

550 轧机新型导轮用钢 Cr12MoV 的研制与应用

吴玉峰 吴 兵 周艳丽 狄云峰 石军强

(莱钢股份有限公司特殊钢事业部,莱芜 271105)

摘 要 导卫导轮的使用寿命是影响轧材尺寸精度的重要因素。通过 550 轧机生产 $\Phi 70$ mm 20CrMnTiH 齿轮钢的实践,根据 4 种导轮用钢 T8、Cr16Ni3、Cr12MoV、Cr23Ni5Mo 的性能试验和不同热处理工艺对 $\Phi 70$ mm 导轮使用寿命的影响,优选了 Cr12MoV 钢($\% : 1.45 \sim 1.55\text{C}, \leq 0.60\text{Si}, \leq 0.60\text{Mn}, 12.00 \sim 13.00\text{Cr}, 0.90 \sim 1.10\text{Mo}, 0.90 \sim 1.10\text{V}$)作为导轮材料并进行细化碳化物热处理和最终冷处理工艺,使 Cr12MoV 钢制成的导轮使用寿命达 2 000 t,有效地保证钢材高精度轧制,减少尺寸废品。

关键词 550 轧机 导卫导轮 Cr12MoV 钢 研制

Development and Application of New Guide Wheel Steel Cr12MoV for 550 Mill

Wu Yufeng, Wu Bing, Zhou Yanli, Di Yunfeng and Shi Junqiang
(Special Steel Division, Laiwu Steel Corp Ltd, Laiwu 271105)

Abstract Service life of guide wheel is one of key factors to influence the size precision of rolled products. With practice of $\Phi 70$ mm 20CrMnTiH gear steel product by 550 mill, according to test of properties of 4 steel grade- T8, Cr16Ni3, Cr12MoV and Cr23Ni5Mo for guide wheel and effect of different heat treatment processes on service life of $\Phi 70$ mm guide wheel, the steel Cr12MoV ($\% : 1.45 \sim 1.55\text{C}, \leq 0.60\text{Si}, \leq 0.60\text{Mn}, 12.00 \sim 13.00\text{Cr}, 0.90 \sim 1.10\text{Mo}, 0.90 \sim 1.10\text{V}$) with fining carbide heat treatment and final cold treatment is selected as guide wheel material, the service life of guide wheel made of steel Cr12MoV is up to 2 000 t, it is available to ensure size precision and decrease reject.

Material Index 550 Mill, Guide Wheel, Steel Cr12MoV, Development

随着轧制速度的提高,滑动导卫装置逐渐被导轮所取代。由于导轮工作条件恶劣,因此要求导轮既要有较高的韧性、抗热疲劳性、耐蚀以及抗氧化能力,又要具有高硬度和耐磨性。通过对莱钢特钢大型成材车间导轮的应用和试验,研制了 550 轧机新型导轮用钢 Cr12MoV。在试验过程中生产钢种为 20CrMnTiH,规格为 $\Phi 70$ mm,导轮直径为 $\Phi 70$ mm。大型成材车间轧机为半连轧布置形式,1 架 $\Phi 650$ 三辊初轧机,6 架 $\Phi 550$ “SY”型短应力线连轧机组(轧辊 L/D 值 1.36)。

大型成材车间最早使用的调质处理或表面淬火的 40Cr 或 45 钢导轮耐磨性、耐热性能不足,影响了使用寿命以及轧材质量,过钢量仅为 200 ~ 300 t。而且导轮表面起筋现象严重,影响了轧材尺寸精度和表面质量。

