

文章编号:1673-9981(2010)03-0188-04

18CrMnNiMoA 重负齿轮钢的研制

邵淑艳, 廖书全, 孟羽

(江阴兴澄特种钢铁有限公司, 江苏 江阴 214429)

摘要:介绍了重负齿轮钢 18CrMnNiMoA 的冶炼及压力加工等生产工艺的要点,分析了钢的生产研制质量结果,并从元素成分机理及冶炼加工工艺措施上论述了影响钢材性能的原因,并从冶炼及控制轧制上提出了细化钢的晶粒的措施。

关键词:18CrMnNiMoA 钢; 力学性能; 细化晶粒; 控制轧制; 机理

中图分类号: TG142

文献标识码: A

18CrMnNiMoA 钢与 20Cr2Ni4A 和 18Cr2Ni4WA 钢相比具有热处理变形小,工艺性能优良,且使用寿命高一倍以上的优点。它的共渗层碳氮层中的化合物细小、弥散、黑色网状物很少。另外,18CrMnNiMoA 钢的合金元素含量比 20Cr2Ni4A 和 18Cr2Ni4WA 钢的少三分之一以上,因此,它的制造成本低、使用性能高。凡可用 20Cr2Ni4A 和 18Cr2Ni4WA 等钢种制造的各类重负齿轮均可用本钢种制造。这类重负齿轮钢对力学性能、宏观组织、退火硬度及非金属夹杂物等冶金质量的要求十分严格,某特殊钢冶金厂与国内某厂合作采用真空精炼及电渣重熔工艺冶炼,再经锻造及轧制加工,成功研制出 18CrMnNiMoA 钢。

1 工艺路线及技术指标

1.1 工艺路线

18CrMnNiMoA 钢的生产工艺如图 1 所示。

1.2 技术指标

1.2.1 化学成分

18CrMnNiMoA 重负钢的化学成分应与表 1 相符。

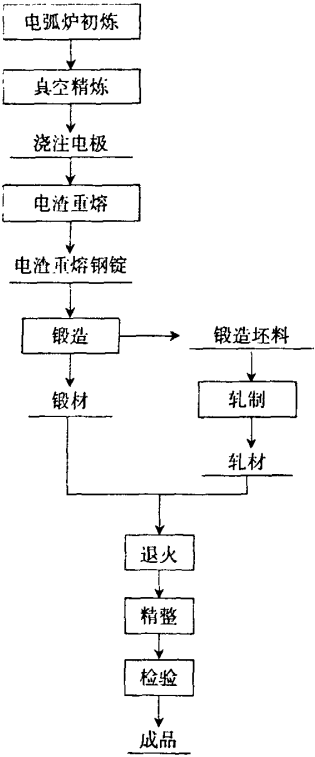


图 1 工艺流程

Fig.1 Technical process

收稿日期:2010-05-06

作者简介:邵淑艳(1968-),女,辽宁抚顺人,高级工程师,硕士。

表 1 钢材的化学成分
Table 1 Chemical composition

元素	C	Mn	Si	P	S	Cr	Mo	Ni	Cu
含量 w/%	0.15~0.24	1.00~1.50	0.20~0.40	≤0.020	≤0.010	0.95~1.40	0.15~0.30	1.00~1.50	≤0.25

1.2.2 宏观组织

在重负钢的酸洗试片上,不得有肉眼可见白点、残余缩孔、分层、裂纹、气泡、夹杂、翻皮和皮下气泡。宏观组织检验方法按 GB/T 226-1991 标准执行,评级图谱按 GB/T 1979 标准执行。钢的宏观组织的合格级别应满足表 2 的规定。

表 2 宏观组织指标
Table 2 Index of macrostructure

试样宏观状况	中心疏松	一般疏松	偏析
合格级别	≤2.5	≤2.5	≤2.5

1.2.3 非金属夹杂物

钢材的非金属夹杂物应按 GB/T 10561-2005 标准进行检验,合格级别应满足表 3 的规定。

表 3 非金属夹杂物指标

Table 3 Index of non-metallic inclusion

非金属夹杂物	A 类	B 类	C 类	D 类	总和
粗系指标级别	≤1.5	≤1.5	≤1.5	≤1.5	≤16
细系指标级别	≤2.0	≤2.0	≤2.0	≤2.0	

