



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102080188 A

(43) 申请公布日 2011.06.01

(21) 申请号 201010603965.1

(22) 申请日 2010.12.24

(71) 申请人 莱芜钢铁股份有限公司

地址 271104 山东省莱芜市钢城区新兴路  
21 号

(72) 发明人 张伟 王广连 申景霞 翟正龙  
鞠艳美 李猛 李广艳 窦圣朋  
李法兴

(74) 专利代理机构 济南金迪知识产权代理有限  
公司 37219

代理人 李宝成

(51) Int. Cl.

*C22C 38/44* (2006.01)

*C21C 7/10* (2006.01)

*C21C 7/06* (2006.01)

权利要求书 2 页 说明书 5 页 附图 1 页

(54) 发明名称

一种 CrNiMo 系易切削齿轮钢及其制造方法

(57) 摘要

本发明涉及一种 CrNiMo 系易切削齿轮钢及其制备方法, 钢的化学成分重量百分比 % 为 :  
C0.17 ~ 0.23 Si0.15 ~ 0.37 Mn0.60 ~ 0.95  
Cr0.35 ~ 0.65 Ni0.35 ~ 0.75 Mo0.15 ~ 0.25  
P ≤ 0.030 S0.010 ~ 0.040 Al0.005 ~ 0.050 Ca/  
S0.3 ~ 0.6 ; 余为 Fe 和微量杂质。制备方法, 包  
括初炼炉 ( 电炉或转炉 ) 冶炼、LF+VD ( 或 RH ) 炉  
外精炼、连铸、轧制, 其特征在于, 采用炉外精炼及  
真空脱气处理使钢中氧含量不大于  $15 \times 10^{-6}$ ; 控  
制微量元素 S 的含量, 改善 CrNiMo 系齿轮钢的切  
削性能, 使得该钢适于高速切削加工、重要精密零  
件。

1. 一种 CrNiMo 系易切削齿轮钢,其钢的化学成分质量百分比为:

C 0.17 ~ 0.23、Si 0.15 ~ 0.37、Mn 0.60 ~ 0.95、Cr 0.35 ~ 0.65、Ni 0.35 ~ 0.75、Mo 0.15 ~ 0.25、 $P \leq 0.030$ 、S 0.010 ~ 0.040、Al 0.005 ~ 0.050、Ca/S = 0.3 ~ 0.6;余为 Fe 和微量杂质。

2. 如权利要求 1 所述的 CrNiMo 系易切削齿轮钢,其特征在于,钢的化学成分重量百分比为:

C 0.18 ~ 0.23、Si 0.17 ~ 0.25、Mn 0.70 ~ 0.80、Cr 0.40 ~ 0.50、Ni 0.40 ~ 0.50、Mo 0.18 ~ 0.22、 $P \leq 0.020$ 、S 0.020 ~ 0.040、Al 0.010 ~ 0.040、Ca/S = 0.3 ~ 0.6;余为 Fe 和微量杂质。

3. 一种 CrNiMo 系易切削齿轮钢的制备方法,包括初炼炉冶炼、炉外精炼、钢坯连铸、轧制,其特征在于,所述 CrNiMo 系易切削齿轮钢,其化学成分按质量百分比为:C 0.17 ~ 0.23, Si 0.15 ~ 0.37, Mn 0.60 ~ 0.95, Cr 0.35 ~ 0.65, Ni 0.35 ~ 0.75, Mo 0.15 ~ 0.25,  $P \leq 0.030$ , S 0.010 ~ 0.040, Al 0.005 ~ 0.050, Ca/S = 0.3 ~ 0.6;余为 Fe 和微量杂质。或钢的化学成分按质量百分比为:

C 0.18 ~ 0.23, Si 0.17 ~ 0.25, Mn 0.70 ~ 0.80, Cr 0.40 ~ 0.50, Ni 0.40 ~ 0.50, Mo 0.18 ~ 0.22,  $P \leq 0.030$ , S 0.020 ~ 0.030, Al 0.010 ~ 0.040, Ca/S = 0.3 ~ 0.6;余为 Fe 和微量杂质。