根据生产现场存在的问题以及工艺件的工作条件,研究开发适合大型成材车间使用的耐热耐磨钢为材质的滚动导轮。

1 导轮的研究方案和主要指标

利用国内外目前现有的导卫导轮的使用效果,

综合考虑各自的利弊,结合生产过程中的实际情况来确定以下研究方案。

(1) 研究和应用新型导轮材质使用情况,首先在最复杂、要求最严格成品轧机试用,以便提高导轮的稳定性和使用寿命,从而提高成品尺寸控制。

(2) 研究取得进展后,将所得新材质进行不同的热处理方案,并检验其效果,进一步提高导轮的稳定性和使用寿命。

虽然轧制的具体情况不一样(如轧速、轧件大小、压下量等),但导轮材料的主要指标是确定的,即硬度、韧性和导热性^[1]。

1.1 硬度

磨损的物理本质是一种特殊形式的断裂过程,发生在磨损件的表层和亚表层。在考虑硬度值时,不能简单认为硬度越高耐磨性越好,要充分考虑其在各种状态下的硬度。比如:工作过程中由于表面硬化或软化而改变了的硬度;由于与高温轧件接触而使表面温度升高,要考虑高温硬度。

1.2 韧性

滚动导轮的断裂一般为脆性断裂。为防止脆断的发生,要不断提高材料的抗断裂能力,包括裂纹萌

生抗力(或断裂开始抗力)和裂纹扩展抗力。由于导轮的工作条件是确定的,即它的应力状态、工作温度和加荷速度是不变的,因此,只能在保证强度的前提下尽可能提高材料的韧性,可选用如下方法:

合理选择材料的化学成分;细化晶粒尺度;尽可能消除生产、加工过程中产生的各种缺陷,如铸造过程中的夹杂、气孔,热处理过程中产生的微裂纹等,这些缺陷极易导致导轮裂纹的生成;控制组织形态,一定量的碳化物存在有利于提高导轮的耐磨性,但网链状的碳化物极大地损害材料的抗裂纹扩展能力,容易导致材料的脆性断裂^[2]。

1.3 热传导性能

导热性能不良会使滚动导轮内的温度梯度太大,在温度梯度最大处会造成塑性应变集中,这使得热疲劳破坏容易产生;同时,温度梯度还会使其截面形成三向应力状态,在这种应力状态下,温度的升高会使材料的塑性降低,也会使热疲劳抗力降低。因热应力的大小与导热率和线膨胀系数有关,因此,滚动导轮在材料的选择或研制时,要充分考虑材料的导热性。

2 试验导轮材料的成分和冶金工艺

2.1 冶炼

导轮化学成分设计如表 1 所示。冶炼采用 2 t 中频感应炉,根据钢液流动性和铸件质量情况,将铸件浇注温度控制在 1 510 ~ 1 530 ℃。另外,为改善铸件质量,加强了浇注挡渣操作。

2.2 浇注与精密铸造

合理的浇注系统应满足基本要求:

(1) 保证钢水平稳地充满铸型;(2) 合理的钢水注入位置,保证铸件有适宜的凝固顺序;(3) 结构尽量简单,减少钢水的消耗。

为防止铸件凝固收缩引起的缩孔、疏松缺陷,必须设置帽口促进钢水向帽口的顺序凝固,使缩孔集中在帽口里。帽口设计主要考虑帽口位置、尺寸以及数量等,帽口的位置是否正确直接影响帽口的补缩效率和铸件的质量。帽口的数量决定于铸件的结构特点和技术要求。

2.3 铸件清理及机加工

砂型开箱后,对铸件进行了清理,铸件毛坯表面质量良好,未出现粘砂等现象。帽口采用电焊条切割,为了防止切

割造成热裂缺陷,切割余量为 10 mm。

在试制初期的毛坯件机加工过程中,发现了由于钢液中夹杂带来的夹砂等质量问题。为此,加强了冶炼过程中去渣操作,并在浇注过程中进行了挡渣,使该类质量问题得到解决。

试验导轮用钢的化学成分控制如表 2 所。C- 主要保证导轮良好硬度和韧性;Si- 保证导轮在高温下抗氧化性,流动性好、导热性高;Cr、Ni、Mo、Mn、V- 增加导轮抗龟裂能力,提高热强性、耐磨性。由此可见主要合金元素的化学成分控制比较理想,在技术要求之内。

