

# MnCr系列齿轮钢冶炼工艺与技术研究

王 峰<sup>1</sup> 柳妍羽<sup>2</sup> 周经经<sup>1</sup>

(1.山东宝鼎重工 山东齐河 251100; 2.山东建筑大学 山东济南 250101)

**【摘要】**MnCr系列齿轮钢是我国现代工业齿轮生产中应用的新材料,相对于国外的齿轮钢,MnCr系列齿轮钢的质量和数量上都有所不及,在具体的钢材冶炼中,也存在很多问题,例如,改钢率高、Si、O等指标容易超过标准要求。对此,需要更清楚的把握MnCr系列齿轮钢冶炼工艺和技术,把握这类钢材在冶炼中容易出现的问题,进而不断改进加工冶炼工艺,促进国产MnCr系列齿轮钢的冶炼质量不断提升。本文介绍了MnCr系列齿轮钢的性能和应用现状,分析我国在MnCr系列齿轮钢生产中的问题,并探究MnCr系列齿轮钢生产质量提升的对策。

**【关键词】**MnCr系列; 齿轮钢; 冶炼; 工艺

DOI: 10.18686/jyyxx.v3i8.52694

MnCr系列齿轮钢最先是我国从德国引进的,这是一种高标准轿车齿轮钢材,MnCr系列齿轮钢的优势在于钢材的洁净度比较高,淬透性稳定。这类齿轮钢目前在国内的汽车生产中应用越来越普遍,在多个轿车品牌生产中都有一定程度的应用。如捷达、奥迪、富康轿车等齿轮用材都是MnCr系列齿轮钢。这类钢材符合德国DIN标准要求,国内目前生产此类齿轮钢的厂家包括宝钢、大冶特殊钢、抚顺特殊钢等公司。但是这些厂家生产的MnCr系列齿轮钢成品相对于国外还有一定的差距,所以很多汽车为确保齿轮性能,依然依赖进口MnCr系列齿轮钢材料。对此,国内钢材厂必须要进一步改良MnCr系列齿轮钢的生产冶炼工艺和技术,更好地占据国内汽车齿轮材料市场,减少国内汽车生产对于国外MnCr系列齿轮钢的进口量。

## 1 MnCr系列齿轮钢概述

目前,国内汽车生产工艺水平不断提升,相关车用材料质量也在不断提升,为改善汽车性能发挥着重要作用。MnCr系列齿轮钢无论是从质量还是从性能来看,都有着其他钢材不可替代的优势,所以在汽车齿轮钢中的应用越来越普遍。从MnCr系列齿轮钢的化学成分来看,这类钢材的 $w(\text{Si}) < 0.12\%$ ,这种指标是其他渗碳钢不能达到的,验证了这类钢材的稀有性和独特性。因为相关研究发现,在 $w(\text{Si}) > 0.12\%$ 的时候,会加重齿轮渗碳过程中的内氧化程度,造成黑色网状组织出现,这样会造成材料的使用寿命下降。

要改善MnCr系列齿轮钢的切削加工性能,可以在原材料中添加0.02%~0.035%质量分数的硫,研究发现,齿轮钢中添加硫,这样钢材中硫化物含量上升,在冶炼中通过有效控制能够让硫化物实现细小弥散分布,这样的工艺不会造成质量的影响,还可以优化MnCr系列齿轮钢的切削加工性能,从而实现刀具使用寿命的延长。

考虑到在齿轮钢中添加钛,会和原材料中的碳、氮生成混合化合物,轧制过程中不容易变形,所以会造成裂纹,影响齿轮的使用寿命,因此,在齿轮钢冶炼中,不能添加过量的钛,但是可以在冶炼中对于钢材中的铝含量进行控制,实现晶粒细化目标。

还需要注意的是,MnCr系列齿轮钢冶炼中如果有镍、钼元素加入,会导致贝氏体组织出现,对于齿轮强度以及切削性能会产生不利影响。所以,需要注意控制冶炼生产中这几类元素要严格控制。

