

载荷对 CADI 耐磨性和残奥含量的影响

江晗, 刘金海, 赵雪勃, 董天顺, 张建军
(河北工业大学材料科学与工程学院, 天津 300132)

摘要: CADI 具有较高的耐磨性和较好的强韧性, 广泛应用于机械制造领域。本文研究了不同载荷对 CADI 耐磨性、残余奥氏体含量和显微硬度的影响。结果表明: 随着载荷的增加, CADI 的磨损失重逐渐增加, 单位载荷失重却明显减小, 磨损表面残奥含量逐渐减少, 加工硬化程度增大, 硬化层增厚。CADI 是一种新型耐磨材料, 它的基体组织为奥铁体, 具有较好的强韧性, 在工作过程中 CADI 材料表面的一些残余奥氏体会受力诱变成马氏体, 表皮硬度增大, 提高了材料的耐磨性, 在实际生产中具有重要意义。

关键词: CADI; 耐磨性; 残奥含量; 显微硬度

钢铁材料失效的形式主要为: 断裂、腐蚀和磨损, 全世界每年钢材的消耗达 7 亿吨, 其中大约 50% 的消耗是由材料的磨损造成的^[1]。我国耐磨零件的耐磨性普遍低于国际的先进水平^[2]。目前, 在冶金业使用的磨球、锤头, 煤炭行业中的挖煤机, 机械装备制造业中的工程机械等, 材料因为磨损而导致失效是影响零件使用寿命的最主要原因。因此提高材料的耐磨性, 不但降低了成本, 提高了效率, 同时也对节约能源有着积极的意义^[3-4]。CADI 是一种新型耐磨材料, 它的基体组织为奥铁体, 具有较好的强韧性, CADI 还含有一定的碳化物, 提高了材料的硬度和耐磨性, CADI 被广泛应用于机械制造领域。本文研究了不同载荷对 CADI 耐磨性、残余奥氏体含量和显微硬度的影响。

1 试验材料及方法

铸铁合金在 30kg 的中频感应电炉中进行熔炼, 浇注成 U 型试块, 化学成分见表 1。将 U 型试块线切割成试块, 并对其进行等温淬火。热处理工艺为奥氏体化温度 900℃, 保温 1h, 等温淬火温度 230℃, 保温 2h。

表 1 CADI 试样化学成分

Table 1 Composition of specimen of CADI							(w _B /%)
C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	
3.4~3.7	2.5~3.0	0.8~1.2	<0.04	<0.03	0.2~1.0	0.1~1.0	

将热处理后的试块线切割加工成三块磨损试块, 尺寸如图 1 所示。

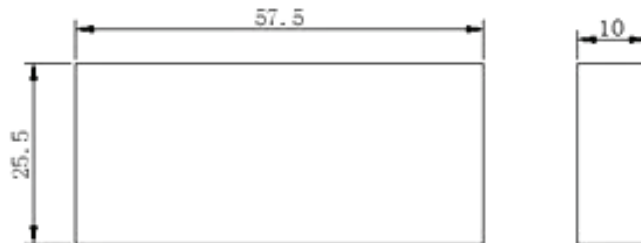


图 1 磨损试块尺寸 (单位/mm)

Fig.1 Dimension of the abrade specimen (unit / mm)

本试验使用 MLS-225 型湿砂橡胶轮式磨损试验机, 示意图见图 2。它是利用转动的橡胶轮带动与水混合的矿砂、砂石、泥沙等磨料对各种金属材料产生磨损, 从而对材料进行耐磨性试验。设置了三种不同载荷 40N、100N 和 210N 对相同材料进行磨损试验, 研究了不同载荷对 CADI 磨损的影响。

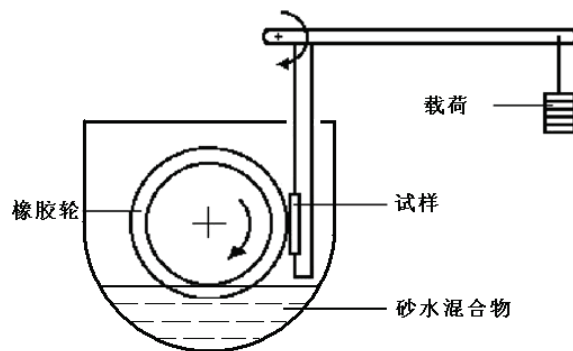


图2 湿砂橡胶轮磨损试验机示意图

Fig.2 Schematic of the wet sand-rubber wheel abrasion test

试验使用 XL30 型扫描电镜对磨损形貌进行观察, 使用 X 射线衍射仪检测组织中残余奥氏体含量, 使用 HXD-1000 显微硬度计检测显微硬度。

2 试验结果及分析

2.1 不同载荷对 CADI 耐磨性的影响

磨损试验结果见表 2, 将试验结果绘制成趋势图, 见图 3。

表 2 不同载荷 CADI 磨损失重

Table 2 Wear use of CADI with different loading force

载荷/N	初始重量/g	预磨后质量 /g	正式磨损后质量 /g	失重/mg	单位载荷失重 ($\times 10^{-4}g$)
40	100.8493	100.8402	100.8023	0.0397	9.93
100	103.1646	103.1546	103.1143	0.0403	4.03
210	101.7545	101.7485	101.7057	0.0428	2.03

