



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102703817 B

(45) 授权公告日 2014. 04. 16

(21) 申请号 201210219884. 0

(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 刘宪民 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 38/18 (2006. 01)

C22C 38/20 (2006. 01)

C22C 38/22 (2006. 01)

C22C 38/40 (2006. 01)

C22C 38/42 (2006. 01)

C22C 38/44 (2006. 01)

C21C 7/10 (2006. 01)

(56) 对比文件

CN 102080188 A, 2011. 06. 01, 说明书第  
[0006]-[0007] 段.

CN 102517521 A, 2012. 06. 27, 权利要求 2.  
CN 101717893 A, 2010. 06. 02, 权利要求 3.  
CN 101717894 A, 2010. 06. 02, 权利要求 3.  
CN 102011062 A, 2011. 04. 13, 说明书全文.  
CN 102011057 A, 2011. 04. 13, 说明书全文.  
CN 102211160 A, 2011. 10. 12, 说明书全文.  
CN 102409268 A, 2012. 04. 11, 说明书全文.  
WO 2012046779 A1, 2012. 04. 12, 说明书全  
文.  
WO 2010116555 A1, 2010. 10. 14, 说明书全  
文.

审查员 刘春涛

权利要求书1页 说明书6页

(54) 发明名称

一种易切削齿轮钢及其生产工艺

(57) 摘要

本发明公开了一种易切削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 0.95 ~ 1.15%、Cr 0.95 ~ 1.15%、Al 0.020-0.060、P ≤ 0.035%、S 0.012-0.030%,余量是 Fe 和不可避免的杂质。该工艺包括冶炼、连铸和轧制工序。本发明采用 Cr-Mn-Al-S 系齿轮钢代替原来的 Cr-Mn-Ti 系齿轮钢,加入 Al、S、元素,充分运用晶内铁素体来细化晶粒。能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,提高齿轮加工时的易切削能力。本发明可代替 20CrMnTi 适用于齿轮钢中。

CN 102703817 B

1. 一种易切削齿轮钢的生产工艺,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:精炼过程中采用铝脱氧;按照设计成份调整钢的化学成份至目标值(%):

C 0.19、Si 0.20、Cr1.05、Mn 1.05、Al<sub>t</sub> 0.030-0.060 吹 Ar:压力为 0.25-0.50MPa,流量为 60-120L/Min,时间:≥ 40Min;

3)VD 炉真空:真空度 < 1.0 毫巴下保持,保持时间 10-15min,破真空即保持静搅状态;根据样结果按优化目标值进行微调,然后喂入 S 线, S 0.020;微调其它成份至优化值;搅拌完毕后,保持静搅 3min 以上喂入 Ca-Si 线,喂入量:1.5m/t 钢水,静搅 3min 以上取样分析,并继续保持静搅,继续微调成份至优化值,微调合格后,吊包上连铸;

4) 连铸:得到连铸坯;

5) 轧钢:予热段 ≤ 850℃、加热段 1200 — 1250℃、均热段 1200 — 1230℃,总加热时间 135 ~ 145 分钟;水除鳞压力 ≥ 20MPa;开轧温度 ≥ 1100-1130℃,终轧温度 ≥ 950℃;轧后轧材入干燥坑缓冷,入坑温度 ≥ 500℃,保温时间 ≥ 24 小时,出坑温度 ≤ 200℃;得到 20CrMnAlS 齿轮钢。

2. 根据权利要求 1 所述的易切削齿轮钢的生产工艺,其特征在于:步骤 3) 中,静搅过程中加入保温剂:0.8~1.2Kg/吨钢水。

3. 根据权利要求 1 所述的易切削齿轮钢的生产工艺,其特征在于:步骤 2) 中,采用精炼喂 Al 线方式,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。

