

[19] 中华人民共和国国家知识产权局



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 200610018011.8

[51] Int. Cl.

C22C 38/04 (2006.01)

C22C 38/50 (2006.01)

B23K 35/22 (2006.01)

C22C 33/04 (2006.01)

B21B 37/16 (2006.01)

B21B 37/74 (2006.01)

[45] 授权公告日 2009年3月11日

[11] 授权公告号 CN 100467652C

[51] Int. Cl. (续)

C21D 8/02 (2006.01)

C21D 11/00 (2006.01)

B21B 37/58 (2006.01)

[22] 申请日 2006.6.26

[21] 申请号 200610018011.8

[73] 专利权人 舞阳钢铁有限责任公司

地址 462500 河南省舞钢市湖滨大道西段

[72] 发明人 叶建军 林明新 梁永昌 谢良法

陆岳璋 赵全卿 李涛 刘新民

赵文忠 郭桐 林建农 吴永斌

李红文 崔强 王培玉 吴建鹏

王九清 田苗

[56] 参考文献

CN1396294A 2003.2.12

CN1288971A 2001.3.28

JP6-25738A 1994.2.1

JP2004-332083A 2004.11.25

JP2002-47532A 2002.2.15

新型调质高强度 WH80Q 的研制开发. 叶建军, 王培玉. 宽厚板, 第12卷第1期. 2006

审查员 傅晓亮

[74] 专利代理机构 郑州联科专利事务所(普通合伙)

代理人 陈浩

权利要求书2页 说明书6页

[54] 发明名称

易焊接调质高强度钢板及其生产方法

[57] 摘要

本发明涉及一种易焊接调质高强度钢板及其生产方法, 由以下重量百分含量的化学成分组成: C ≤0.15%, Si 0.15-0.50%, Mn 0.80-1.80%, P ≤0.02%, S ≤0.01%, Mo ≤0.6%, Nb ≤0.07%, B ≤0.003%, Ni ≤1.20%, Cr ≤0.80%, Ti ≤0.03%, V ≤0.08%, 余量为Fe及不可避免的杂质。由于本发明钢采用电炉冶炼, P、S 含量低, 钢质纯净, 深受用户欢迎; 本发明钢因加入的贵金属含量少, 成本低, 具有市场竞争性; 本发明钢采用 II 型控轧工艺, 解决了轧机轧制压力不足而造成的晶粒粗大不均、冲击韧性减低现象, 适合其它钢厂低轧制压力轧机生产高强钢。由于本发明钢冷弯性能好, 材料制作时不开裂, 回弹性好, 减少了劳动强度, 节约了工时和提高了材料的利用率。采用本发明的方法生产的钢板板型良好, 不平度达到 ≤5mm/m,

可减少制作方的制作钢板矫平费用 50 元/吨。

1、一种易焊接调质高强度钢板，其特征在于：由以下重量百分含量的化学成分组成：C 0.05—0.15%，Si 0.15—0.50%，Mn 0.80—1.80%，P 0.008—0.02%，S 0.003—0.01%，Mo 0.37—0.6%，Nb 0.055—0.07%，B 0.002—0.003%，Ni 0.86—1.20%，Cr 0.47—0.80%，Ti 0.02—0.03%，V 0.053—0.08%，余量为 Fe 及不可避免的杂质。

2、根据权利要求 1 所述的易焊接调质高强度钢板，其特征在于：所述的钢厚度为 10—120mm。

3、一种如权利要求 1 或 2 所述的易焊接调质高强度钢板的生产方法，其特征在于：（1）先经冶炼步骤：采用超高功率电弧炉冶炼，选取优质钢种，熔化期采用大渣量流渣操作，真空脱碳：然后送入 LF 精炼炉内进行精炼，快速脱氧，根据脱 S 情况，微调 Mn、Mo、Nb、Ni、Cr、V 含量，吊包前调 Ti、B；（2）加热轧制步骤：钢锭在均热炉，加热温度 1180—1260℃，加热速度：1000℃以下 \leq 100℃/h，钢坯在连续炉加热，加热温度 1180—1260℃，加热速度 $>10\text{min} / \text{cm}$ ；采用二阶段控轧，第一阶段为奥氏再结晶阶段，这一阶段内，奥氏体变形和再结晶同时进行；第二阶段为奥氏体非再结晶阶段温度为 950℃—Ar₃，在这一阶段内，奥氏体晶粒被拉长，在伸长而未再结晶的奥氏体内形成高密度形变孪晶和形变带，同时微合金碳、氮化物因形变诱导析出，轧后进行水冷，水冷温度低于 750℃；（3）调质步骤：淬火温度为 930—950℃，淬火后再经过回火，回火温度为 580—670℃，保温时间为 2.5—3.5min / nm，取样检验，得合格的成品。

