



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102703834 B

(45) 授权公告日 2014. 03. 12

(21) 申请号 201210219885. 5

(22) 申请日 2012. 06. 29

(73) 专利权人 中天钢铁集团有限公司

地址 213011 江苏省常州市戚墅堰东守

(72) 发明人 王时林

(74) 专利代理机构 南京汇盛专利商标事务所

(普通合伙) 32238

代理人 陈扬

(51) Int. Cl.

C22C 38/54 (2006. 01)

C22C 38/44 (2006. 01)

(56) 对比文件

JP 特开 2001-303173 A, 2001. 10. 31, 全文.

WO 2010/046475 A1, 2010. 04. 29, 权利要求

1.

审查员 杨冰

权利要求书1页 说明书5页

(54) 发明名称

一种晶粒细化的齿轮钢及其生产工艺

(57) 摘要

本发明公开了一种晶粒细化的齿轮钢及其生产工艺, 该齿轮钢按重量百分比其成分为 :C 0. 14 ~ 0. 22%、Si 0. 20 ~ 0. 35%、Mn 0. 80 ~ 1. 15%、Cr0. 80 ~ 1. 25%、Al0. 030-0. 060%、 $P \leq 0. 035\%$ 、 $S0. 015-0. 030\%$ 、 $B0. 0005-0. 030\%$ 、 $0. 080 \leq N \leq 0. 0140\%$ 、 $Ni \leq 0. 30\%$ 、 $Mo \leq 0. 30\%$ 、 $Cu \leq 0. 20\%$ , 余量是 Fe 和不可避免的杂质。包括冶炼、连铸和轧制工序。本发明充分运用晶内铁素体细化晶粒, 改善冲击强度, 改善疲劳特性。

1. 一种晶粒细化的齿轮钢的生产工艺,其特征在于:该工艺包括冶炼、连铸和轧制工序,其工艺流程为:

1) 电炉冶炼,要求红包无渣出钢;

2) LF 精炼炉, 精炼时间 $\geq 30\text{min}$ ,过程根据渣况补加 CaO,前期使用 Al 粒加高品位碳化硅脱氧,中后期使用高品位碳化硅保持白渣;根据 Al<sub>T</sub> 含量补加铝铁或铝线, Al<sub>T</sub> 保持 $\geq 0.020\%$ ,精炼后期控制进 VD 前 (Al): $0.020\text{--}0.040\%$ ;精炼过程 Cr 按 0.78% 以内控制,其它元素除 Al、B、S 按目标值下限调整;

3)VD 真空炉,真空度 $\leq 1$  毫巴下保持,保持时间 $\geq 12\text{min}$ ,破真空确保软吹 Ar  $\geq 20\text{min}$  以上; 按目标值使用 CrN 合金增氮, MnN 线微调;用喂线或加合金进行微调, 喂线或加合金顺序如下: C、Al、Ca、B-Fe、S;

4)连铸,得到连铸坯;该齿轮钢连铸坯按重量百分比其成分为:C 0.16 ~ 0.21%、Si 0.20 ~ 0.33%、Mn 0.85 ~ 1.10%、Cr 0.85 ~ 1.20%、Al 0.030-0.060%、P  $\leq 0.035\%$ 、S 0.015-0.030%、B 0.0005-0.020%、N 0.0120%、Ni  $\leq 0.30\%$ 、Mo  $\leq 0.30\%$ 、Cu  $\leq 0.20\%$ ,余量是 Fe 和不可避免的杂质;

5) 轧钢,加热炉内温度:预热段 $\leq 850^\circ\text{C}$ 、加热段 1200 — 1250 $^\circ\text{C}$ 、均热段 1200 — 1230 $^\circ\text{C}$ , 总加热时间 135 ~ 145 分;出入钢节奏 90 ~ 100 秒;水除鳞压力 $\geq 20\text{MPa}$ ;开轧温度 $\geq 1100\text{--}1130^\circ\text{C}$ , 终轧温度 $\geq 950^\circ\text{C}$ ;轧后轧材入干燥坑缓冷,入坑温度 $\geq 500^\circ\text{C}$ ,保温时间 $\geq 24$  小时,出坑温度 $\leq 200^\circ\text{C}$ ;得到晶粒细化的齿轮钢。