1.2.4 晶粒度

按 ASTM E112 标准对钢材的晶粒度进行检验,其合格级别应≥6 级。

1.2.5 力学性能

按照 GB/T229-2007, GB/T228-2002 及 GB/T2975-1998 标准检验钢材的力学性能,其力学性能指标应符合表 4 的规定。

表 4 力学性能指标

Table 4 Index of mechanical property

屈服强度/MPa	抗拉强度/MPa	延伸率/%	断面收缩率/%	冲击功/J	退火硬度(HBW)
≥810	≥1150	≥10	≥45	≥75	≤280

2 生产工艺及产品的技术指标

2.1 冶炼

在电弧炉中采用氧化法初炼,炉料为优选废钢和生铁,强化脱磷并严格控制出钢温度。电弧炉初炼后,钢水在真空精炼炉中采用喂铝强制沉淀脱氧及炉渣扩散脱氧相结合的工艺,进行强化脱氧和脱硫。采用吹氩搅拌钢水,应严格控制高真空度及高真空保持时间。精炼时应应对钢的合金元素成分精确控制,为细化钢的晶粒组织,还要对钢进行微合金化处理。精炼后,浇铸的电极经电渣重熔处理,要严格控制电渣重熔冶炼时的电压、电流及渣系配比和重熔渣使用量,在电渣重熔时进一步脱硫、去气体及去非金属夹杂物,提高钢的强韧性。

由于 18CrMnNiMoA 是 Cr, Mn, Ni, Mo 系列合金结构钢,其化学成分中含有高熔点的 Mo 及易氧化的 Si, Mn 等元素,此外,还加入了细化晶粒的元素,使精控成分及保证成分的均匀性难度较大。采用真空精炼和电渣重熔双联冶炼工艺可解决这些问题。

在真空下冶炼,可使钢中的气体及夹杂少,提高合金的性能;在氩气的搅拌下,钢液的化学成分和温度均匀一致,可准确地调整和控制冶炼温度,促进夹杂物上浮并被炉渣吸收。在真空下精炼,还可提高各合金元素的收得率和稳定性,为将合金成分控制在最佳区间创造了良好的条件。将真空冶炼后浇铸的电极进行电渣重熔冶炼时,由于钢液始终有渣液保护,金属不与空气直接接触,合金元素的烧损较低,成分容易控制,可避免在冶炼及浇铸过程中耐火材

料对钢液的污染,熔化金属的快速轴向结晶,使钢锭组织致密,缩孔较小,没有疏松及皮下气泡等缺陷,提高了热加工塑性^[2]。另外,电渣重熔冶炼时,钢液可被熔渣有效地精炼,其中所含的气体、杂质、非金属夹杂物等可被大量去除,得到纯度高、组织致密均匀、表面质量良好的钢锭。

2.2 钢锭冷却

为防止钢锭冷却过程中产生应力开裂,对电渣重熔钢锭进行去应力退火处理。

2.3 压力加工

为保证钢材内部组织的致密性,应严格控制加工比。钢锭锻造及轧制时严格控制加热温度及加热时间,并进行控制轧制及锻造加工,以保证钢的晶粒细化要求。轧制及锻造后钢材采用去应力退火处理,防止出现白点等缺陷。

在锻造及轧制加工时,为充分发挥各合金元素的有利作用,保证细的晶粒及组织均匀性,采用锻造开坯来保证变形的均匀性,对锻造钢坯采用锻造和轧制二次成材的加工工艺路线。控制锻造及轧制时的温度使钢材在塑性良好的奥氏体区变形。对钢材进行退火,消除内应力和组织应力,改善钢的组织,使钢既具有高的强度又具有高的韧性,且钢材的表面质量较好。

2.4 产品的技术指标

采用本工艺生产的 18CrMnNiMoA 钢,具有钢质纯净、组织均匀、机械性能优异、表面无缺陷等特点。钢材的化学成分全部达到表 1 所列的要求,其中有害元素 S 的含量在 0.003% 以下, P 的含量在 0.010% 以下。B 类非金属夹杂物的细系及粗系均不大于 1.0 级, A, C, D 类非金属夹杂物均不大于 0.5 级;宏观组织的一般疏松、中心疏松和偏析均不大于 1.0 级;钢材的退火硬度均在 250HBW 以下;晶粒度全部 7 级以上;拉伸及冲击性能也远远高于国家标准的要求。对齿轮钢用户的使用情况的跟踪结果表明,采用该钢材所制造的各类重负齿轮零件完全满足产品的使用要求。