4、根据权利要求3所述的易焊接调质高强度钢板的生产方法，其特征在于：步骤（2）中第一阶段的道次压下率 $\geq 10\%$ ，累计压下率 $\geq 60\%$ 。

5、根据权利要求3所述的易焊接调质高强度钢板的生产方法，其特征在于：步骤（2）中第一阶段的累计压下率 $\geq 50\%$ 。

6、根据权利要求3所述的易焊接调质高强度钢板的生产方法，其特征在于：步骤（3）中淬火的冷却介质为水。

易焊接调质高强度钢板及其生产方法

技术领域

本发明涉及一种易焊接调质高强度 WH80Q 钢板，同时，还涉及一种该易焊接调质高强度钢板的生产方法，属于低合金高强度焊接结构钢制造领域。

背景技术

传统调质钢具有高碳量、高合金含量以及高碳当量所带来的成本较高、焊接性能不甚理想等缺点。国内工程机械行业用 80kg 级高强钢大多来自进口如日本 WELTEN80C、SUMITEN80、瑞典 SUMTIN780、美国 A514Gr.B 及德国 DILLINGER 钢铁公司生产的 DILLMAX690 钢板，德国 DILLINGER 钢铁公司生产的 DILLMAX690 钢板内 C (0.18%) 含量较高、Cr (1.50%)、Ni (1.80%) 合金含量较高，钢板成本价格上升。上述几种进口钢价格普遍很高。

随着高强钢在国内工程机械行业中呈现出用量逐渐增大，国内某些钢铁厂家生产该级别的钢板，但由于规格范围较窄，均在 60mm 以下，无法满足日益增长的厚板市场需求。

发明内容

针对上述问题，本发明的目的在于提供一种较低的碳当量和合金含量的易焊接调质高强度钢板，以大大降低其生产成本。

同时，本发明的目的还在于提供一种该易焊接调质高强度钢板的生产方法。

为了实现上述目的，本发明的技术方案在于采用了一种易焊接调质高强度钢板，由以下重量百分含量的化学成分组成：C \leq 0.15%，Si 0.15—0.50%，Mn 0.80—1.80%，P \leq 0.02%，S \leq 0.01%，Mo \leq 0.6%，Nb \leq 0.07%，B \leq 0.003%，Ni \leq 1.20%，Cr \leq 0.80%，Ti \leq 0.03%，V \leq 0.08%，余量为 Fe 及不可避免的杂质。

所述的碳含量为 0.05—0.15%。

所述的钢厚度为 10—120mm。

同时，本发明的技术方案还在于采用了一种易焊接调质高强度钢板的生产方法，包括以下步骤：（1）先经冶炼步骤：采用超高功率电弧炉冶炼，选取优质钢种，熔化期采用大渣量流渣操作，真空脱碳；然后送入 LF 精炼炉内进行精炼，快速脱氧，根据脱 S 情况，微调 Mn、Mo、Nb、Ni、Cr、V 含量，吊包前调 Ti、B；（2）加热轧制步骤：钢锭在均热炉，加热温度 1180—1260℃，加热速度：1000℃ 以下 $\leq 100^\circ\text{C}/\text{h}$ ，钢坯在连续炉加热，加热温度 1180—1260℃，加热速度 $> 10\text{min}/\text{cm}$ ；采用二阶段控轧，第一阶段为奥氏再结晶阶段，这一阶段内，奥氏体变形和再结晶同时进行；第二阶段为奥氏体非再结晶阶段（ $950^\circ\text{C} \sim A_{r3}$ ），在这一阶段内，奥氏体晶粒被拉长，在伸长而未再结晶的奥氏体内形成高密度形变孪晶和形变带，同时微合金碳、氮化物因形变诱导析出，轧后进行水冷，水冷温度低于 750°C ；（3）调质步骤：淬火温度为 $930\text{—}950^\circ\text{C}$ ，淬火后再经过回火，回火温度为 $580\text{—}670^\circ\text{C}$ ，保温时间为 2.5—3.5min/mm，取样检验，得合格的成品。

