



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101550515 B

(45) 授权公告日 2012. 05. 30

(21) 申请号 200810035367. 1

CN 101065503 A, 2007. 10. 31, 全文.

(22) 申请日 2008. 03. 31

审查员 陈大洲

(73) 专利权人 宝山钢铁股份有限公司

地址 201900 上海市宝山区富锦路果园

(72) 发明人 梁高飞 方园 于艳 刘俊亮

高加强

(74) 专利代理机构 上海科琪专利代理有限责任

公司 31117

代理人 郑明辉

(51) Int. Cl.

C22C 38/16 (2006. 01)

B21B 37/74 (2006. 01)

(56) 对比文件

US 2004/0074628 A1, 2004. 04. 22, 全文.

KR 10-2007-0085757 A, 2007. 08. 27, 全文.

权利要求书 1 页 说明书 6 页

(54) 发明名称

一种含铜高强韧高锰钢

(57) 摘要

本发明涉及一种含铜高强韧高锰钢及其制造方法。一种含铜高强韧高锰钢,其成分按重量百分比计为:Mn:15%~25%、Cu:0.10%~1.5%、C:0.3%~1.0%、Si:0.04%~0.8%、Al:0.002%~0.8%,余量为Fe和杂质。制造方法为:将铸坯加热到 $0.7T_L \sim 0.8T_L$ 温度下固溶处理,保温处理时间在3h之内;热轧开轧温度为 $0.7T_L \sim 0.8T_L$,终轧温度为 $0.6T_L \sim 0.8T_L$,空冷或水冷,在550~680℃温度下卷取;将热轧后的钢板置于在温度300~900℃之间退火处理,之后空冷,或水淬。本发明钢强韧度高,易于成型,冶炼与铸造容易。

1. 一种含铜高强韧高锰钢,其特征在于,其成分按重量百分比计为:Mn:15%~25%、Cu:0.10%~1.0%、C:0.3%~1.0%、Si:0.04%~0.8%、Al:0.002%~0.8%,余量为Fe和不可避免的杂质;

将满足上述成分的含铜高强韧高锰钢铸坯加热到0.7TL~0.8TL温度下固溶处理,保温处理时间在3h之内;热轧开轧温度为0.7TL~0.8TL,终轧温度为0.6TL~0.8TL,空冷或水冷,在550~680℃温度下卷取;将热轧后的钢板在温度300~900℃之间退火处理,之后空冷,或水淬。

2. 如权利要求1所述的含铜高强韧高锰钢,其特征在于:所述热轧工艺为单道或多道次。

一种含铜高强韧高锰钢

技术领域

[0001] 本发明涉及一种含铜高强韧高锰钢及其制造方法,尤其是 Fe-Mn-C 系含铜高锰 TWIP 钢及其制造方法。

[0002] 背景技术

[0003] 孪晶诱发塑性 (twinning induced plasticity, TWIP) 钢含锰量高,基体为奥氏体,在塑性变形的过程中表现出较高的延展性和优越的强度特性,主要应用于汽车领域内,包括 Fe-Mn-Si-Al 系、Fe-Mn-C 系、Fe-Mn-Al-C 系 (典型成分 Fe-16Mn-11Al-1.1C),以及超高碳系 (典型成分 Fe-8Mn-13Al-7C) 等。

[0004] Fe-Mn-Si-Al 系 TWIP 钢,典型成分为 :C : < 0.2%, Mn : 10% ~ 30%, Si : 1% ~ 6%, Al : 1% ~ 8%, 德国对该体系高锰钢的研究处于领先水平。由于 Fe-Mn-Si-Al 系高锰钢中 Al 元素含量较高,在板坯连铸或模铸过程中,Al 通常会在凝固时在晶界处发生偏析,形成低熔点金属间化合物 (Fe_2Al_5),导致铸态组织的缺陷,热连轧时易开裂,材料的热塑性很差;另外,Al 会将钢水中的 SiO_2 和 MnO 还原,增大钢水的粘度,破坏铸坯的表面和内部质量。因此,目前业界认为 Fe-Mn-Si-Al 系高锰钢的工业大规模制造存在很大困难,多作为科学问题来研究,尚无工程应用推广先例。