3 工艺质量分析

3.1 元素成分对钢材性能的影响

为适应重负齿轮恶劣的工况,该齿轮钢的化学

成分一般设计为: 0.18C-0.30Si-1.25Mn-1.15Cr-1.15Ni-0.25Mo。为防止晶粒长大,冶炼时还需添加微量元素 Al 等。Mn 含量稍高,一方面可满足齿轮较大截面心部淬透性的要求,另一方面可减轻渗碳层中碳化物聚集成块^[1]; Ni 元素可使渗碳钢获得碳梯度小且有一定韧性的表层; Mo 元素可提高表层硬度并增大有效硬化层深度; Cr 元素一方面显著提高淬透性,另一方面还可形成微细的硬化质点而增加耐磨性。Cr-Mo 共用可提高渗层的抗氧化性并防止渗层中出现贝氏体, Cr-Mo-Ni 共用可得到很高的冲击断裂强度,从而使齿轮既具有高的疲劳强度又具有高的过载抗力。通过 Cr, Mn, Ni 和 Mo 的合理组合,使 18CrMnNiMoA 钢的心部强韧性良好,渗层显微组织优异,所以它比 20Cr2Ni4, 18Cr2Ni4W 钢制的同类零件的使用寿命长很多。

3.2 细化钢的晶粒

在冶炼和锻造、轧制过程中采取有效的措施可细化钢的晶粒。

在冶炼过程中,可添加微量铝来抑制再结晶,使钢在奥氏体区加工时,钢中析出铝的氧化物、氮化物、碳化物等第二相质点在 γ 晶界和亚晶界进行,使晶粒粗化温度提高,阻碍再结晶,从而进一步细化晶粒。

在锻造、轧制过程中,首先,控制钢锭坯锻轧加热的温度,以使原始奥氏体晶粒细小,其次,控制钢材终锻轧温度,防止因终锻轧温度的过高或过低,出现粗晶混晶缺陷;最后采取合理的退火工艺,保证晶粒的细小及组织的均匀。

热加工工艺参数对动态再结晶的影响,取决于应变速率和变形程度。在应变速率和变形程度一定的条件下,变形温度越高,发生临界动态再结晶的临界变形程度就越小。这是由于随变形温度的升高,金属原子的热振动振幅增大,较多滑移系得以启动,从而使合金吸收较多变形能,使动态再结晶的驱动力增大;变形温度过低,则变形抗力增大,发生动态再结晶所需的临界变形程度也大幅增大,使动态再结晶的驱动力减小,不利于发生动态再结晶。此外,热加工工艺参数对氮化铝等第二相质点的析出也有影响,变形温度过低,第二相质点在钢中析出得较慢,且使已经析出的氮化铝等在钢中的分布不均,会在滑移系、位错线等部位偏聚,对位错运动起钉扎作用,从而使其对钢的细化作用减弱,造成混晶。

在实际生产中,应先以较低的温度进行锭坯的锻轧,再精确控制钢材的终锻轧温度,使奥氏体再结晶被抑制,随压下量的增加,奥氏体晶粒伸长,晶粒内产生大量形变带。 γ/α 晶粒相变时,在奥氏体晶界和形变带上都产生大量的 α 晶核,形核点的增多,使 α 晶核进一步被细化,可得到较细小的铁素体晶粒^[4]。

4 结 论

采用真空精炼加电渣重熔冶炼,经锻造及轧制工艺路线生产的18CrMnNiMoA 齿轮钢的组织均匀、力学性能优良、纯洁度高,采取精控钢中主要化

学元素含量,细化晶粒及降低硫磷杂质、非金属夹杂物、气体含量等措施,并合理控制锻轧工艺参数,使18CrMnNiMoA 钢的各项技术指标均达到了设计要求,满足重负齿轮钢的使用要求。

参考文献:

[1] 钢铁研究总院. 合金钢手册(上册)[M]. 北京:中国工业出版社,1971:54.
[2] 傅杰,陈恩普,谢继莹. 钢的特种冶炼[M]. 北京:冶金工业出版社,1982:157.
[3] 薛懿德,高崇. 特殊钢压力加工[M]. 北京:冶金工业出版社,2000:437-438.

A study on processing about carbonitriding pinion steel for heavy load

SHAO Shu-yan, LIAO Shu-quan, MENG Yu

(Jiangyin Xincheng Special Steel Works Co., Ltd, Jiangyin 214429, China)

Abstract: The technique of smelting and press working of high carbonitriding pinion steel 18CrMnNiMoA for heavy load was introduced and the quality of steel production was analysed. The factors of influencing the property of steel were discussed based on the chemical composition and smelting processing. The measures of adding trace elements and using thermo-mechanical control process(TMCP), which were for refining the grain size of steel, were proposed.

Key words: 18CrMnNiMoA; mechanical property; grain refining; controlled rolling(TMCP); mechanism