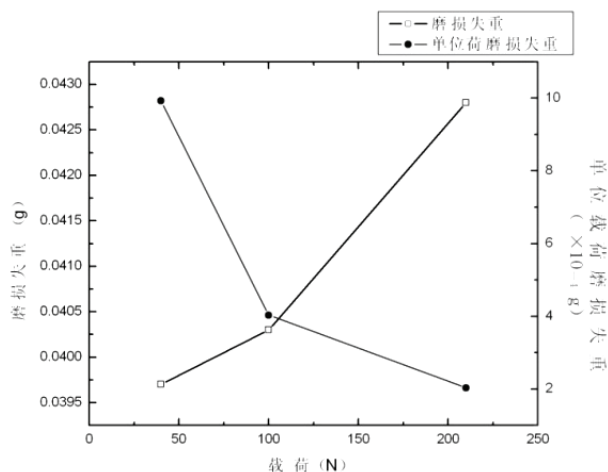


图3 不同载荷对 CADI 磨损试验结果

Fig.3 Effect of loading force on wear lose of CADI

由图 3 可以看出, 随着载荷的增加, CADI 的磨损失重逐渐增加, 但是单位载荷失重却明显减小。

对不同载荷下 CADI 磨损表面进行形貌观察, 如图 4 所示。

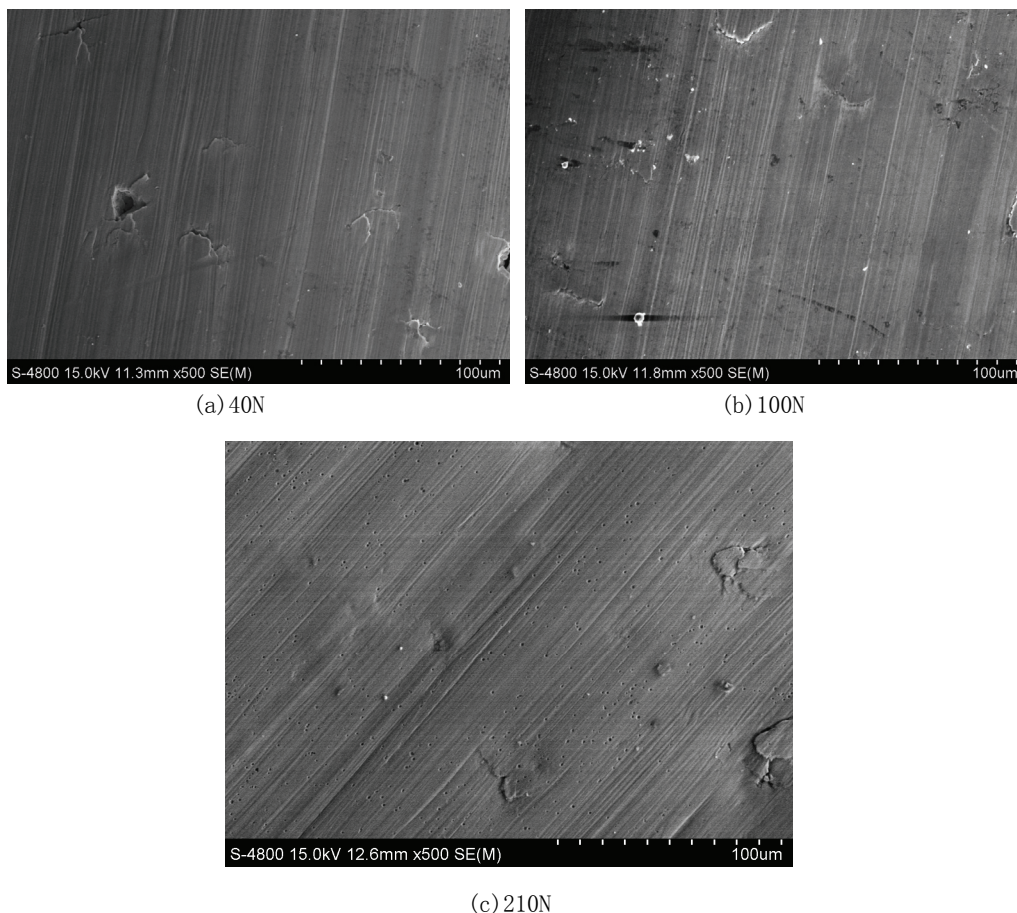


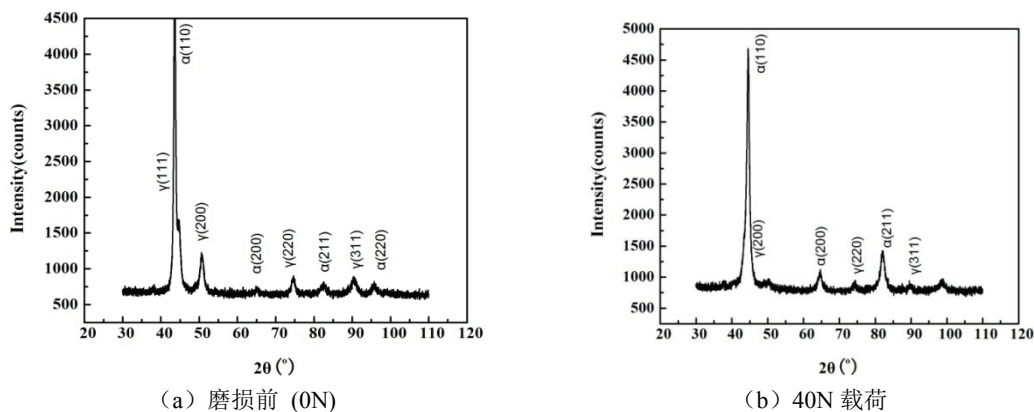
图4 载荷对 CADI 试样磨损表面形貌的影响

Fig.4 The wear appearance of CADI on different loading force

由图4可以看到，CADI磨损后形貌主要是微观切削磨损，而且随着加载力的增加，磨损严重，犁沟变深变宽。试验机所加载荷产生的法向力使沙粒压入金属表面，在表面形成压痕；而橡胶轮转动所产生的切向力使磨料向前推进，磨料就如刀具一样，在CADI表面形成切削面而产生切屑，从而产生较深的犁沟。随着载荷的增加，对CADI表面的切屑力增大，从而导致犁沟变得较深较宽。

2.2 载荷对 CADI 残余奥氏体含量的影响

图5为CADI磨损前和不同载荷磨损后的X射线衍射图谱，通过寻峰检测和计算，得到CADI残余奥氏体含量，将结果绘制成图，如图6所示。