## 一种易切削齿轮钢及其生产工艺

### 技术领域

[0001] 本发明属于冶金领域,涉及一种齿轮钢,具体地说是一种易切削齿轮钢及其生产工艺。

### 背景技术

[0002] 我国齿轮用钢,自二十世纪五十年代首批汽车生产,引用了前苏联 I' OCT 标准中的牌号和性能指标,用量最大的是 18CrMnTi 钢,二十世纪八十年代改为 20CrMnTi,该钢号一直沿用至今。是目前国内用于制造各种工程机械、汽车、农用车等传动齿轮、齿轮材料中使用量最大的一个齿轮钢种,这种材质由于符合我国的资源,具有成本低、工艺性能好、价格低的优点且可以满足国内大多数齿轮材质的要求。因此这种材质仍占据着中国汽车齿轮钢材制造用量的 50%左右,由于钛钢具有晶粒均匀细小,晶粒长大倾向小,热处理工艺成熟稳定、价格便宜等优点,而且我国钛资源丰富,所以在我国一直被广泛应用于汽车、农业机械等产品中。但随着我国五十年来经济的发展和各种车型的引进,国外 CrMo、CrNiMo 等钢同时被引进和试制。我国的齿轮钢由单一的 CrMnTi 钢发展到 CrMo、CrNiMo、MnCrB、CrNiMn 等多个品种的齿轮钢,逐渐弱化了 Cr—Mn—Ti 系齿轮钢的主导地位。在车辆齿轮中 20CrMnTi 齿轮钢所占比例已远远小于 34%。已形成了适用不同车型、不同部位的多个系列的齿轮钢。

[0003] 齿轮钢的总体发展方向为高性能、低成本、易加工、长寿命和多品种化。开发节省合金元素的钢种。如德国 ZF 公司的 ZF6 和 ZF7 是 Mn—Cr—B 系齿轮钢,它具有晶粒细小、淬透性带窄、渗碳稳定性好、热处理变形稳定等特点,渗碳处理后弯冲值高。由于制造齿轮时需要进行大量的切削加工,所以开发易切削齿轮钢是齿轮钢技术的另一个发展方向。

[0004] 当前我国汽车用齿轮年用钢 252 万 t,该钢种是特钢厂优特钢生产的主导品种。众所周知,齿轮在工作过程中要承受交变载荷、冲击载荷和磨损,对钢的性能要求高、质量要求严,因此,从钢种使用工艺性特点和可加工性要求两方面出发,不断提高 20CrMnTi 钢的质量控制能力,对提高特钢厂 20CrMnTi 钢质量水平、增加市场占有率,以及增强企业的核心竞争力,有着十分重要的意义。20CrMnTi 钢基体组织为铁素体+珠光体组织,但 20CrMnTi 钢在成分设计上加进了 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。对于 20CrMnTi 的发展前途,早在“六五”期间就已有议论,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。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。

[0005] 汽车工业近来面临的一个迫切问题是汽车轻量化,为此必须提高汽车齿轮钢的设计应力和各项综合能力。

## 发明内容

[0006] 针对现有技术中 20CrMnTi 存在的缺点,本发明的目的是提供一种易切削齿轮钢及其生产工艺。本发明采用 Cr-Mn-Al-S 系齿轮钢代替原来的 Cr-Mn-Ti 系齿轮钢,20CrMnAlS 齿轮钢与 20CrMnTi 齿轮钢相比有较近碳含量、铬含量、锰含量,加入 Al、S 元素,充分运用晶内铁素体来细化晶粒。

[0007] 本发明的目的是通过以下技术方案来实现的:

[0008] 一种易切削齿轮钢,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 0.95~1.15%、Cr 0.95~1.15%、Al 0.020-0.060、 $P \leq 0.035\%$ 、S 0.012-0.030%,余量是 Fe 和不可避免的杂质。

[0009] 优选的:该齿轮钢按重量百分比其成分为:C 0.16-0.22%、Si 0.23~0.33%、Mn 0.97~1.13%、Cr 0.97~1.13%、 $Ni \leq 0.30\%$ 、 $Mo \leq 0.30\%$ 、 $Cu \leq 0.020\%$ 、Al 0.020-0.060、 $P \leq 0.0030\%$ 、S 0.012-0.028%,余量是 Fe 和不可避免的杂质。

[0010] 各元素的作用:

[0011] 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效果大约为硅的 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。

[0012] 2)Mn:对钢起强化作用,提高钢的淬透性能。

[0013] 3)Cr:对钢起强化作用,提高钢的淬透性能。

[0014] 4)Al:晶粒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 对齿轧钢不利影响,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。

[0015] 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,

[0016] 一种易切削齿轮钢的生产工艺,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:精炼过程中采用铝脱氧;采用精炼喂 Al 线方式,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。按照设计成份调整钢的化学成份至目标值(%):

