：包括以下步骤：

炼钢及连铸工艺：铁水脱硫后目标硫0.003%；转炉冶炼采用高吹低拉法脱磷，转炉出钢当渣；精炼采用白渣操作，白渣保持时间19分钟，精炼总时间42分钟；真空处理保持时间22分钟；真空处理后进行无缝钙线处理；连铸中包目标温度为液相线温度+8℃，拉速稳定；

轧制工艺：采用控轧控冷工艺，为两阶段轧制；轧前连铸坯加热温度1200℃；粗轧温度1050℃，高温低速大压下轧制，第一道次压下量35mm；精轧开轧温度860℃，后三道累积压下率32%；轧后层流冷却，终冷温度640℃，冷却速率7℃/s；随后空冷；

热处理工艺：进行淬火处理，淬火温度为905℃，升温速率为1.4min/mm，保温时间为15min；进行回火处理，回火温度620℃，升温速率为2.0min/mm，保温时间为100min，得到80mm厚低成本FH420海工钢板。

9. 如权利要求1所述的80mm厚低成本FH420海工钢板的制造方法，其特征在于：包括以下步骤：

炼钢及连铸工艺：铁水脱硫后目标硫0.0033%；转炉冶炼采用高吹低拉法脱磷，转炉出钢当渣；精炼采用白渣操作，白渣保持时间20分钟，精炼总时间45分钟；真空处理保持时间23分钟；真空处理后进行无缝钙线处理；连铸中包目标温度为液相线温度+5℃，拉速稳定；

轧制工艺：采用控轧控冷工艺，为两阶段轧制；轧前连铸坯加热温度1220℃；粗轧温度1080℃，高温低速大压下轧制，第一道次压下量33mm；精轧开轧温度870℃，后三道累积压下率33%；轧后层流冷却，终冷温度660℃，冷却速率8℃/s；随后空冷；

热处理工艺：进行淬火处理，淬火温度为910℃，升温速率为1.4min/mm，保温时间为25min；进行回火处理，回火温度650℃，升温速率为2.0min/mm，保温时间为120min，得到80mm厚低成本FH420海工钢板。

一种80mm厚低成本FH420海工钢板及其制造方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种海洋工程用钢,具体地说是一种80mm厚低成本FH420海工钢板及其制造方法。

背景技术

[0002] 我国开发海洋石油起步较晚,到了20世纪80年代才拥有自己的海洋石油平台,近10年来,国产的海洋平台钢板在我国海洋石油工程中才被广泛采用。我国目前对于EH36以下级别的海洋平台用钢基本实现国产化,占平台用钢量的90%,随着国家《中国制造2025》和《海洋工程装备制造业中长期发展规划》实施、国家南海战略的逐步实施,海洋工程装备和高技术船舶领域将大力发展深海探测、资源开发利用、海上作业保障装备及其关键系统和专用设备;推动深海空间站、大型浮式结构物的开发和工程化,必然对海洋平台用钢的需求量及要求也不断扩大,逐渐向高强度、厚规格方向发展。

[0003] 发明专利CN 104674117 A提供了一种420MPa级海洋工程用钢板及其制造方法,发明专利CN 104357742 A提供了一种420MPa级海洋工程用大厚度热轧钢板及其生产方法,这以上两专利公开的的制造方法为控轧控冷,海工装备制造企业对420MPa级海工钢的性能均匀性、性能波动值要求非常高,难以接受控轧控冷交货,均要求调质态交货;另外,发明专利CN 104674117 A成分设计含有贵重元素Ni、Cu,发明专利CN 104357742 A成分设计含有贵重元素Ni;再则,上述两个发明专利只满足E级钢的要求,满足不了F级超高强海工钢的要求。而常规调质态交货的FH420海工钢含有大量贵重元素Ni、Mo、Cu,价格昂贵,会大幅度提高海工装备企业的生产成本。

发明内容

[0004] 本发明所要解决的技术问题是,针对以上现有技术的缺点,如何在GB712和十大船级社标准的化学成分范围之内,开发出低成本(钢种不含贵重元素: Ni、Mo、Cu) 80mm厚海洋工程用FH420钢板,一方面对轧机负荷要求不是太高,一般的宽厚板轧机均可生产,另一方面,热处理后,晶粒细小,组织均匀,内应力小,机械性能优良。

[0005] 本发明解决以上技术问题的技术方案是:

[0006] 一种80mm厚低成本FH420海工钢板,其重量百分比成分为:C:0.07~0.11%, Si: 0.15~0.40%, Mn:1.30~1.60%, $P \leq 0.013\%$, $S \leq 0.003\%$, Nb:0.010~0.030%, V:0.030~0.050%, Ti:0.005~0.020%, Cr:0.10~0.20%, Al:0.0250~0.050%, $O \leq 18\text{ppm}$, $N \leq 38\text{ppm}$, $H \leq 2.5\text{ppm}$,余量为Fe及不可避免的杂质。

[0007] 前述的80mm厚低成本FH420海工钢板的制造方法,包括以下步骤:

[0008] 炼钢及连铸工艺:铁水脱硫后目标硫 $\leq 0.004\%$;转炉冶炼采用高吹低拉法脱磷,转炉出钢当渣;精炼采用白渣操作,白渣保持时间15~20分钟,精炼总时间确保35~45分钟;真空处理保持时间20~23分钟;真空处理后进行无缝钙线处理;连铸中包目标温度为液相线温度+(5-15)℃,拉速稳定;

[0009] 轧制工艺:采用控轧控冷工艺,为两阶段轧制;轧前连铸坯加热温度1150℃~1220℃;粗轧温度980~1080℃;精轧开轧温度840~870℃;精轧后三道累计压下率大于30%;轧后层流冷却,终冷温度600~660℃,冷却速率5~8℃/s;随后空冷;

[0010] 热处理工艺:淬火处理,淬火温度为890~910℃,升温速率为1.4min/mm,保温时间为0~25min;回火处理,回火温度550~650℃,升温速率为2.0min/mm,保温时间为80~120min,得到80mm厚低成本FH420海工钢。

[0011] 本发明的80mm厚低成本FH420海工钢板及制造方法,钢板成分中,Ni不含,Cu不含,Mo不含,钢种不含贵重元素,大大降低了成本;成分设计按照洁净钢的冶炼及控制,铁水预处理进行降硫;转炉采用高吹低拉法降磷和出钢挡渣防止回磷;保证白渣精炼时间,吸附夹杂物和减少钢中的S、O等元素含量;使用无缝钙线处理,改善夹杂物形态;真空处理,降低H、N等有害元素含量;最终得到内部质量较优良的连铸坯。

[0012] 轧前连铸坯加热温度1150℃~1220℃,既保证微合金元素完全固溶和又防止温度过高导致晶粒长大;粗轧采用高温低速大压下来破碎柱状晶、焊合坯料内部缺陷、细化奥氏体晶粒;精轧后三道累计压下率大于30%,通过未在结晶区的低温大变形诱导铁素体机制以及适当控冷工艺(终冷温度600~660℃,冷却速率5~8℃/s),得到控制晶粒大小的目的;

[0013] 淬火温度为890~910℃,升温速率为1.4min/mm,保温时间为0~25min,既保证钢板淬火前完全奥氏体化,又保证钢板淬火前组织细小均匀;回火温度550~650℃,升温速率为2.0min/mm,保温时间为80~120min,保证了钢板通过回火进行消应力处理,防止钢板使用过程中出现切割变形。

[0014] 本发明的有益效果是:本发明可在GB712和十大船级社标准的化学成分范围之内,开发出低成本(钢种不含贵重元素:Ni、Mo、Cu)80mm厚海洋工程用FH420钢板,对轧机负荷要求不是太高(精轧开轧温度较高,且后三道累计压下率仅大于30%),一般的宽厚板轧机均可生产,因此,适用性广,适合国内大多数宽厚板厂生产;本发明通过洁净钢的冶炼,降低坯料偏析和疏松等内部缺陷;通过粗轧高温低速大压下,破碎柱状晶和细化奥氏体晶粒;通过精轧累积变形以及配合控冷,得到控制热轧后晶粒大小的目的;且热处理后,晶粒细小,组织均匀,内应力小;本发明的制造方法,生产工艺稳定,钢板机械性能优良,得到的FH420钢具有高强度、高韧性、抗层状撕裂等特点。