在炉外精炼后真空脱气处理使钢中氧含量不大于  $15 \times 10^{-6}$ ;铸坯在加热炉的加热温度为 1180 ~ 1260°C,加热时间为 1.5 ~ 4h,开轧温度 1050 ~ 1180°C,终轧温度 850 ~ 1020°C,轧后缓冷;轧制规格  $\Phi 30 \sim 160$ mm 的圆钢。

4. 如权利要求 3 所述的 CrNiMo 系易切削齿轮钢的制备方法,其特征在于冶炼前入炉原料中铁水重量占原料 30 ~ 80%。

5. 如权利要求 3 所述的 CrNiMo 系易切削齿轮钢的制备方法,其特征在于,初炼炉出钢时,采用包内合金化及预脱氧;钢包内预脱氧加铝块 1.5 ~ 2.5kg/t 钢;出钢过程及出钢后保持钢包连续吹 Ar。

6. 如权利要求 3 所述的 CrNiMo 系易切削齿轮钢的制备方法,其特征在于,在 LF 钢包精炼炉进行精炼,精炼过程中,喂入铝线 1.5 ~ 2.5m/吨钢,精炼过程保持白渣。取一次样全分析,根据一次样分析结果,按内控要求调整 C、Si、Mn、Cr、Ni、Mo 化学成分。出钢前按 2.0 ~ 6m/t 钢,喂入硅钙线  $\phi 13$ mm,控制 Ca/S = 0.3 ~ 0.6;控制钢中酸溶铝含量在 0.010 ~ 0.050%。出钢前控制钢中酸溶铝含量在 0.010 ~ 0.040%。吨钢喂硅钙线 4 ~ 6m。扒除部分还原渣,适度降低炉渣碱度 R,控制在 1.0 ~ 2.5,再喂硫线,控制 S 0.02 ~ 0.04%。

7. 如权利要求 3 所述的 CrNiMo 系易切削齿轮钢的制备方法,其特征在于钢水入真空脱气精炼炉前扒渣,钢水入真空脱气精炼炉后,真空度小于 67Pa 保持时间 15 ~ 30 分钟。软吹 Ar 时间 15 ~ 40 分钟。

8. 如权利要求 3 所述的 CrNiMo 系易切削齿轮钢的制备方法,其特征在于,钢坯连铸采用全保护浇注,中间包液面  $700 \pm 50$ mm,结晶器液面波动  $\leq \pm 2$ mm。中包过热度按 15 ~ 25°C 控制,拉速控制 0.6-1.2m/min。

9. 如权利要求 3 所述的 CrNiMo 系易切削齿轮钢的制备方法,其特征在于,轧制时加热温度:1180 ~ 1260°C,允许温差  $\leq 30$ °C,加热时间 1.5 ~ 4 小时,开轧温度 1050°C -1180°C,

---

终轧温度 850℃ -1020℃, 轧后及时收集成品并缓冷。

## 一种 CrNiMo 系易切削齿轮钢及其制造方法

### 技术领域

[0001] 本发明属于冶金技术领域,属于合金钢类。涉及一种 CrNiMo 系易切削齿轮钢及其制造方法。

### 背景技术

[0002] 20CrNiMoH 是常见的 CrNiMo 系齿轮钢,各国均有类似牌号,例如:SAE(SAE8620H)、JIS(SNCM220H)、DIN(2NiCrMo2)、BS(805M20)、NF(20NCD2)等。其 CrNiMo 合金含量低,强韧性配合好,具有良好的淬透性,能很好地承受冲击、弯曲疲劳应力,使用用途较为广泛,除用于汽车变速箱齿轮、后桥主动锥齿轮外,还广泛应用于工程机械、精密机械的传动齿轮与齿轮轴。

[0003] 随着齿轮加工工艺的进步,国内许多先进的齿轮生产企业已装备了高速数控机床,进行高速切削加工齿形。对齿轮材料的易切削加工性能提出了更高的要求。在保证锻造加工塑性变形性能良好的同时,还要兼顾切削加工性能。

