

铌对渣浆泵高铬铸铁组织和性能影响

韩 跃

(石家庄工业泵厂有限公司, 河北石家庄 050100)

摘要: 采用对比试验, 分析讨论了铌对一种渣浆泵用高铬铸铁性能的影响。分别测量了材料的力学性能、硬度和耐磨性, 并对组织进行了分析。结果表明, 加入铌对高铬铸铁碳化物形态有明显的改变, 这种改变提高了力学性能, 同时也提高了材料耐磨性。

关键词: 渣浆泵; 高铬铸铁; 铌铁; 耐磨性

渣浆泵是一种通过借助离心力(泵叶轮旋转)的作用使固、液混合介质能量增加的一种机械, 将电能转换成介质的动能和势能, 其是近年来用于物料运输颗粒较大的一种效率较高、性能相对较强的离心泵, 广泛用于冶金、矿山、煤炭、电力、环保等行业, 输送含有固体颗粒的浆体, 如冶金选矿厂矿浆输送, 火电厂水力除灰、洗煤厂煤浆及重介质输送, 疏浚河道、河流清淤等。由于其应用广泛, 工况使用复杂性, 恶劣, 对选用材料的磨损成因也极其复杂, 一方面过流部件受到冲蚀磨损、磨料磨损、表面疲劳磨损以及腐蚀磨损的作用, 另一方面, 介质中固体颗粒的粒度、形状、硬度及介质的浓度、流动速度、腐蚀性等对过流部件材料的磨损也具有极其重要的影响^[1]。抗磨白口铸铁BTMCr26是渣浆泵最常用的耐磨材料之一, 具有优良的耐冲蚀磨损的性能, 但由于其硬度高, 抗拉强度、冲击韧性等指标均不佳, 在大型渣浆泵(轮廓直径2.5 m以上)、高压串联泵(通常在2 MPa以上)中使用, 需要大幅增加壁厚, 不仅增加了生产成本, 也增加了铸造工艺难度, 对于需要承压的渣浆泵蜗壳, 在运行过程中磨损还可能导致强度不足进而影响人员安全。

本文在一种常规高铬铸铁BTMCr26材料中加入少量铌铁, 通过变质处理的方式, 改善高铬铸铁组织, 使其能够在保持原材料成分、耐磨性和主要工艺过程不变的前提下, 达到提高力学性能目的。

1 试验方法

试验方案采用1 t中频感应炉一次熔化, 按照不同成分设计分批次加入铌铁, 分包浇注的方式进行。熔炼过程主要原料为高铬铬铁FeCr55C600、废钢、硅铁FeSi75、锰铁FeMn68C7.0、钼铁、电解镍、硅铝合金, 变质用铌铁为FeNb50-B, 铌含量实际测量为52%, 高铬铸铁成分控制范围如表1所示。

表1 高铬白口铸铁成分
Table 1 Composition of high chromium white cast iron $w_B/\%$

C	Si	Mn	Cr	Mo	Ni
2.9~3.1	≤ 1.0	0.6~1.0	29~31	0.5~1.0	0.5~1.0

熔炼工艺: 数字测温仪测温, 出炉温度为1 530 °C, 出炉后采用包内冲入硅铝合金脱氧处理, 镇静后浇注, 浇注温度为1 400 °C。铸型采用自硬呋喃树脂砂型, 顶端浇注。试验采用同炉合金液分4包, 分别浇注毛坯试样。首包浇注原始试块。第2~4包炉内分3次将铌铁压入炉中, 并进行搅拌至化清, 每次加入铌铁4 kg, 粒度5 mm。

作者简介:

韩跃(1986-), 男, 硕士, 高级工程师, 主要研究方向为耐磨、耐蚀金属材料及金属-陶瓷复合材料和金属-陶瓷复合材料。电话: 15075410885, E-mail: sgb_hy@163.com

中图分类号: TG143.7

文献标识码: A

文章编号: 1001-4977(2024)

05-0650-03

收稿日期:

2023-05-18 收到初稿,

2023-08-14 收到修订稿。

每次加入铌铁后出炉浇注相应试块,从第一次铌铁加入到第4包浇注完毕总时间控制在30 min以内,最终成分见表2。通过首次成分检测,可计算Nb的实际收率约为43%。

2 试验结果与分析

高铬铸铁需要通过热处理后才能达到使用要求,因此试样均采用淬火+回火处理,试样热处理在SX-25-13高温箱式电阻炉中进行,淬火温度为 $1\ 020\ ^\circ\text{C} \pm 10\ ^\circ\text{C}$,出炉后通过风机在空气中强制冷却,回火温度为 $250\ ^\circ\text{C} \pm 10\ ^\circ\text{C}$ 。