附图说明

[0015] 图1是实施例1经调质得到80mm厚低成本FH420海工钢板在金相显微镜下板典型的组织形貌图。

[0016] 图2是实施例2经调质得到80mm厚低成本FH420海工钢板在金相显微镜下板典型的组织形貌图。

[0017] 图3是实施例3经调质得到80mm厚低成本FH420海工钢板在金相显微镜下板典型的组织形貌图。

[0018] 图4是实施例4经调质得到80mm厚低成本FH420海工钢板在金相显微镜下板典型的组织形貌图。

具体实施方式

[0019] 实施例1~4

[0020] 实施例1~4的80mm厚低成本FH420海工钢板化学成分如表1所示：

[0021] 表1

实施例	C	Si	Mn	P	S	Nb	V	Ti	Cr	Al _t
实施例 1	0.07	0.40	1.60	0.013	0.0025	0.030	0.040	0.020	0.20	0.050
实施例 2	0.09	0.25	1.50	0.012	0.0015	0.025	0.050	0.015	0.18	0.040
实施例 3	0.10	0.30	1.40	0.011	0.0030	0.020	0.035	0.010	0.15	0.025
实施例 4	0.11	0.15	1.30	0.008	0.0010	0.010	0.030	0.005	0.10	0.030
[0022] 实施例	O	N	H				Fe 及不可避免的杂质			
实施例 1	0.0018	0.0037	0.00025				余量			
实施例 2	0.0011	0.0038	0.00017				余量			
实施例 3	0.0010	0.0030	0.00022				余量			
实施例 4	0.0016	0.0033	0.00013				余量			

[0023] 实施例1~4的80mm厚低成本FH420海工钢板生产方法如下：

[0024] 实施例1的80mm厚低成本FH420海工钢板实施例的生产方法，具体如下：

[0025] 炼钢及连铸工艺：铁水脱硫后目标硫0.004%；转炉冶炼采用高吹低拉法脱磷，转炉出钢当渣；精炼采用白渣操作，白渣保持时间15分钟，精炼总时间35分钟；真空处理保持时间20分钟；真空处理后进行无缝钙线处理；连铸中包目标温度为液相线温度+15℃，拉速稳定。

[0026] 轧制工艺：采用控轧控冷工艺，为两阶段轧制；轧前连铸坯加热温度1150℃；粗轧温度980℃，高温低速大压下轧制，第一道次压下量40mm；精轧开轧温度840℃，后三道累积压下率34%；轧后层流冷却，终冷温度600℃，冷却速率5℃/s；随后空冷。

[0027] 热处理工艺：进行淬火处理，淬火温度为890℃，升温速率为1.4min/mm，保温时间为0min；进行回火处理，回火温度550℃，升温速率为2.0min/mm，保温时间为80min，得到板形优良（不平度2mm/m）的80mm厚低成本FH420海工钢板。

[0028] 实施例2的80mm厚低成本FH420海工钢板实施例的生产方法，具体如下：

[0029] 炼钢及连铸工艺：铁水脱硫后目标硫0.0035%；转炉冶炼采用高吹低拉法脱磷，转炉出钢当渣；精炼采用白渣操作，白渣保持时间18分钟，精炼总时间40分钟；真空处理保持时间21分钟；真空处理后进行无缝钙线处理；连铸中包目标温度为液相线温度+10℃，拉速稳定。

[0030] 轧制工艺：采用控轧控冷工艺，为两阶段轧制；轧前连铸坯加热温度1180℃；粗轧温度1000℃，高温低速大压下轧制，第一道次压下量38mm；精轧开轧温度850℃，后三道累积压下率31%；轧后层流冷却，终冷温度620℃，冷却速率8℃/s；随后空冷。

[0031] 热处理工艺：进行淬火处理，淬火温度为900℃，升温速率为1.4min/mm，保温时间为10min；进行回火处理，回火温度580℃，升温速率为2.0min/mm，保温时间为90min，得到板形优良（不平度2mm/m）80mm厚低成本FH420海工钢板。

[0032] 实施例3的80mm厚低成本FH420海工钢板实施例的生产方法,具体如下:

[0033] 炼钢及连铸工艺:铁水脱硫后目标硫0.003%;转炉冶炼采用高吹低拉法脱磷,转炉出钢当渣;精炼采用白渣操作,白渣保持时间19分钟,精炼总时间42分钟;真空处理保持时间22分钟;真空处理后进行无缝钙线处理;连铸中包目标温度为液相线温度+8℃,拉速稳定。