2. 根据权利要求 1 所述的晶粒细化的齿轮钢的生产工艺,其特征在于:步骤 3) 中,微调成分操作如下:C 线喂完立即喂入 Al 线:80-100m, 然后搅拌 1min 以上喂入 Ca 线:30m, 完毕后保持静搅 3min 以上加入 BFe:0.16-0.20kg/t,再静搅 5min 以上加入硫化铁合金:0.60-0.80kg, 再确保静搅 5-10min 以上,静搅过程取成品样后吊包上连铸。

3. 根据权利要求 2 所述的晶粒细化的齿轮钢的生产工艺,其特征在于:步骤 3) 中,静搅过程根据温度加入保温剂 $\geq 100\text{kg}$ 。

## 一种晶粒细化的齿轮钢及其生产工艺

### 技术领域

[0001] 本发明属于冶金领域,涉及一种晶粒细化的齿轮钢及其生产工艺。

### 背景技术

[0002] 20CrMnTi 钢占中国汽车齿轮钢材制造用量的 50%左右。其钢基体组织为珠光体 + 铁素体组织,由于 20CrMnTi 钢在成分上含有 Ti, 不可避免地在钢材内部产生或大或小的 TiN 夹杂物, Ti 是齿轮钢中的重要元素,但是 Ti 在钢中易形成颗粒大、带尖棱角的 TiN, 是疲劳裂纹源,其危害比氧化物夹杂还严重。主要是 TiN 不变形夹杂物比基体硬,影响加工精度,在使用时会成为疲劳源而影响齿轮的疲劳寿命。

[0003] 因此,主要通过两种措施减少 TiN 形成机会。一是尽量降低 Ti 含量,并通过精炼喂 Ti 线工艺替代原来直接加块状合金,提高 Ti 收得率,把 Ti 成分控制在很窄范围内。二是保证连铸钢液脱氧良好,连铸过程采用全过程保护浇注,尽量避免与大气接触以减少钢液吸氮。

### 发明内容

[0004] 针对 20CrMnTi 现有技术存在的上述缺点,本发明的目的是提出一种晶粒细化的齿轮钢 (20CrMnBAlN) 及其生产工艺,与 20CrMnTi 相比有较近碳含量、铬含量、锰含量,加入 Al、B、N 元素,充分运用晶内铁素体细化晶粒,改善冲击强度,改善疲劳特性。

[0005] 本发明的目的是通过以下技术方案来实现的:

[0006] 一种晶粒细化的齿轮钢,其特征在于:该齿轮钢按重量百分比其成分为:C 0.14 ~ 0.22 %、Si 0.20 ~ 0.35 %、Mn 0.80 ~ 1.15 %、Cr 0.80 ~ 1.25 %、Al 0.030-0.060 %、 $P \leq 0.035$  %、S 0.015-0.030 %、B 0.0005-0.030 %、 $0.080 \leq N \leq 0.0140$  %、 $Ni \leq 0.30$  %、 $Mo \leq 0.30$  %、 $Cu \leq 0.20$  %,余量是 Fe 和不可避免的杂质。

[0007] 优选的,该齿轮钢按重量百分比其成分为:C 0.16 ~ 0.21 %、Si 0.20 ~ 0.33 %、Mn 0.85 ~ 1.10 %、Cr 0.85 ~ 1.20 %、Al 0.030-0.060 %、 $P \leq 0.035$  %、S 0.015-0.030 %、B 0.0005-0.020 %、 $0.080 \leq N \leq 0.0140$  %、 $Ni \leq 0.30$  %、 $Mo \leq 0.30$  %、 $Cu \leq 0.20$  %,余量是 Fe 和不可避免的杂质。

[0008] 各元素的作用:

[0009] 1)C:在所有元素中,碳提高强度的能力最大,碳对淬火回火钢的强化大约为硅的 5 倍,铬的 9 倍和锰的 18 倍,所以为保证齿轮钢具有足够的强度、硬度,钢中必须含有相当高的碳含量。

[0010] 2)Mn:对钢起强化作用,提高钢的淬透性能。

[0011] 3)Cr:对钢起强化作用,提高钢的淬透性能。

[0012] 4)Al:晶粒度细小均匀的奥氏体晶粒对稳定齿轮钢的末端淬透性,减少齿轮热处理后的变形,提高脆断抗力和裂纹传播抗力具有重要意义。考虑到 Ti 对齿轮钢不利影响,

主要是通过添加 Al 细化晶粒,以 Al 元素来实现细晶控制。为了更好地细化晶粒,采用精炼喂 Al 线方式,合理控制喂线速度和喂线时机,使得酸溶铝含量能够稳定控制在内控范围之内,达到晶粒度 8 级。

[0013] 5)S:提高齿轮加工时的易切削能力,实现晶内铁素体冶金,细化晶粒。

[0014] 6)B:提高钢淬透性能。

[0015] 7)N:细化晶粒。

[0016] 一种晶粒细化的齿轮钢的生产工艺,其特征在于:该工艺包括冶炼、连铸和轧制工序,其工艺流程为:

[0017] 1) 电炉冶炼,要求红包无渣出钢;

[0018] 2)LF 精炼炉,精炼时间 $\geq 30\text{min}$ ,过程根据渣况补加 CaO,前期使用 Al 粒加高品位碳化硅脱氧,中后期使用高品位碳化硅保持白渣;根据 Al<sub>t</sub> 含量补加铝铁或铝线,Al<sub>t</sub> 保持 $\geq 0.020\%$ ,精炼后期控制进 VD 前(Al): $0.020\text{--}0.040\%$ ;精炼过程 Cr 按 0.78%以内控制,其它元素除 Al、B、S 等按目标值下限调整;

[0019] 3)VD 真空炉,真空度 $\leq 1$  毫巴下保持,保持时间 $\geq 12\text{min}$ ,破真空确保软吹 Ar $\geq 20\text{min}$  以上;按目标值使用 CrN 合金增氮,MnN 线微调;用喂线或加合金进行微调,喂线或加合金顺序如下:C、Al、Ca、S、BFe;微调成分操作如下:C 线喂完可以立即喂入 Al 线:80–100m,然后搅拌 1min 以上喂入 Ca 线:30m,完毕后保持静搅 3min 以上加入 BFe:0.16–0.20kg/t,再静搅 5min 以上加入硫化铁合金:0.60–0.80kg,再确保静搅 5–10min 以上,静搅过程取成品样后吊包上连铸;静搅过程根据温度加入保温剂 $\geq 100\text{kg}$ 。

[0020] 4) 连铸,得到连铸坯;

[0021] 5) 轧钢,加热炉内温度:预热段 $\leq 850\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、加热段 1200–1250 $^{\circ}\text{C}$ 、均热段 1200–1230 $^{\circ}\text{C}$ ,总加热时间 135 ~ 145(分);出入钢节奏 90 ~ 100(秒);水除鳞压力 $\geq 20\text{MPa}$ ;开轧温度 $\geq 1100\text{--}1130\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,终轧温度 $\geq 950\text{ }^{\circ}\text{C}$ ;轧后轧材入干燥坑缓冷,入坑温度 $\geq 500\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,保温时间 $\geq 24$  小时,出坑温度 $\leq 200\text{ }^{\circ}\text{C}$ ;得到晶粒细化的齿轮钢。

[0022] 本发明的优点是:考虑到汽车的轻量化、高速度的发展趋势,考虑到齿轮的各种苛刻工作环境、高强度、高寿命、耐疲劳、抗冲击等方面的要求。本发明通过晶粒细化、晶界强化改善晶界强度,可应用于改善冲击强度。消除 TiN 等氧化物与氮化物,可改善疲劳特性,真空脱气处理主要是减少钢液中的氧、氢等气体成分的处理,以减少大型的非金属夹杂物。另外,软性夹杂物对疲劳极限的影响小于硬性夹杂物的影响,所以,尝试了使非金属夹杂物无害化的方法,即控制硬质的非金属夹杂物。使之成为软性的夹杂物。应用钙处理是有效的办法。