表2 高铬铸铁试样成分

Table 2 Composition of high chromium cast iron samples $w_B/\%$

组别	C	Si	Mn	Cr	Mo	Ni	Nb
a1	3.06	0.88	0.93	29.62	0.87	0.62	-
a2	3.04	0.89	0.91	29.60	0.87	0.63	0.09
a3	3.03	0.89	0.90	29.57	0.87	0.62	0.19
a4	3.04	0.86	0.91	29.59	0.88	0.62	0.31

2.1 力学性能

将铌铁加入前后的试样进行对比,采用CMT5305微机控制电子万能试验机测试材料抗拉强度和抗弯强度,采用JB300W微机控制摆锤冲击试验机、THRP-150D数显洛氏硬度计分别测试试样的冲击韧性和硬度,抗弯试棒为 $\Phi 30\ \text{mm} \times 340\ \text{mm}$,冲击试样为 $110\ \text{mm} \times 20\ \text{mm} \times 20\ \text{mm}$,硬度试样为 $\Phi 25\ \text{mm} \times 30\ \text{mm}$,每组试样测3次,取其平均值,结果如表3所示。由表3试验数据可以看出,在铌加入后,材料硬度、抗拉强度、抗弯强度、冲击韧性均有不同程度的提高,而随着铌加入量增加,强度提高趋势逐渐平缓。

表3 高铬铸铁性能影响(热处理态)

Table 3 Mechanical properties of high chromium cast iron (after heat treated)

类别	抗拉强度/MPa	冲击韧性/ $(\text{J} \cdot \text{cm}^{-2})$	抗弯强度/MPa	硬度HRC
a1	525	7.1	610	60.4
a2	591	7.9	682	61.1
a3	630	8.1	744	61.4
a4	632	8.3	750	61.5

2.2 耐磨性影响

耐磨性采用对比试验,模拟渣浆泵实际运行过程中浆液冲蚀环境,试验采用MF-12数显冲蚀磨损试验机,浆液为水和60目石英砂混合物,质量比1:1,试验温度为 $25\ ^\circ\text{C} \pm 2\ ^\circ\text{C}$,试验采用失重法,对试样磨损前后的质量进行对比,计算后得出相对耐磨性。磨损

试验机如图1所示。

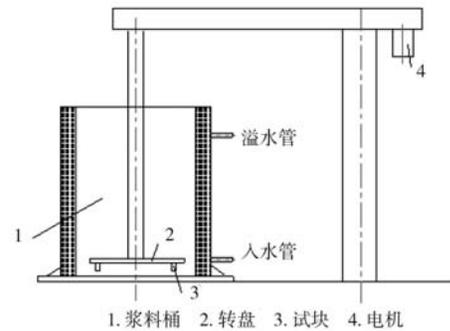


图1 磨损试验机示意图

Fig. 1 Schematic diagram of wear testing machine

磨损试样尺寸为 $18\ \text{mm} \times 18\ \text{mm} \times 38\ \text{mm}$,4组试样每组各取1个,由螺栓固定于磨损盘上,在浆液中进行冲蚀作用,磨损试验机转速为 $650\ \text{m}/\text{min}$,时间为12 h。表4为磨损试验数据。在相同磨损条件下,通过耐磨性的对比,可以看出,随着材料中铌含量提高,材料硬度逐渐增加,耐磨性也随之提高,与硬度上升趋势基本一致。

表4 12 h磨损数据对比

Table 4 Comparison of wear test data after 12 h testing

类别	磨损前质量/g	磨损后质量/g	失重/g	比耐磨性
a1	89.745 0	89.144 4	0.600 6	1
a2	89.181 2	88.649 7	0.531 5	1.13
a3	88.859 1	88.363 0	0.496 1	1.21
a4	89.376 1	88.891 7	0.484 4	1.24

注:比耐磨性为比对材料和试验材料磨损失重的比值

2.3 金相组织

铌的加入对高铬铸铁性能的影响比较明显,其根本原因还是对材料组织的改变,图2、图3为采用硝酸-苦味酸钠-酒精溶液浸蚀后高铬铸铁a1和含有0.19%Nb的a3试样的金相组织。

通过对比图2b和图3b可知,高铬铸铁热处理后的基体组织主要为马氏体,其上分布着条状及六角形初生碳化物,在通过铌铁变质处理后(图3b)碳化物颗粒数量有明显增加,尺寸变小,抑制了长条状碳化物的形成,多数碳化物呈现粒状孤立存在,降低了磨损工况下碳化物对基体的割裂作用,同时在粒状碳化物周边出现了组织细密二次碳化物。铌作为变质剂加入铁液中,会与铁液中的碳发生反应,形成非常稳定的NbC作为形核结晶,有效增加了金属形核数量,提高了形核率,改善了组织形态,使共晶团组织细化,尺寸减小,有助于低抗磨料冲击与切削作用,改善高铬铸铁材料的抗磨能力,虽然NbC硬度很高($\text{HV}\ 2\ 400$)^[2],但由于加入量有限,对大幅提高材料耐磨性的效果并