现阶段,国内齿轮钢选择的主要钢种是20CrMnTi,但是这类钢材中包含过量的钛,因此会造成相应材料生产后不易变形,不利于提升产品加工精度,在使用中也可能导致工件疲劳,出现开裂,影响齿轮使用寿命。所以,最好避免使用这类钢材。而MnCr系列齿轮钢的性能符合新型汽车对于齿轮钢的高质量要求。

在齿轮钢质量评价中,材料纯净度、晶粒度、淬透性等都是重要评价指标,而MnCr系列齿轮钢在这些指标方面明显优于其他齿轮钢生产材料,这也是将MnCr系列齿轮钢推广应用到新型轿车齿轮钢中的重要原因。

## 2 目前MnCr系列齿轮钢生产中的问题

目前,国内在MnCr系列齿轮钢的生产中,使用EAF—LF—VD—CC的工艺流程,这种生产冶炼过程证明是有效的,而新型汽车用齿轮钢的要求越来越严格,这些也要求MnCr系列齿轮钢冶炼工艺改良,提升冶炼产品质量。就目前国内MnCr系列齿轮钢冶炼的突出问题来看,包含多方面。

### 2.1 化学元素控制问题

这里涉及的化学元素比较多,主要包括以下几点:

第一,硅元素。在目前的MnCr系列齿轮钢冶炼中,要想有效控制硅、碳元素还是很难实现的,特别是在硅元素的控制上,难度更大,所以导致冶炼的齿轮钢产品质量存在一定波动。根据新型汽车用齿轮钢要求,成品需要满足 $w(\text{Si}) < 0.12\%$ 的要求,如果在MnCr系列齿轮钢冶炼中出现脱氧以及硅元素控制问题,就可能造成成品钢中的硅元素含量超标,这样需要的脱氧剂也会增加,这些都不利于冶炼质量的提升。对此,在MnCr系列齿轮钢冶炼中,必须要严格控制硅含量,这是确保齿轮钢冶炼洁净度的需要。

第二,硫元素。MnCr系列齿轮钢的成品标准中,硫元素含量应该控制在0.02%~0.035%范围内。在齿轮钢的

冶炼中,多通过在VD环节处理中添加FeS来实现硫元素调整,但是添加的FeS中含有大量硫元素,实际的硫收得率波动不定,所以导致成品硫元素控制不稳定,容易出现较大波动。硫在MnCr系列齿轮钢的冶炼中属于夹杂物形成的主要因素,和锰元素作用容易产生MnS夹杂的情况,这样会降低齿轮钢的疲劳性能。

第三,碳元素。在MnCr系列齿轮钢冶炼中,碳元素对于钢材的淬透性会产生较大影响。MnCr系列齿轮钢本身的碳含量并不高,规格狭窄,钢水也容易过氧化,导致成品中的碳元素降低,不利于产品的淬透性能提升。

第四,铝元素。对齿轮钢的晶粒细化多是通过添加晶粒细化元素来实现的。但是考虑到MnCr系列齿轮钢中钛元素含量较多,和氮元素一起容易产生有棱角的TiN,从而降低齿轮疲劳寿命。所以在冶炼中,多通过添加铝来细化晶粒。钢材中的酸溶铝能够降低材料中的氧含量,避免二次氧化带来的问题,但是铝含量超标,在浇铸的时候还是会出现二次氧化现象,这时候残留脱氧物容易污染钢液,从而影响齿轮钢成品质量。在冶炼中,多通过喂铝线的方式来控制铝含量。

## 2.2 细长状硫化物夹杂问题

MnCr系列齿轮钢冶炼中,硫化物的分布呈现两头尖的细长状,这样就会导致硫化物集中在晶间,出现应力集中的情况,这样会造成齿轮的疲劳性能减弱,呈现细长状分布的硫化物会导致长金属屑出现,并附着在工件的表面,影响工件加工。