[0034] 轧制工艺:采用控轧控冷工艺,为两阶段轧制;轧前连铸坯加热温度1200℃;粗轧温度1050℃,高温低速大压下轧制,第一道次压下量35mm;精轧开轧温度860℃,后三道累积压下率32%;轧后层流冷却,终冷温度640℃,冷却速率7℃/s;随后空冷。

[0035] 热处理工艺:进行淬火处理,淬火温度为905℃,升温速率为1.4min/mm,保温时间为15min;进行回火处理,回火温度620℃,升温速率为2.0min/mm,保温时间为100min,得到板形优良(不平度2mm/m)80mm厚低成本FH420海工钢板。

[0036] 实施例4的80mm厚低成本FH420海工钢板实施例的生产方法,具体如下:

[0037] 炼钢及连铸工艺:铁水脱硫后目标硫0.0033%;转炉冶炼采用高吹低拉法脱磷,转炉出钢当渣;精炼采用白渣操作,白渣保持时间20分钟,精炼总时间45分钟;真空处理保持时间23分钟;真空处理后进行无缝钙线处理;连铸中包目标温度为液相线温度+5℃,拉速稳定。

[0038] 轧制工艺:采用控轧控冷工艺,为两阶段轧制;轧前连铸坯加热温度1220℃;粗轧温度1080℃,高温低速大压下轧制,第一道次压下量33mm;精轧开轧温度870℃,后三道累积压下率33%;轧后层流冷却,终冷温度660℃,冷却速率8℃/s;随后空冷。

[0039] 热处理工艺:进行淬火处理,淬火温度为910℃,升温速率为1.4min/mm,保温时间为25min;进行回火处理,回火温度650℃,升温速率为2.0min/mm,保温时间为120min,得到板形优良(不平度2mm/m)80mm厚低成本FH420海工钢板。

[0040] 图1是实施例1调质处理后得到FH420钢板在金相显微镜下典型的组织形貌图;图2是实施例2调质处理后得到FH420钢板在金相显微镜下典型的组织形貌图;图3是实施例3调质处理后得到FH420钢板在金相显微镜下典型的组织形貌图;图4是实施例4调质处理后得到FH420钢板在金相显微镜下典型的组织形貌图。由图1-4可以看出80mm厚低成本FH420海工钢板组织为细小均匀的低碳贝氏体组织+少量的铁素体组织,从而保证了钢板性能优良。

[0041] 调质后,实施例1~4的板厚1/4处和板厚1/2处的横向拉伸性能和横向冷弯性能如表2,横向冲击性能和Z向性能如表3。

[0042] 表2

实施例	位置	屈服强度	抗拉强度	延伸率	宽冷弯
		MPa	MPa	%	(b=5a)
实施例 1	板厚 1/4 处	440	560	25	d=3a
	板厚 1/2 处	422	533	23	合格
实施例 2	板厚 1/4 处	449	565	24	d=3a
	板厚 1/2 处	433	541	24	合格
实施例 3	板厚 1/4 处	452	566	23	d=3a
	板厚 1/2 处	426	551	22	合格
实施例 4	板厚 1/4 处	466	571	24	d=3a
	板厚 1/2 处	429	558	22.5	合格

[0044] 表3

编号	状态	-60°C AKV. J				Z 向截面收缩率 (%)			
		1	1	2	平均	1	2	3	平均
实施例 1	板厚 1/4 处	222	282	213	239	73	67	66	69
	板厚 1/2 处	152	145	106	134				
实施例 2	板厚 1/4 处	202	216	222	213	72	75	68	72
	板厚 1/2 处	140	138	111	130				
实施例 3	板厚 1/4 处	201	187	234	207	69	65	66	67
	板厚 1/2 处	99	108	137	115				
实施例 4	板厚 1/4 处	159	202	177	179	68	66	66	67
	板厚 1/2 处	88	129	150	122				

[0046] 由表2和表3可以看出,实施例1~4力学性能满足各大船级社标准中对420级别F级超高强海工钢的性能要求,屈服强度 $\geq 422\text{MPa}$,抗拉强度 $\geq 533\text{MPa}$,延伸率 $\geq 22\%$,Z向截面收缩率 $\geq 53\%$,满足80mm厚FH420海工钢板的要求。具有合金元素成本低廉,生产工艺稳定,对宽厚板轧机及相应的热处理设备要求较小的特点。