[0004] 与用国内用量最大的 20CrMnTiH 低合金齿轮钢品种相比,CrNiMo 系齿轮钢具有较高的抗弯强度、疲劳强度、承载能力,但齿形加工过程中,切削性能明显下降,增加了齿轮刀具磨损。目前,国内尚未对 CrNiMo 系齿轮钢切削性能进行相关试验研究。

### 发明内容

[0005] 本发明主要针对 CrNiMo 系齿轮钢切削性能差的问题,提供了一种 CrNiMo 系易切削齿轮钢及其制造方法。本发明的 CrNiMo 系齿轮钢具有良好淬透性、强韧性的同时,明显改善切削性能,属于合金结构钢。

[0006] 本发明提供一种 CrNiMo 系易切削齿轮钢,其化学成分按质量百分比为:

[0007] C 0.17 ~ 0.23, Si 0.15 ~ 0.37, Mn 0.60 ~ 0.95, Cr 0.35 ~ 0.65, Ni 0.35 ~ 0.75, Mo 0.15 ~ 0.25, P ≤ 0.030, S 0.010 ~ 0.040, Al 0.005 ~ 0.050, Ca/S = 0.3 ~ 0.6; 余为 Fe 和微量杂质。

[0008] 进一步优选的,本发明钢的化学成分(质量百分比)为:

[0009] C 0.18 ~ 0.23, Si 0.17 ~ 0.25, Mn 0.70 ~ 0.80, Cr 0.40 ~ 0.50, Ni 0.40 ~ 0.50, Mo 0.18 ~ 0.22, P ≤ 0.030, S 0.020 ~ 0.040, Al 0.010 ~ 0.040, Ca/S = 0.3 ~ 0.6; 余为 Fe 和微量杂质。

[0010] 本发明还提供一种 CrNiMo 系易切削齿轮钢的制备方法,包括初炼炉冶炼、炉外精炼、钢坯连铸、轧制,其特征在于,

[0011] 所述 CrNiMo 系易切削齿轮钢,其化学成分按质量百分比为:C 0.17 ~ 0.23, Si 0.15 ~ 0.37, Mn 0.60 ~ 0.95, Cr 0.35 ~ 0.65, Ni 0.35 ~ 0.75, Mo 0.15 ~ 0.25, P ≤ 0.030, S 0.010 ~ 0.040, Al 0.005 ~ 0.050, Ca/S = 0.3 ~ 0.6; 余为 Fe 和微量杂质。或钢的化学成分按质量百分比为:

[0012] C 0.18 ~ 0.23, Si 0.17 ~ 0.25, Mn 0.70 ~ 0.80, Cr 0.40 ~ 0.50, Ni 0.40 ~

0.50, Mo 0.18 ~ 0.22,  $P \leq 0.030$ , S 0.020 ~ 0.030, Al 0.010 ~ 0.040, Ca/S = 0.3 ~ 0.6; 余为 Fe 和微量杂质。

[0013] 在炉外精炼后真空脱气处理使钢中氧含量不大于  $15 \times 10^{-6}$ ; 铸坯在加热炉的加热温度为 1180 ~ 1260°C, 加热时间为 1.5 ~ 4h, 开轧温度 1050 ~ 1180°C, 终轧温度 850 ~ 1120°C, 轧后缓冷; 轧制规格  $\Phi 30 \sim 160\text{mm}$  的圆钢。

[0014] 所述初炼炉为电炉或转炉。

[0015] 上述的 CrNiMo 系易切削齿轮钢的制备方法, 优选的工艺条件如下:

[0016] 1) 入炉原料中铁水的重量占原料总重量的 30 ~ 80%, 其余为废钢;

[0017] 2) 初炼炉冶炼: 初炼炉熔清成分目标: 熔清碳 0.50 ~ 1.1%, 熔清磷  $\leq 0.020\%$ , 残余元素含量符合标准要求; 全熔分析温度  $\geq 1540^\circ\text{C}$ 。

[0018] 3) 初炼炉冶炼终点控制:  $[C] = 0.10 \sim 0.15\%$ 、 $P \leq 0.012\%$ , 残余元素含量符合标准要求。