3 产品使用情况

成功地试制出 4 种材质的滚动导轮,应用于特钢厂大型成材车间进行产品的工业试验。首次试用的 4 种导轮对应编号:S-1#、S-2#;S-3#、S-4#,规格为 $\Phi 70$ mm,4 种材质均采用常规淬火,温度在 950 ~ 1 030 ℃。各种材质滚动导轮试用时间及过钢量如表 2 所示。

导轮试验结果分析:

(1) 碳素工具钢 T8 的成本低,加工容易,但耐热性、耐蚀性和耐磨性均较差。

(2) 导轮材料 Cr16Ni3 的碳含量与 T8 相当,但由于加入了 17% 左右的 Cr 及一定量的强碳化物形成元素 Mo 和 V,形成合金碳化物,因此提高了耐蚀性、耐磨性和耐高温性能。又由于加入了强碳化物形成元素,因而不易过热,组织细小均匀。但因碳化

表 1 试验导轮材料的化学成分/%

钢号	C	Si	Mn	Cr	Ni	Mo	V
T8	0.76 ~ 0.84	≤0.35	≤0.40	-	-	-	-
Cr16Ni3	0.70 ~ 0.82	0.88 ~ 0.99	0.41 ~ 0.49	16.5 ~ 17.0	3.1 ~ 3.9	0.57 ~ 0.65	0.02 ~ 0.04
Cr12MoV	1.45 ~ 1.55	≤0.60	≤0.60	12.0 ~ 13.0	-	0.90 ~ 1.10	0.90 ~ 1.10
Cr23Ni5Mo	1.50 ~ 2.50	0.69 ~ 0.82	-	22.0 ~ 24.0	4.5 ~ 5.5	0.80 ~ 1.00	-

表 2 试验导轮用钢的成分分析和使用寿命

Table 2 Analysis and service life of guide wheel of test steels

炉号	钢号	化学成分/%							过钢量/t
		C	Si	Mn	Cr	Ni	Mo	V	
S-1	T8	0.80	0.21	0.31	-	-	-	-	520
S-2	Cr16Ni3	0.76	0.93	0.45	16.89	3.50	0.62	0.03	705
S-3	Cr12MoV	1.50	0.47	0.48	12.50	-	1.00	0.98	1 010
S-4	Cr23Ni5Mo	2.05	0.75	-	23.00	5.00	0.90	-	1 180

物数量较少,耐磨性没有得到充分发挥。

(3) Cr12MoV 钢碳含量较高,碳化物数量较多,应细化碳化物尺寸和改善其分布,提高导轮的韧性。常规淬火温度在 950 ~ 1 030 °C,具有较好的耐磨性,但耐蚀性较差。

(4) 镍铬合金(Cr23Ni5Mo)属奥氏体型钢,在铸态下使用,具有较好的耐磨性、耐蚀性和高温强度,是寿命最高的导轮。由于是奥氏体钢,硬度较低,虽然硬度随碳含量增加而提高,但仍无法进一步提高导轮的强度和耐磨性。

试验材料可知,导轮耐磨性由低到高的顺序是: T8 < Cr16Ni3 < Cr12MoV < Cr23Ni5Mo。可以看出,碳化物数量越多越细小,分布越均匀,则导轮硬度越高,耐磨性越好。根据生产实际情况的对比,莱钢公司最终选用了 Cr12MoV 钢。

4 导轮热处理工艺优化

4.1 碳化物细化处理工艺

碳化物细化处理属莱氏体钢,为避免条状碳化物出现,必须反复锻造使其破碎。为进一步提高韧性和耐磨性,采用高温固溶 + 高温回火工艺细化碳化物^[3]。图 1 为 Cr12MoV 钢碳化物细化处理工艺。经 1 150 °C 保温后,一方面促进了较小碳化物完全溶解,另一方面促进了大碳化物尖角的溶解、溶断,使未溶碳化物细化。通过等温处理得到贝氏体组织。