[0005] Fe-Mn-C 系 TWIP 钢比其它体系相对容易冶炼,综合机械性能较高,是目前开发的重点。Arcelor(安赛乐)公司与 ThyssenKrupp(蒂森克虏伯)公司作为全球汽车用钢的主要供应商,目前已开发出 X-IP1000 产品,典型成分为 :0.6C, 23Mn, 0.05 ~ 1.0Si, 0 ~ 0.008Al, 0.001 ~ 0.01N。X-IP1000 抗拉强度 1162Mpa, 屈服强度 599Mpa, 均匀延伸率达 52.8%, 并且具有非常优良的深冲性能、成型性能以及耐冲击性能。((法)D Cornette, P Cugy, A Hildenbrand, “汽车安全部件用超高强 Fe-Mn TWIP 钢”,《世界钢铁》,2006, (3) : 39)。

[0006] 由于 Fe-Mn-C 系高锰钢 Mn、C 含量非常高,热轧过程中,在隧道炉加热时晶界非常容易氧化,并且钢中 κ 相碳化物也带来热轧的困难,因此热轧工艺是高锰钢制造的关键技术。ThyssenKrupp 公司尝试采用带式薄带连铸试验轧机制造出生产厚度为 6mm、宽度 300mm 的高锰钢热带卷,表面与边部质量良好,(Karl Heinz Spitzer 等,“带钢直接铸造生产新钢种的基本工艺技术研究”,《第一届中德(欧)冶金技术研讨会论文集》,212)。

[0007] 韩国浦项制铁对高锰钢薄带连铸技术的研究也处于世界领先水平。专利 KR100650559B, KR100650562B 公开了高锰钢的薄带连铸技术,并制造出表面质量良好的原形钢带,典型成分为 0.35C, 25Mn, 1.5Al, 0.5Si。专利 KR20040056300 公开的高锰钢成分为 : < 1.5C, 15 ~ 35Mn, 0.1 ~ 6.0Al。Fe-Mn-C 系高锰钢具有高强度 (屈服强度 599MPa、抗拉强度为 1162MPa) 和较高的延伸率 (52.8%)。围绕高锰钢薄带连铸技术,专利 KR20040055925 公开了结晶辊的特点;专利 KR20040020465、KR20040020464、KR20040020463、KR20060074638 阐述了结晶辊处理、浇铸气氛、表面质量控制等技术问题。

[0008] 利用废钢进行重新冶炼已经十分普遍,废钢中通常含有 Cu 元素,一般被认为钢中的有害元素而加以控制,但是对于高锰钢而言,Cu 作为奥氏体稳定元素,在奥氏体中有较高

的固溶度。特别的是,薄板坯连铸连轧、薄带连铸流程的快速凝固特征使 Cu 元素在高锰钢中的使用存在较大的空间。目前,对于含 Cu 的 Fe-Mn-C 系高锰钢的热处理工艺技术,还没有相关的专利与报道。

[0009] 发明内容

[0010] 本发明的目的在于提供一种含铜高强韧高锰钢,该种钢强韧性高,易于成型,此外该钢种在不同的温度区间退火,可以在抗拉强度变化不大的情况下,屈服强度和延伸率在较大的范围内变化,从而满足用户特定的需求。

[0011] 本发明是这样实现的:一种含铜高强韧高锰钢,其成分按重量百分比计为:Mn:15%~25%、Cu:0.10%~1.5%、C:0.3%~1.0%、Si:0.04%~0.8%、Al:0.002%~0.8%,余量为 Fe 和不可避免的杂质。

[0012] 含铜高强韧高锰钢的制造方法,将满足上述成分的含铜高强韧高锰钢铸坯加热到 $0.7T_L \sim 0.8T_L$ (T_L :钢的液相线温度) 温度下固溶处理,保温处理时间在 3h 之内;热轧开轧温度为 $0.7T_L \sim 0.8T_L$,终轧温度为 $0.6T_L \sim 0.8T_L$,空冷或水冷,在 $550 \sim 680^\circ\text{C}$ 温度下卷取;将热轧后的钢板在温度 $300 \sim 900^\circ\text{C}$ 之间退火处理,之后空冷,或水淬。

[0013] 所述热轧工艺可以为单道或多道次。

[0014] 本发明放宽了 Cu 元素的要求,从而降低了原材料的要求,可以利用含铜的废钢材进行冶炼,扩大了冶炼工艺范围。如果原料中带入 Cu 量不足,还可以在材料中加入一定的 Cu,使 Cu 含量达到 0.10%~1.5%,这样的 Cu 含量能够调节材料的层错能,从而调节材料的变形机制,优化材料的强韧性,经适当的退火工艺处理后,Cu 合金化 Fe-C-Mn 系高锰钢的强韧积比未加 Cu 的 Fe-C-Mn 系高锰钢有较大幅度提高。