## 2.3 淬透性不达标问题

德国在MnCr系列齿轮钢冶炼的淬透性带要求上比较严格,要求淬透性带宽小于等于6HRC,但是国内在MnCr系列齿轮钢的冶炼加工中,要求淬透性带宽小于12HRC即可,要求宽松很多,这对于淬透性能必然会产生影响。而在齿轮钢中,淬透性能稳定性对于齿轮处理后的变形量也会产生较大影响,因为淬透性宽度越小,离散性越高,这对于齿轮加工以及齿轮齿合精度提升都是很有必要的。而宽松的淬透性带宽容易导致材料离散性较低,影响成品淬透性能。

## 3 MnCr系列齿轮钢冶炼工艺质量提升对策

### 3.1 优化电磁搅拌工艺参数

通过优化电磁搅拌工艺参数,能够实现成品偏析问题环节,弥补中心缩孔、疏松等不足,还可以细化晶粒。要确保搅拌效果最佳,需要合理选择安装位置,确保安装处有充分的液芯。针对MnCr系列齿轮钢,在连铸时可以通过添加结晶器电磁搅拌以及末端电磁搅拌,促进电磁搅拌工艺参数不断优化,提升铸坯质量。

### 3.2 落实全氧控制

MnCr系列齿轮钢中钢碳含量较少,要想确保成品钢碳含量合理,多通过添加高碳烙铁来实现,这一过程中,还需要控制电炉出钢的碳含量。对此,在MnCr系列齿轮钢脱氧时,要准确控制电炉出钢碳含量,再结合初始溶解氧含量,添加足量的预脱氧剂铝,这样钢材中的溶解氧就可以转变为氧化物夹杂态的氧,在进行喂线中通过合理搅拌来将氧化物夹杂上浮排除干净。

### 3.3 控制成分波动

要确保新型汽车用齿轮钢产品性能稳定,成分均匀,在热处理中,需要确保其淬透性,要求淬透带较窄。可以通过成分托针的方式来对于淬透带宽度进行调整。对钢水进行微调需要在LF阶段完成,在这一环节的控制中,添加合金很关键,其能够使化学成分控制在较窄的范围内,这对于提升成品淬透性很有帮助。

## 4 结语

本文以MnCr系列齿轮钢为例,介绍国内在MnCr系列齿轮钢冶炼加工中的不足和问题,提出优化MnCr系列齿轮钢生产冶炼工艺的对策,指出可以通过在MnCr系列齿轮钢冶炼加工中进行适当的工艺改良,通过电磁搅拌、全氧控制以及成分微调等方式,能够有效提升产品性能和质量,这对于MnCr系列齿轮钢冶炼问题解决具有很大的帮助。

作者简介:王峰(1982.1—),男,山东泰安人,中级,研究方向:冶炼;柳妍羽(1971.3—),女,回族,湖北武汉人,中级,研究方向:大数据;周经经(1983.12—),男,山东潍坊人,研究方向:金属材料热处理。

## 【参考文献】

- [1] 曹小军,方光锦,杨国,等.汽车齿轮用高品质20MnCr5(SH)钢生产工艺实践[J].铸造技术,2019,40(12):1303-1306.
- [2] 董文亮.超低氧齿轮钢精炼渣的工艺优化及镁铝尖晶石夹杂控制研究[D].武汉:武汉科技大学,2014.
- [3] 吴德发,梁娜,李金举.28MnCr5齿轮钢冶炼过程中成分变化分析[J].冶金丛刊,2013(5):7-10+26.
- [4] 梁娜,吴德发,翟正龙,等.渣成分对冶炼28MnCr5齿轮钢时CaO-SiO<sub>2</sub>-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-MgO精炼渣系熔点的影响[J].特殊钢,2012,33(4):10-12.
- [5] 申景霞,李智峥,吴苏州,等.MnCr系列齿轮钢冶炼工艺的技术进展[J].炼钢,2011,27(3):74-78.
- [6] 李智峥,申景霞.MnCr系列齿轮钢冶炼工艺的技术进展[A].中国金属学会特钢冶炼学术委员会、全国大电炉协调组、莱芜钢铁股份有限公司特钢厂.中国金属学会特钢分会、特钢冶炼学术委员会2009年会论文集[C].中国金属学会特钢冶炼学术委员会、全国大电炉协调组、莱芜钢铁股份有限公司特钢厂:中国金属学会,2009:6.