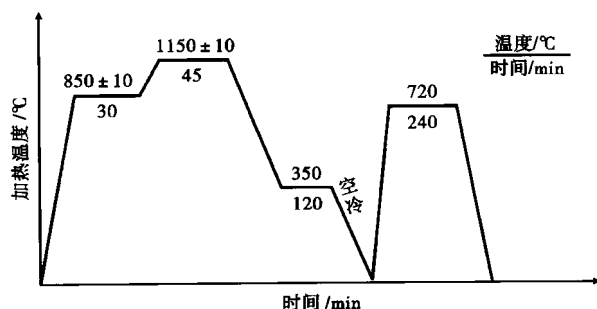


图 1 Cr12MoV 钢碳化物细化热处理工艺

Fig. 1 Heat treatment process for carbide fining of steel Cr12MoV guide wheel

采用高温回火工艺,一方面使贝氏体分解,碳化物均匀弥散析出,其形态和分布得到改善,从而使淬火组织中碳化物均匀分布;另一方面降低导轮硬度,以便于进一步机加工。

4.2 最终热处理工艺

为了进一步提高耐磨性,进行了最终热处理工艺。最终热处理工艺见图 2 所示。通过等温处理可

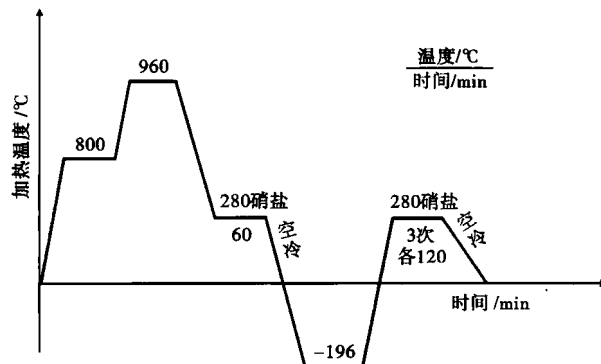


图 2 Cr12MoV 钢导轮最终热处理工艺

Fig. 2 Final heat treatment process for steel Cr12MoV guide wheel

减少变形,预防开裂,提高韧性。等温后采用深冷处理,能提高导轮硬度和碳化物的耐磨性。经碳化物细化处理和最终热处理后,表层组织为马氏体 + 贝氏体基体上分布大量合金碳化物等硬质相。这种组织具有优良的耐蚀性和耐磨性。心部组织为马氏体 + 贝氏体基体上均匀分布的细小碳化物,这种组织具有较高的韧性。

5 装机使用效果

耐磨性是导轮最重要的性能。用 Cr12MoV 钢制造的导轮,经碳化物细化处理,最终等温淬火和回火后,表面含有大量碳化物,具有极高的硬度,经测定,表面最高硬度达 HV_{0.2} 1 050 左右,宏观硬度达到 HRC66^[3]。

试验表明,与 Cr12MoV 钢常规淬火处理相比, Cr12MoV 钢导轮经碳化物细化处理-等温淬火-深冷处理后,磨损量最小,耐磨性最高,其使用寿命比常规淬火处理的钢提高将近 2 倍,过钢量达到了 2 000 t,同时可提高成品尺寸控制。

6 结论

Cr12MoV 钢导轮通过碳化物细化-等温淬火-深冷处理,增加了导轮表层硬度,提高了耐磨性、耐蚀性和耐热性,其使用寿命比 Cr12MoV 钢常规淬火提高 2 倍,能有效地保证钢材的高精度轧制,减少尺寸废品。

参考文献

- 李 慧. 钢铁冶金概念. 北京:冶金工业出版社,1993
- 刘天佑. 钢材质量检验. 北京:冶金工业出版社,1999
- 王廷溥. 金属塑性加工学. 北京:冶金工业出版社,1986

吴玉峰(1971-),男,工程师,轧钢工艺技术研究与管理。

收稿日期:2012-01-28