[0019] 4) 初炼炉出钢时, 采用包内合金化及预脱氧; 钢包内预脱氧加铝块量 1.5 ~ 2.5Kg/t 钢。出钢过程及出钢后保持钢包连续吹 Ar。

[0020] 5) 在 LF 钢包精炼炉进行精炼, 精炼过程中, 喂入铝线 1.5 ~ 2.5m/吨钢, 精炼过程保持白渣。取一次样全分析, 根据一次样分析结果, 按内控要求调整 C、Si、Mn、Cr、Ni、Mo 化学成分。出钢前按 2.0 ~ 6m/t 钢, 喂入硅钙线  $\phi 13\text{mm}$ 。控制 Ca/S = 0.3 ~ 0.6; 控制钢中酸溶铝含量在 0.010 ~ 0.050%。出钢前控制钢中酸溶铝含量在 0.010 ~ 0.040%。吨钢喂硅钙线 4 ~ 6m。扒除部分还原渣, 适度降低炉渣碱度 R, 控制在 1.0 ~ 2.5, 再喂硫线, 控制 S 0.02 ~ 0.04%。

[0021] 6) 钢水入真空脱气精炼炉前扒渣, 钢水入真空脱气精炼炉后, 真空度 67Pa 以下保持时间 15 ~ 30 分钟。软吹 Ar 时间 15 ~ 40 分钟。

[0022] 7) 连铸全保护浇注, 中间包液面  $700 \pm 50\text{mm}$ , 结晶器液面波动  $\leq \pm 2\text{mm}$ 。中包过热度按 15 ~ 25°C 控制, 拉速控制 0.6-1.2m/min。

[0023] 8) 轧制:

[0024] 加热温度: 1180 ~ 1260°C, 允许温差  $\leq 30^\circ\text{C}$ , 加热时间 1.5 ~ 4 小时, 既要保证钢坯加热均匀, 又要防止脱碳和粘炉; 开轧温度 1050°C ~ 1180°C; 终轧温度 850°C ~ 1020°C; 轧后及时收集成品并缓冷。

[0025] 步骤 1) 中所述的废钢是指钢铁厂生产过程中不成为产品的钢铁废料 (如切边、切头等) 以及使用后报废的设备、构件中的钢铁材料, 一般可用作炼钢原料, 或用于铸造、炼铁和再生钢材。一般要求其含碳量一般小于 2.0%, 硫磷含量均不大于 0.05%。

[0026] 优选的, 步骤 1) 中, 配料时不允许加渣钢、罐帮铁等高磷、硫废钢。

[0027] 所述初炼炉为电炉或转炉。本发明未详述的步骤均可采用现有技术。

[0028] 同目前 CrNiMo 齿轮钢生产比较, 本发明技术方案的优点在于:

[0029] (1) 硫、钙是最廉价的改善切削性能的元素。本发明钢通过合理控制微量元素 S、Ca 的含量, 大大改善了钢的切削性能。是一种低成本、高效 CrNiMo 系齿轮钢。

[0030] (2) 为了改善含齿轮钢的切削性能, 用 Ca 处理控制钢中 S 化物的尺寸及形态 (图 1), 即以在钢液中固溶的 Ca 固定溶解的 S, 使之生成近球形的 CaS 或 (Ca, Mn)S 复合硫化物 (图 2), 消除了 MnS 条带状分布对钢横向性能的不利影响。

[0031] 齿轮钢的切削性能对比试验（图 4～图 6）表明：添加 0.02% S 的 SNCM220H 齿轮钢的切削性能明显好于常规 20CrMnTiH 齿轮钢（通常为低硫 S = 0.05%、且硬度较低）。同样切削条件下（切削速度、进给量、背吃刀量相同），SNCM220H 易切削齿轮钢的刀具磨损寿命较 20CrMnTiH 齿轮钢的刀具磨损寿命提高 30% 以上；SNCM220H 易切削齿轮钢的加工表面粗糙度优于 20CrMnTiH 齿轮钢；SNCM220H 易切削齿轮钢的断屑性能好于 20CrMnTiH 齿轮钢。