[0023] 具体实施方式:

[0024] 一种本发明所述的晶粒细化的 20CrMnBA1N 齿轮钢的生产工艺,中按 C 0.14 ~ 0.22%控制,优选为 C 0.16 ~ 0.20%,按计算量向钢中加入低磷锰铁和低碳铬铁,钢的强韧性,强化晶界,进而改善齿轮钢的综合力学性能。

[0025] 其工艺流程为:原辅料验收→配料→电炉冶炼→LF 精炼→VD 脱气→连铸→铸坯坑冷→检验→坯料验收→加热→除鳞→轧制→剪切或锯切→坑冷→矫直→修磨→成品检验→打包标志→称重。

[0026] 具体工艺如下:

[0027] 电炉冶炼：要求红包无渣出钢。电炉新砌炉壳前三炉不得用于生产本方案中齿轮钢，尽量避免使用新钢包，在不得已使用新钢包时须适当延长 LF 精炼及 VD 真空处理时间。

[0028] 在 100 吨电炉冶炼，因需要走真空，钢包要留有自由空间，出钢量目标为 88 吨，配料选用优质废钢、铁水、生铁。铁水加生铁量 $\geq$ 总配料量的 30%。配碳量 $\geq$  1.0%，要求电炉冶炼配碳量 $\geq$  1.0%、脱碳量 $\geq$  0.80%。电炉终点控制目标 C $\geq$  0.08，P $\leq$  0.008%，T $\geq$  1610℃，定氧：[O] $\leq$  700PPm，电炉出钢过程中钢包内每吨钢水渣料及合金加入量复合中铝：3-4Kg，低磷低碳硅锰 9-10kg，低磷锰铁 4-5kg，低碳铬铁 10-11kg 石灰 8Kg，萤石 2Kg 等。

[0029] LF 精炼炉：

[0030] 1. 精炼时间 $\geq$  30min 以上，过程根据渣况补加 CaO，前期使用 Al 粒加高品位碳化硅（高纯石墨炭材）脱氧，中后期使用高品位碳化硅（高纯石墨炭材）保持白渣；

[0031] 2. 根据 Alt 含量补加铝铁或铝线，Alt 保持 $\geq$  0.020% 以上，精炼后期控制进 VD 前 (Al)：0.020-0.040%；

[0032] 3. 精炼过程 Cr 按 0.78% 以内控制，其它元素除 Al、B、S 等按目标值下限调整；VD 真空炉

[0033] 1. 真空度 $\leq$  1 毫巴下保持，保持时间 $\geq$  12min，破真空确保软吹 Ar $\geq$  20min 以上；

[0034] 2. [N] 的调整：破真空取双棒棒糖样分析全成分，[N] 按目标值使用 CrN（合金）增氮（优先），MnN（线）（微调）：(MnN（线）增 [N] 推荐 100m = 15-20ppm N；CrN（合金）推荐 100kg = 35-40ppm)；，

[0035] 3 用喂线或加合金进行微调，喂线或加合金顺序如下：C、Al、Ca、S、BFe，不得随意调整；

[0036] 4. 微调成分操作如下：根据样结果按目标值进行微调（以下元素加入量根据实际情况可调整）；C 线喂完可以立即喂入 Al 线：80-100m，然后搅拌 1min 以上喂入 Ca 线：30m，完毕后保持静搅 3min 以上加入 BFe：0.16-0.20kg/t，再静搅 5min 以上加入硫化铁（合金）：0.60-0.80kg，再确保静搅 5-10min 以上，静搅过程取成品样后吊包上连铸；

[0037] 5. 静搅过程根据温度加入保温剂 $\geq$  100kg。

[0038] 连铸

[0039] 连铸第一炉：1570 ~ 1580，连浇炉：1560 ~ 1570，液相线温度：1512℃。

[0040] 推荐过热度：20-30℃ 保护渣：中低碳保护渣覆盖剂：TD-BA 断面：(mm\*mm) 断面：(mm\*mm)：350\*440 振动模式 180\*240