[0019] C 0.19、Si 0.20、Cr 1.05、Mn 1.05、Al<sub>t</sub> 0.030-0.060 吹 Ar:压力为 0.25-0.50MPa,流量为 60-120L/Min,时间: $\geq 40\text{Min}$ ;

[0020] (3)VD 炉真空:真空度 $< 1.0$ 毫巴下保持,保持时间 10-15min,破真空即保持静搅状态;根据样结果按优化目标值进行微调,然后喂入 S 线,S 0.020;微调其它成份至优化值;搅拌完毕后,保持静搅 3min 以上喂入 Ca-Si 线,喂入量:1.5m/t 钢,静搅 3min 以上取样分析,并继续保持静搅,继续微调成份至优化值,微调合格后,吊包上连铸;静搅过程中加入保温剂:0.8~1.2Kg/吨钢。

[0021] (4)连铸:得到连铸坯;

[0022] (5)轧钢:予热段 $\leq 850^\circ\text{C}$ 、加热段 1200—1250 $^\circ\text{C}$ 、均热段 1200—1230 $^\circ\text{C}$ ,

总加热时间 135 ~ 145 分钟 ; 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 20CrMnAlS 齿轮钢。

[0023] 一种易切削齿轮钢的生产工艺流程为 :

[0024] 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。

[0025] 本发明中, 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 ; 采用的防止措施有 : 晶粒细化、晶界强化等。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。

[0026] 本发明的优点是 :

[0027] 考虑到 Ti 对齿轮钢不利影响, 本发明通过 Al 的加入, 以 Al 元素来实现细晶控制, 得到晶粒细小均匀的奥氏体晶粒, 能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。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。同时加入 S, 可以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。本发明可代替 20CrMnTi 适用于齿轮钢中。

[0028] 具体实施方式 :

[0029] 实施例 1

[0030] 本发明中按 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高碳铬铁, 钢的强韧性, 强化晶界, 进而改善齿轮钢的综合力学性能。

[0031] 具体工艺如下 :

[0032] 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。

[0033] 在 100 吨电炉冶炼时, 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  $\geq 1630\text{ }^\circ\text{C}$  , 定氧 : [O]  $\leq 700\text{PPm}$ , 电炉出钢过程中钢包内每吨钢水渣料及合金加入量 : Mn-Fe 1.8Kg /t 钢水, 石灰 8Kg/t 钢水, 萤石 2Kg/t 钢水, LC-CrFe 1.7Kg/t 钢水等。

[0034] LF 精炼炉 :

[0035] 1) 精炼过程中采用铝脱氧。依据渣况使用 SiC、电石总量 0.4 -0.8Kg/t 钢水, 分 3-5 批次扩散脱氧, 确保白渣时间  $\geq 20$  分钟以上。。

[0036] 2) 按照设计成份调整钢的化学成份至目标值 (%) :

[0037] C 0.19 Si 0.20 Cr1.05 Mn 1.05 Al(0.030-0.060) 吹 Ar : 压力为

0. 25-0. 50MPa, 流量为 60-120L/Min, 时间 :  $\geq 40$ Min。

[0038] VD 炉真空 :

[0039] 1. 真空度  $< 1.0$  毫巴下保持, 保持时间 10-15min, 破真空即保持静搅状态 ;

[0040] 2. 破真空取棒棒糖样分析全成分。

[0041] 3. 根据样结果按优化目标值进行微调, 然后喂入 S 线 : S 收得率按 75% 按 0. 030% 计算喂入。

[0042] 也微调其它成份至优化值。搅拌 2min 完毕后, 保持静搅 3min 以上喂入 Ca-Si 线 ( 喂入量 : 1. 5m/t 钢水 ), 静搅 3min 以上取成品样后吊包上连铸。

[0043] 4). 静搅过程中根据温降加入保温剂 : 0. 8 ~ 1. 2Kg/ 吨钢水。

[0044] 5). 真空终点出站温度连铸第一炉 : 1575 ~ 1585 $^{\circ}$ C 连浇炉 : 1565 ~ 1575 $^{\circ}$ C 。

[0045] 连铸 :

[0046] 1). 液相线温度 : 1504 $^{\circ}$ C。

[0047] 2). 最佳过热度 : 20-30 $^{\circ}$ C。

[0048] 3). 结晶器保护渣 : 16Mn 钢专用渣。

[0049] 4). 覆盖剂 : 双层, 保护套管 : Al-C。

[0050] 5). 拉速 : 220mm $\times$ 260mm :  $\Delta T > 30^{\circ}$ C 最大拉速 0. 8-0. 9m/min