[0032] 本发明的 CrNiMo 系易切削齿轮钢，广泛用于汽车及机械行业。

#### 附图说明

[0033] 图 1 为齿轮钢中球状硫化物 (CaS) 的电镜照片，(标尺为 100 μm)

[0034] 图 2 为齿轮钢中复合夹杂物 (MnS 粘附、包裹着 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) 的电镜照片，(标尺为 100 μm)

[0035] 图 3 为齿轮钢中金相组织 (100×) 的电镜照片，(标尺为 100 μm)

[0036] 图 4 为 20CrMnTiH 齿轮钢和 SNCM220H 易切削齿轮钢的断屑情况。

#### 具体实施方式：

[0037] 实施例 1：CrNiMo 系易切削齿轮钢的生产；

[0038] 首先在初炼炉进行初炼钢液的熔化，在 1600℃～1650℃ 范围内出钢并添加合成渣、预脱氧剂；其次在钢包精炼炉进行钢液的精炼，降低钢液中 [O] 及夹杂物含量，控制温度在 1550℃～1650℃、冶炼时间在 60min 以内出钢；然后在真空炉上对精炼钢液进行真空处理，真空度小于 76Pa，真空保持时间为 15～35min，钢包底部吹入氩气；最后在全保护状态下进行连续浇铸，经 1.5～4 小时加热，1180～1260℃ 铸坯热轧成 Φ30～160mm 圆钢。

[0039] 具体参数见表 1～表 5。编号 1-3 对应实施例 1-3 的钢种，

[0040] 表 1 齿轮钢实施例化学成分（质量，%）

[0041]

编号	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Mo	Al
1	0.21	0.20	0.77	0.013	0.022	0.47	0.52	0.18	0.038
2	0.21	0.21	0.76	0.013	0.024	0.48	0.54	0.18	0.034
3	0.20	0.20	0.77	0.018	0.027	0.48	0.53	0.20	0.040
SNCM220H	17-23	15-37	60-95	≤0.03	0.02-0.04	35-65	35-75	15-25	≤0.05

[0042] 表 2CrNiMo 系易切削齿轮钢的生产工艺参数

[0043]

试样编号	铁水比，%	熔清 C， ×10 <sup>-2</sup>	熔清 P， ×10 <sup>-2</sup>	全熔分析温度， ℃	终点 C， ×10 <sup>-2</sup>	终点 P， ×10 <sup>-2</sup>	预脱氧加铝量， kg/t 钢
1	46	0.84	0.015	1610	0.12	0.010	2.4
2	53	1.05	0.018	1590	0.13	0.011	2.2
3	58	0.73	0.017	1580	0.011	0.010	1.8

[0044] 表 3CrNiMo 系易切削齿轮钢的生产工艺参数

[0045]

试样编号	精炼温度, °C	精炼喂铝线量,	精炼时间, min	喂硅钙线, m/t 钢	Ca / S	Als × 10 <sup>-2</sup>	精炼渣碱度	喂硫线, m/t 钢
1	1560	2.4	48	4	0.5	0.035	2.8	1.5
2	1558	2.1	46	5	0.48	0.038	2.3	1.3
3	1555	1.9	42	4	0.42	0.034	2.6	1.3

[0046] 表 4CrNiMo 系易切削齿轮钢的生产工艺参数

[0047]

试样编号	真空度, Pa	真空时间, min	中间包液面, mm	结晶器液面波动? mm	中包过热度, °C	拉速, m/min
1	50	22	730	1.6	23	0.58
2	35	22	720	1.5	18	0.62
3	30	22	720	1.4	16	0.63

[0048] 表 5CrNiMo 系易切削齿轮钢的生产工艺参数

[0049]

试样编号	加热时间, h	加热温度, °C	开轧温度, °C	终轧温度, °C
1	3	1240	1140	910
2	3	1230	1130	930
3	3	1230	1135	925

[0050] 实施例 2: 钢的物理特性

[0051] 根据 GB/T 225 方法测定齿轮钢的淬透性, 根据 GB/T 13299 方法进行齿轮钢的高倍检验; 根据 GB/T 228 测定齿轮钢的强度; 测定结果见表 3。