步骤（2）中第一阶段的道次压下率 $\geq 10\%$ ，累计压下率 $\geq 60\%$ 。

步骤（2）中第一阶段的累计压下率 $\geq 50\%$ 。

步骤（3）中淬火的冷却介质为水。

本发明的调质高强钢 WH80Q 采用 Cr-Ni-Mo-B 系微合金元素复合强化，经过合理的热处理工艺，获得良好的强韧性匹配，同时又不降低厚板的焊接性能。本发明中碳含量在 0.05-0.15%，高强钢的发展是逐步降低碳含量的过程，碳含量的降低，一方面有利于提高钢的韧性，另一方面可显著地改善钢的焊接性能，本发明适用需要更高韧性和焊接性能的受力复杂的大型钢构件；Si 含量在 0.15-0.5% 之间，Si 主要以固溶强化形式提高钢的强度，但不可含量过高，以免降低钢的韧性；Mn 含量选择在 0.80-1.80%，Mn 主要起固溶强化和降低相变温度提高钢板强度的作用，Mn 能显著提高钢的淬透性，随 Mn 含量

的增加,钢板的塑性和低温冲击韧性略有下降,强度显著提高;Cr 含量 $\leq 0.8\%$, Ni 含量 $\leq 1.2\%$, Cr、Ni 能增加奥氏体过冷能力,降低马氏体和贝氏体的转变温度,促进马氏体的形成;Mo 含量 $\leq 0.8\%$, B 含量 $\leq 0.003\%$,适量的 Mo 和 B 能显著增加钢的淬透性,推迟过冷奥氏体向珠光体转变,通过 Mo 和 B 的复合添加,钢板轧后再经过 ACC 快速冷却,基本可以消除钢中铁素体和珠光体的生成;Cr、Ni 含量低于国外同类钢种,既满足钢板强韧性需求,又起到节约合金,降低成本的作用; Nb 含量 $\leq 0.07\%$, Nb 对晶粒细化作用十分明显,通过轧制过程中 Nb(C、N)应变诱导析出阻碍形变奥氏体回复、再结晶、经控轧控冷使精轧阶段非再结晶区轧制的形变奥氏体组织再相变时转变成细小的相变产物;V 含量 $\leq 0.08\%$, V 具有较高的析出强化作用,用来提高钢的强度;钛是强烈的固 N 元素,细小的 Ti、N 粒子可有效地阻碍钢在加热时的奥氏体晶粒长大,并且能显著地改善钢的焊接性能;P 含量 $\leq 0.020\%$ 、S 含量 $\leq 0.010\%$,是为了保证钢质纯净,调质高强钢中,P 含量偏高影响钢板的冲击韧性。

采用本发明的方法进行生产实现了较低的碳当量和合金含量的化学成分设计,严格控制铸坯加热、轧制及冷却参数,钢板经调质处理后,既获得了技术条件要求的各项力学性能指标又降低了生产成本,同时得到了更细小的组织结构和更佳的焊接性能;规格范围广,厚度 10-120mm,用于代替进口产品,填补国内市场空白,满足国内、外工程机械行业不断增长用量的需求。经检测本发明的钢板的力学性能达到下列要求: $R_{p0.2} \geq 665\text{MPa}$, $R_m \geq 760\text{MPa}$, $A \geq 14\%$, $-20^\circ\text{C AKV} \geq 34\text{J}$ 。碳当量 $C_{eq} \leq 0.60\%$,具有良好的焊接性能。

由于本发明钢采用电炉冶炼,P、S 含量低,钢质纯净,深受用户欢迎;本发明钢因加入的贵金属含量少,成本低,具有市场竞争性;本发明钢采用 II 型控轧工艺,解决了轧机轧制压力不足而造成的晶粒粗大不均、冲击韧性减低现象,适合其它钢厂低轧制压力轧机生产高强钢。由于本发明钢冷弯性能好,材料制作时不开裂,回弹性好,减少了劳动强度,节约了工时和提高了材料的利用率。采用本发明的方法生产的钢板板型良好,不平度达到 $\leq 5\text{mm/m}$,

可减少制作方的制作钢板矫平费用 50 元/吨。由于本发明钢有优良的综合性能，目前用于工程机械上，冲击韧性有相当大的富裕量，可广泛用于电站、桥梁、工程支架具有极大的应用前景。其轧制工艺简单，调质工艺范围广，易于操作，适合于有淬火机的钢铁厂生产。采用本发明钢替代进口钢，进口钢价按每吨 15000 元，如按平均生产成本 8500 元 / 吨，本发明的钢比进口每吨节约 6500 元 / 吨。制造厂如制造工程机械采用调质高强钢和采用低合金钢相比，可减轻自重 10-50%，并可提高设备性能和使用寿命，同时节约了能源，因此会给制造和使用部门带来更大效益。

本发明的工艺步骤如下：

电炉冶炼→VD/VOD 炉真空脱碳→LF 炉精炼→连铸（模铸）→钢坯（锭）清理→加热→轧板→轧后水冷→调质→钢板检查、修磨→回火→取样检验→入库

(1) 冶炼工艺：本发明采用 90T 超高功率电弧炉冶炼，选用优质炉料，熔化期采用大渣量流渣操作，P 高时先去 P 后脱 C，发挥低温易脱 P 的特点。无渣出钢，出钢过程中不加任何含 C 脱氧剂。