[0051]  $\Delta T = 20 \sim 35^{\circ}$ C 最大拉速 1. 0-1. 1m/min  $\Delta T < 20^{\circ}$ C 最大拉速 1. 1-1. 2m/min。

[0052] 6). 电磁搅拌 ( 电流 \* 频率 ) MEMS : M-EMS 220A\*3HZ F-EMS 50A\*6

[0053] 7). 振动参数 : 65+65V 。

[0054] 8). 连铸坯下连铸线后保持良好的避风堆冷。

[0055] 9). 无结晶器电磁搅拌或末端电磁搅拌流拉速相应降低 0. 1m/min。

[0056] 10). 水冷工艺按弱冷工艺执行, 冷水 : 二比水量 (1/kg) 0. 35 见表 1:

[0057] 表 1

[0058]

水冷参数 (%)			
1 段	2 段	3 段	4 段
33	25	22	20

[0059] 配水制度根据具体情况适当调整。保证铸坯不能产生脱方、缩孔和鼓肚。

[0060] 11). 严禁水口插入深度  $< 50$ mm, 中包挡墙孔露出及挡墙倒必须换组。

[0061] 轧钢 :

[0062] 1). 予热段  $\leq 850^{\circ}$ C 加热段 1200 - 1250 $^{\circ}$ C 均热段 1200 - 1230 $^{\circ}$ C, 总加热时间 135 ~ 145 (分)。出入钢节奏 90 ~ 100 (秒)

[0063] 2). 水除鳞压力  $\geq 20$ MPa。

[0064] 3). 开轧温度  $\geq 1100-1130^{\circ}$ C, 终轧温度  $\geq 950^{\circ}$ C。

[0065] 4). 轧后轧材入坑缓冷, 缓冷坑必须干燥, 入坑温度  $\geq 500^{\circ}$ C, 保温时间  $\geq 24$  小时, 出坑温度  $\leq 200^{\circ}$ C ; 得到易切削 20CrMnAlS 齿轮钢。

[0066] 易切削 20CrMnAlS 齿轮钢的成分重量百分比见表 2 ; 表 2 中参照例 2 为 20CrMnTi 的成分重量百分比。

[0067] 1) 化学成份如下表 2 (wt%):

[0068] 表 2

[0069]

项目	C	Cr	Mn	Si	P	S	Al	Ti	Ni	Mo	Cu
实施例1 20CrMnAlS	0.20	1.05	1.05	0.25	0.015	0.002	0.005		0.02	0.005	0.03
参照例2 20CrMnTi	0.20	1.07	0.95	0.23	0.012	0.008	0.003	0.058	0.02	0.005	0.03

[0070] 2) 力学性能比较,见表 3:

[0071] 表 3

[0072]

牌号	Rp0.2, MPa	Rm, MPa	A <sub>5</sub> , %	Z <sub>5</sub> , %	Aku/J	热处理
20CrMnAlS	880	1160	14.5	54	72	淬火: 880 ± 20℃ 油冷; 回火: 200 ± 30℃
20CrMnTi	870	1150	14	50	70	淬火: 880 ± 20℃ 油冷; 回火: 200 ± 30℃

[0073] 4) 晶拉度:20CrMnAlS 8 级, 20CrMnTi 7 级。

[0074] 5) 组织:热轧态均为 F + P 组织。

[0075] 6) 低倍见表 4:

[0076] 表 4

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

[0077] 7). 夹杂物见表 5:

[0078] 表 5:

	A粗	A细	B粗	B细	C粗	C细	D粗	D细
20CrMnAlS	1	1.0	0.5	0	0	0	0	0
20CrMnTi	0	0.5	0.5	0.5	0	0	1	0

[0079] 8) 末端淬透性 (20CrMnAlS 与 20CrMnTi) 比较见表 6 :

[0080] 表 6 :

[0081]

牌号	J1.5	J5	J9	J15	J25
20CrMnAlS	44	39	26	21	18
20CrMnTi	44	37	24	20	17

[0082] 由表可以得到 :通过 Al 的加入,以 Al 元素来实现细晶控制,得到晶粒细小均匀的奥氏体晶粒,能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。同时加入 S,可以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。本发明可代替 20CrMnTi 适用于齿轮钢中。