[0052] 表 6 钢的物理特性

[0053]

试样编号	淬透性 J12.7 (HRC)	晶粒度 (级)	机械性能		
			Re (MPa) ≥	Rm (MPa) ≥	冲击功 (J), ≥
1	23.3	8	970	1110	110   123
2	23.6	8	975	1090	115   107
3	23.5	8	1060	1190	106   102
SNM220H	21~28	≥5	785	980	≥50

[0054] 表 7 粗加工刀具寿命试验数据表

[0055]	切削速度 V (m/min)		200	230
	YC30S 刀具寿命 T (min)	20CrMnTiH	2.59	1.35
		SNCM220H	6.55	2.11

[0056] 表 8 精加工刀具寿命试验数据表

[0057]	进给量 f (mm/r)		0.20
	YBC251 刀具寿命 T(min)	20CrMnTiH	22.17
		SNCM220H	42.65
	TP1500 刀具寿命 T (min)	20CrMnTiH	27.98
		SNCM220H	43.64

[0058] 从表 6 ~ 表 8 可以看出,本发明的齿轮钢淬透性控制稳定,强韧性良好,与现有产品及技术相当,其主要优越之处在于保持较高的淬透性、良好的强韧性的基础上,其切削加工性能较现有产品明显改善。



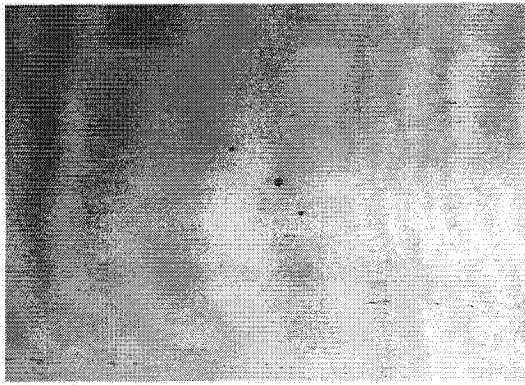


图 1

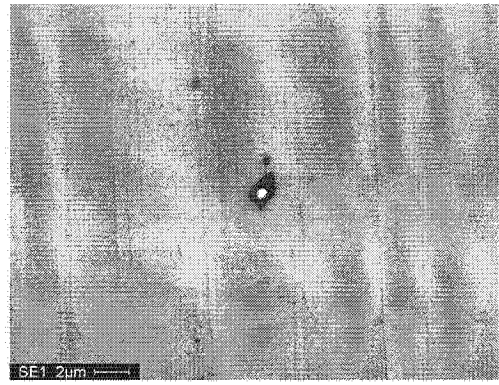


图 2

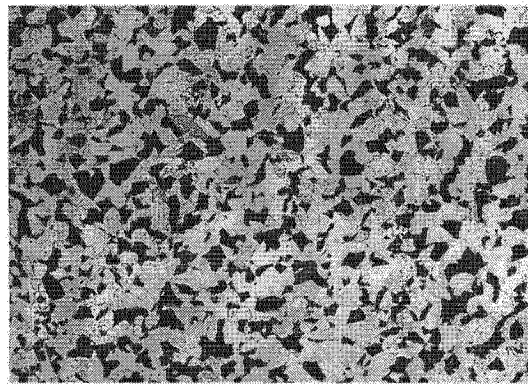
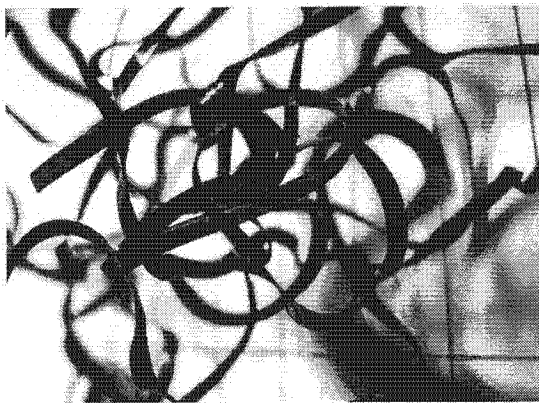


图 3



(a) 20CrMnTiH



(b) SNCM220H

图 4