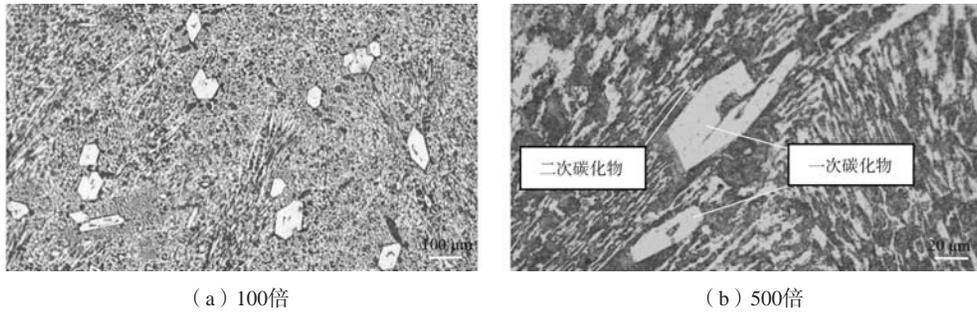
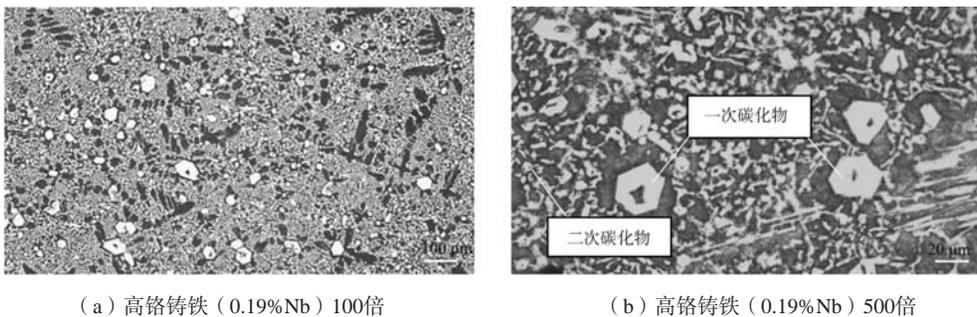


图2 高铬铸铁a1试样金相组织(淬火+回火)

Fig. 2 Metallographic structure of High chromium cast iron a1 sample (quenched+tempered)



(a) 高铬铸铁(0.19%Nb) 100倍

(b) 高铬铸铁(0.19%Nb) 500倍

图3 高铬铸铁a3试样金相组织(淬火+回火)

Fig. 3 Metallographic structure of high chromium cast iron a3 sample (quenched+tempered)

不明显。

根据试验结果,将通过铌铁变质处理高铬铸铁应用于制作直径1.8 m渣浆泵,使用在承德某铁矿输送尾矿,使用2年,运行稳定,性能满足使用要求。

3 结论

(1) 少量铌的加入能够改善渣浆泵高铬铸铁碳化

物和基体组织,显著提高材料力学性能和耐磨性,但随着Nb加入量的增加,性能提升趋于平缓,0.2%铌含量即可提高材料抗拉强度和比耐磨性1.2倍。

(2) 采用铌铁炉前变质是一种提高高铬铸铁渣浆泵性能有效方法,不影响原生产流程和工艺过程的条件下,用于大型渣浆泵和串联泵零件制造,能够有效降低设计和制造成本。

参考文献:

- [1] 韩跃,李春海.过共晶高铬铸铁在渣浆泵中的应用进展[J].通用机械,2017(1):71-72.
[2] 郝石坚.铍白口铸铁及生产技术[M].北京:冶金工业出版社,2011.

Effect of Niobium on the Microstructure and Properties of High Chromium Cast Iron for Slurry Pump

HAN Yue

(Shijiazhuang Industrial Pump Co., Ltd., Shijiazhuang 050100, Hebei, China)

Abstract:

The effect of niobium on the properties of a kind of high chromium cast iron for slurry pump is analyzed and discussed by means of comparative experiments. The mechanical properties, hardness and wear resistance of the material are measured respectively, and the structure is analyzed. The results show that the addition of niobium has a significant change in the morphology of carbides in high chromium cast iron, which improves the mechanical properties and also improves the wear resistance of the material.

Key words:

slurry pump; high chromium cast iron; niobium iron; wear-resistant