本发明钢种在 LF 炉精炼炉快速脱氧，根据脱 S 情况，微调 Mn、Nb、V、Cr、Ni、Mo（不含 C 合金）等元素，吊包前调 Ti 和 B。

(2) 加热轧制工艺：

加热工艺：

适当控制加热速度和加热温度可以保证加热均匀并且防止晶粒粗大，充足的加热时间可以保证合金元素能够充分固溶。

加热制度按 II 组钢加热工艺执行，保温时间按同锭型 II 组钢增加 2 小时。

控轧控冷工艺：

WH80Q 采用了二阶段控轧工艺。第一阶段为奥氏体再结晶阶段，在这一阶段内（1000℃以上），奥氏体变形和再结晶同时进行，因再结晶而获得的细小奥氏体粒，将导致铁素体晶粒的细化。此阶段道次压下率 $\geq 10\%$ ，累计压下

率 $\geq 60\%$ 。第二阶段为奥氏体非再结晶阶段 ($950^{\circ}\text{C}\sim A_{r3}$)，在这一阶段内，奥氏体晶粒被拉长，在伸长而未再结晶的奥氏体内形成高密度形变孪晶和形变带，同时微合金碳、氮化物因形变诱导析出，因而增加了铁素体的形核位置，细化了铁素体晶粒。此阶段压下率应尽量大，累计压下率 $\geq 50\%$ 。

控制冷却的实质就是对未再结晶奥氏体进行快速冷却，从奥氏体晶界和变形带上甚至变形奥氏体内形核，促使组织进一步细化，促使变形奥氏体转变成马氏体或贝氏体组织，同时尽可能多地保留轧制过程中形成的位错和畸变，提高钢板的强韧性。实际生产中钢板的入水温度在 A_{r3} 温度以上，采用合适的冷却速度，确保出水温度在 750°C 以下，既保证了板型，又保证了热轧组织准备。

采用控轧控冷生产工艺，WH80Q 获得了良好的组织，再经过调质处理（淬火+高温回火），可获得良好的综合性能。

（3）调质工艺

选择 WH80Q 的淬火温度为 $930^{\circ}\text{C}\sim 950^{\circ}\text{C}$ ，从淬火的经济性考虑，选择水作为冷却介质，可使 WH80Q 的冷却速度大于临界冷却速度，从而获得马氏体组织。

淬火后再经过回火，转变成较为稳定的回火组织，同时，还能消除内应力。选择不同的回火温度，获得相应的组织，满足用户提出的力学性能要求，以实现弹性生产。回火温度选择 $580^{\circ}\text{C}\sim 670^{\circ}\text{C}$ ，保温时间选择 2.5—3.5min/mm，回火后组织为回火索氏体，具有良好的强韧性匹配。

具体实施方式

实施例 1

本实施例的调质高强度钢按重量百分含量各成分组成为：C 0.10%、Si 0.20%、Mn 0.94%、P 0.015%、S 0.004 %、Mo 0.38%、Ni 0.86%、Cr 0.47%、Nb 0.055%、V 0.053%、B 0.002%、Ti 0.022%，余量为 Fe 及不可避免的夹杂。 C_{eq} 为 0.48%，轧成 48mm 钢板。

其力学性能：屈服强度：795MPa，抗拉强度：830MPa，A 为 17.5%，-20℃冲击功 AKV（纵向）190、168、150J，冷弯试验 D=3a, 180° 完好。

实施例 2

本实施例的调质高强度钢按重量百分含量各成分组成为：炉号 C 0.12%、Si 0.30%、Mn 0.95%、P 0.008%、S 0.003%、Mo 0.37%、Ni 1.14%、Cr 0.61%、Nb 0.057%、V 0.056%、B 0.0020%、Ti 0.020%，余量为 Fe 及不可避免的夹杂。Ceq 为 0.56%，轧成 80mm 钢板。

其力学性能：屈服强度：830MPa，抗拉强度：910MPa，A 为 16%，-20℃冲击功 AKV（纵向）150、97、174J，冷弯试验 D=3a, 180° 完好。

最后所应说明的是：以上实施例仅用以说明而非限制本发明的技术方案，尽管参照上述实施例对本发明进行了详细说明，本领域的普通技术人员应当理解：依然可以对本发明进行修改或者等同替换，而不脱离本发明的精神和范围的任何修改或局部替换，其均应涵盖在本发明的权利要求范围当中。