[0041] 拉速 (m/min)  $\Delta T > 35^\circ\text{C}$  0.48m/min

[0042]  $\Delta T \leq 35^\circ\text{C}$  0.51m/min

[0043] 1. 连铸严格控制拉速，保证电磁搅拌和末搅正常运行，保证中间包、结晶器液面稳定，防止卷渣，保证侵入式水口对中及插入深度。

[0044] 2. 坯料冷却要求：不得热装热送

[0045] 大方坯需入坑缓冷，缓冷坑必须干燥，入坑温度 $\geq$  500℃，缓冷时间 $\geq$  48h 以上可开盖自然冷却，开盖 36h 后可以出坑；小方坯钢坯须避风堆冷或入坑缓冷，保温时间 $\geq$  24h。

[0046] 3. 每组每流铸坯取样检测低倍。

[0047] 轧钢：

[0048] 1). 予热段 ≤ 850℃ 加热段 12000-1250℃ 均热段 1200-1230℃, 总加热时间 135 ~ 145(分)。出入钢节奏 90 ~ 100(秒)

[0049] 2). 水除鳞压力 ≥ 20MPa。

[0050] 3). 开轧温度 ≥ 1100-1130℃, 终轧温度 ≥ 950℃。

[0051] 4). 轧后轧材入坑缓冷, 缓冷坑必须干燥, 入坑温度 ≥ 500℃, 保温时间 ≥ 24 小时, 出坑温度 ≤ 200℃ ;

[0052] 实施例 :

[0053] 本发明实施例 1、参照例 220CrMnTi

[0054] 1) 化学成份如下表 1(wt%) :

[0055] 表 1

项目	C	Cr	Mn	Si	P	S	Al	B	Ni	Mo	Cu	N	Ti
实施例 1 20CrMnAlN	0.08	0.85	0.85	0.25	0.015	0.0025	0.0500	0.0018	0.01	0.005	0.01	0.0120	
参照例 2 20CrMnTi	0.08	1.05	0.95	0.24	0.012	0.0007	0.0350		0.01	0.005	0.01		0.056

[0056] 2) 力学性能比较如下表 2 :

[0057] 表 2

[0058]

牌号	Rp0.2, MPa	Rm, MPa	A <sub>g</sub> , %	Z <sub>g</sub> , %	Aku/J	热处理
20CrMnAlN	890	1160	14.0	56	75	淬火: 880 ± 20℃ 油冷; 回火: 200 ± 30℃
20CrMnTi	875	1140	14.0	55	72	淬火: 880 ± 20℃ 油冷; 回火: 200 ± 30℃

[0059] 4) 晶拉度 :20CrMnAlN 8 级, 20CrMnTi 7 级。

[0060] 5) 组织 :热轧态均为 F+P 组织。

[0061] 6) 低倍如下表 3 :

[0062] 表 3

[0063]

	锭型偏析	中心疏松	一般疏松	一般点状偏析	边缘点状偏析
20CrMnAlN	0.5	0.5	0.5	0	0
20CrMnTi	1.0	1.0	1.0	0	0

[0064] 7). 夹杂物如下表 4 :

[0065] 表 4

[0066]

	A 粗	A 细	B 粗	B 细	C 粗	C 细	D 粗	D 细
20CrMnBAIN	1.5	1.5	0.5	0	0	0	0	0
20CrMnTi	0	0.5	0.5	0.5	0	0	1	0

[0067] 8) 末端淬透性 (20CrMnAlS 与 20CrMnTi) 比较如下表 5 :

[0068] 表 5

[0069]

牌号	J1.5	J5	J9	J15	J25
20CrMnBAIN	44	44	41	36	25
20CrMnTi	44	36	23	19	15

[0070] 本发明通过晶粒细化、晶界强化改善晶界强度,非金属夹杂物少,冲击强度高,改善了疲劳特性。