[0015] 本发明降低了对 Mn 元素的最低含量要求(15%),含 Mn 量在 15%~25%的钢抗拉强度可超过 1000Mpa,延伸率在 40%以上,可以通过合适的退火工艺使材料的屈服强度在 220~600Mpa 之间变化。并且该钢合金元素含量低,对成型工艺要求相对较低,强韧性指标与目前同强度规格材料相比较具有优势。

[0016] 本发明加入比较高的 C 元素(0.3%~1.0%),加入 C 元素可以同时提高材料的强度与延伸率,这与一般碳钢提高 C 元素强度提高而延伸率下降不同,其原因主要在于 C-Mn 原子存在相互拖曳作用。同时本发明 C 元素含量限制在 1.0%以下,不会引起冶炼困难。

[0017] 另外,本发明含铜高强韧高锰钢 Si、Al 含量较低,其中, Si:0.04~0.8%, Al:0.002~0.8%,冶炼与铸造相对容易。

[0018] 同时,钢中还可以含有少量的 Cr、B、N 元素,主要用于提高材料的强度和耐腐蚀性,以及细化晶粒,扩大材料应用范围。

[0019] 本发明含铜高强韧高锰钢为比较稳定的奥氏体基体,在变形过程中奥氏体具有 TWIP 效应,使材料在变形过程中,同时具有较高的抗拉强度与延伸率。

[0020] 本发明固溶处理以及热轧开轧温度为 $0.7T_L \sim 0.8T_L$,选择这样的温度范围是由于,如果温度过高会使材料氧化严重,对于高锰钢而言,过高的温度使材料晶界处出现大量第二相,严重影响其性能以及后续加工性能。固溶处理保温时间由铸坯尺寸决定,尺寸较大则保温时间较长,一般控制在 3h 之内。由于高锰钢变形抗力随温度下降快速提高,因此应尽量在较高温度下完成终轧,终轧温度为 $0.6T_L \sim 0.8T_L$,整个热轧过程保证全奥氏体组织。

[0021] 热轧之后的最终热处理一般的高锰钢常采用高温(1000°C 以上)固溶处理,温度

高、时间长,本发明钢种的热处理温度较低(300 ~ 900℃,一般在700℃以下进行),工艺简单,易于在工业生产中实施。并且本发明含铜高强韧高锰钢经过不同的热处理后,钢的机械性能可以在很大的范围内变化。

[0022] 本发明具有以下有益效果:本发明含铜高强韧高锰钢利用Cu元素合金化提高高锰钢的机械性能,冶炼与铸造相对容易,奥氏体基体稳定性较强,具有比较宽的制造工艺窗口,结合后续热处理工艺,使材料的机械性能在较大的范围内变化。

[0023] 本发明含铜高强韧高锰钢在机车、建筑、能源、电力等领域具有广阔的应用前景与潜力,适合制造机车底盘、低温液体储藏容器、机车支柱、3D产品外壳、高速列车安全部件、以及建筑受力部件等。

具体实施方式

[0024] 实施例1:

[0025] 成分:15.8% Mn, 0.6% C, 0.25% Cu, 0.05% Si, 0.01% Al, 余量为Fe和不可避免的杂质。

[0026] 制造方法:

[0027] 将以上成分的钢铸坯加热到1150℃温度下固溶处理,保温4小时后热轧,开轧温度:1100℃,终轧温度:850℃,累积压下量80%,卷取温度为650℃。热轧板厚度2.5mm。取样(试样序号E1),进行静态拉伸试验。

[0028] 抗拉强度:1050Mpa,延伸率:50%。

[0029] 实施例2:

[0030] 成分:15.8% Mn, 0.6% C, 1.0% Cu, 0.08% Si, 0.01% Al, 余量为Fe和不可避免的杂质。

[0031] 制造方法:

[0032] 将以上成分的钢铸坯加热到1150℃温度下固溶处理,保温4小时后热轧,开轧温度:1100℃,终轧温度:850℃,累积压下量:80%,卷取温度:600℃。热轧板厚度2.5mm。在900℃下保温20min后,水淬。取样(试样序号E2),进行静态拉伸试验。

[0033] 抗拉强度:900 ~ 1000Mpa,延伸率:62 ~ 70%,强韧积可以达到70,000Mpa%。

[0034] 实施例3:

[0035] 成分:0.56% C, 15.83% Mn, 0.10% Cu, 0.01% Al, 0.05% Si, 0.005% N, 0.005% B, 余量为Fe和不可避免的杂质。

[0036] 制造方法:

[0037] 将以上成分的钢铸坯加热到1150℃温度下固溶处理,保温4小时后热轧,开轧温度:1100℃,终轧温度:850℃,累积压下量80%,卷取温度:600℃。热轧板厚度2.5mm。在300 ~ 900℃下退火5 ~ 60min,退火过程中通N₂保护,水淬。取样,进行力学分析。表1为退火60min后测定的机械性能。可见,退火温度对高锰钢的机械性能影响很大。值得注意的是,700℃下退火,材料抗拉强度与延伸率基本不变,而屈服强度从520Mpa降至370Mpa;900℃退火使材料抗拉强度有一定下降,而延伸率达到73.5%,屈服强度稍有下降,综合强韧性最佳。

[0038] 表1 实施例3高锰钢的机械性能(退火60min)

[0039]

试样序号	温度 °C	$R_{p0.2}$ Mpa	R_m Mpa	A %	$R_m \times A$ Mpa%	$R_{p0.2}/R_m$
E3	300	520	1080	49.0	52,920	0.48
E4	500	520	1040	49.6	51,584	0.46
E5	700	370	1040	51.5	53,040	0.36
E6	900	320	850	73.5	62,475	0.38

[0040] [0038] 表 2 为退火时间和高锰钢机械性能的关系。可见,对于低温退火,退火时间对性能基本无影响;高温退火,随着时间延长,强韧性明显提高,而屈强比下降。

[0041] 表 3 为试样 E3 与 Arcelormittal (安赛乐米塔尔,著名钢铁生产公司) 同等级强度钢的性能比较。可见,在同一强度级别高强钢中,高锰钢延伸率是其它钢种的 3 ~ 5 倍,具有非常明显的性能优势。

[0042] 表 2 实施例 3 高锰钢机械性能与退火时间的关系

[0043]

试样 序号	温度 °C	时间 min	R _{30.2} Mpa	R _m Mpa	A %	R _m ×A Mpa%	R _{30.2} /R _m
E7	300	5	530	1020	56.0	57,120	0.52
E3	300	60	520	1080	49.0	52,920	0.48
E8	900	5	310	725	57.0	41,325	0.43
E5	900	60	320	850	73.5	62,475	0.38

[0044] 表 3 实施例高锰钢与 Arcelormittal 同等级强度钢的性能比较
[0045]

钢种	$R_{p0.2}$ Mpa	R_m Mpa	A %	$R_m \times A$ Mpa%
MP1000	800-950	≥ 950	≥ 10	$\geq 9,500$
DP980	600-750	980 ~ 1100	≥ 10	$\geq 9,800$
TRIP980	> 500	980 ~ 1100	≥ 18	$\geq 17,640$
E3(本发明)	520	1080	49.0	52,920

[0046] 实施例 4 :

[0047] 成分 :15.1% Mn,0.6% C,0.62% Cu,0.08% Si,0.01% Al,余量为 Fe 和不可避免的杂质。

[0048] 制造方法 :

[0049] 将以上成分的钢铸坯加热到 1150℃ 温度下固溶处理,保温 4 小时后热轧,开轧温度 :1100℃,终轧温度 :850℃,累积压下量 :80%,卷取温度 :600℃。热轧板厚度 2.5mm。在 900℃ 下保温 20min 后,水淬。取样(试样序号 E9),进行静态拉伸试验。

[0050] 另外,作为对比试样,实施例中选取未加 Cu 的高锰钢(试样序号 E10),成分为 :Fe-15Mn-0.6C,制造方法同试样 E9。两试样的机械性能见表 4 所示。很明显,经相同的热处理后,含 Cu 高锰钢延伸率有较大的提高,强韧积明显高于未加 Cu 高锰钢。

[0051] 表 4Cu 元素对热处理高锰钢机械性能的影响

[0052]

试样序号	R_m Mpa	A %	$R_m \times A$ Mpa%
E9(含 Cu)	825	72.5	59812.5
E10(不加 Cu)	835	47.0	45925.0

[0053] 实施例 5 :

[0054] 成分 :25.0% Mn,0.3% C,1.0% Cu,0.8% Si,0.8% Al,0.1% B,5.0% Cr,余量为 Fe 和不可避免的杂质。

[0055] 制造方法 :

[0056] 将以上成分的钢铸坯加热到 1150℃ 温度下固溶处理,保温 4 小时后热轧,开轧温度 :1100℃,终轧温度 :850℃,累积压下量 :80%,卷取温度 :600℃。热轧板厚度 2.5mm。在 900℃ 下保温 20min 后,空冷。取样(试样序号 E11),进行静态拉伸试验。

[0057] 屈服强度 :400Mpa,抗拉强度 :745Mpa,延伸率 :57.5%。