[0047] 除上述实施例外,本发明还可以有其他实施方式。凡采用等同替换或等效变换形成的技术方案,均落在本发明要求的保护范围。

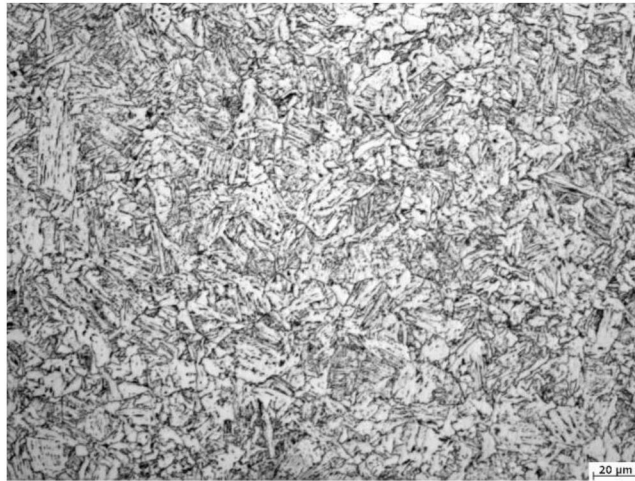


图1

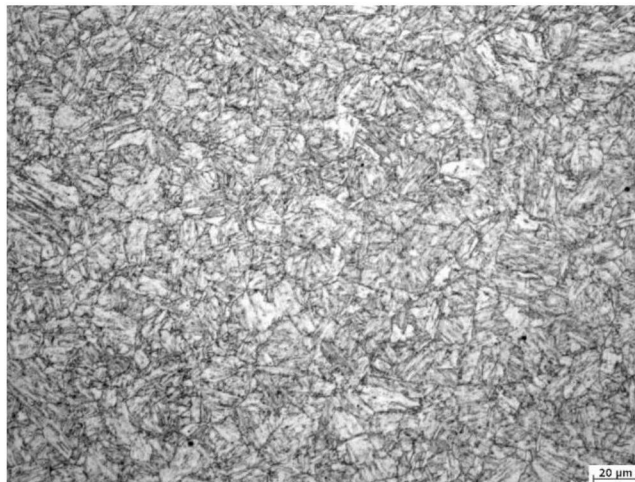


图2

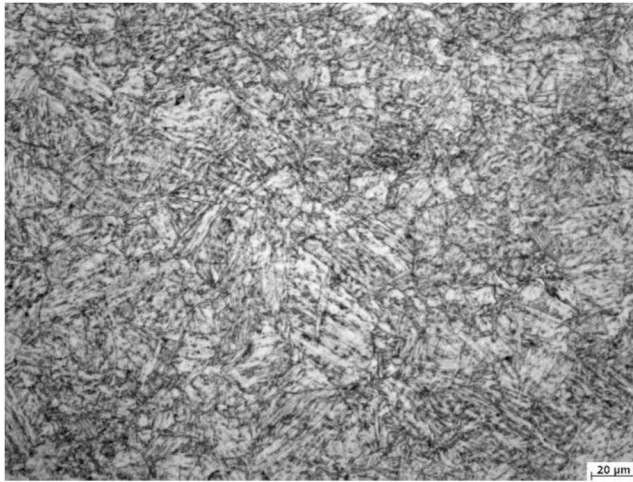


图3

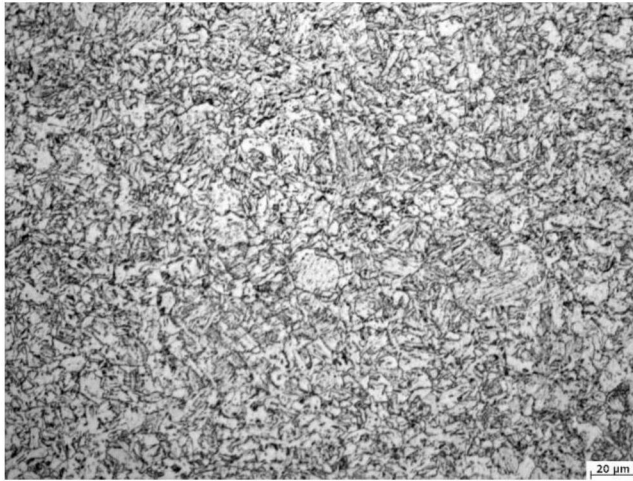


图4