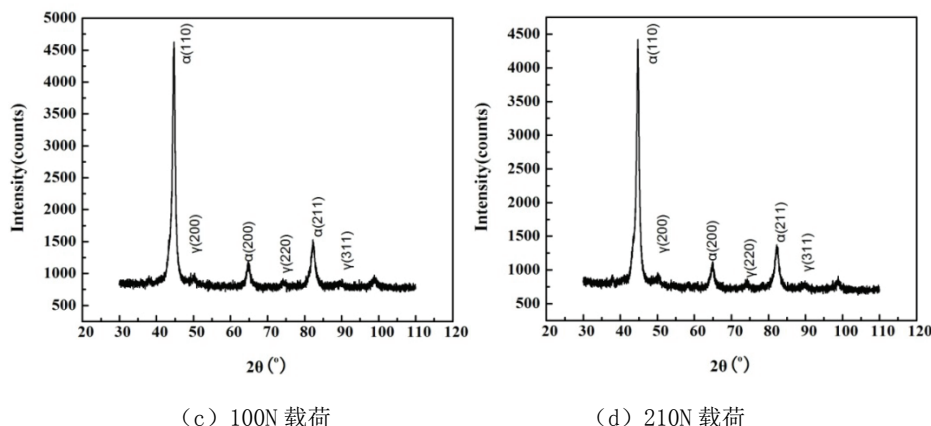


图 5 不同载荷 CADI 磨损表面 XRD 图谱

Fig.5 The XRD spectrum of CADI on different loading force

由图 6 可以看出,随着载荷的增加,CADI 残余奥氏体含量逐渐降低。这是由于残余奥氏体受载荷外力的诱导作用而转变成了马氏体,从宏观上来说外加载荷使材料发生了加工硬化现象。载荷越大,加工硬化越明显,残余奥氏体转变成马氏体就越多。

由图 3 可以看出,随着载荷的增加单位载荷失重减小,这是由于载荷越大,残奥含量越少,马氏体含量越多,使 CADI 硬度增大,耐磨性增大,故单位载荷磨损失重减小。从这里可以看到 CADI 新型耐磨材料的一个明显的优点:加工硬化明显,在使用过程中 CADI 耐磨性会有所提高。

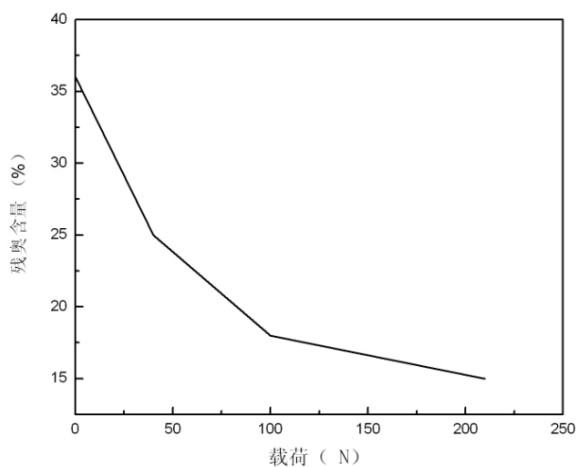


图 6 载荷对 CADI 磨损试样表面残留奥氏体的影响

Fig.6 Effect of different loading force on retained austenitic content

2.3 载荷对 CADI 试样磨损表面显微硬度的影响

由上面分析知道,载荷越大,残余奥氏体转变为马氏体越多,这必然会引起材料显微硬度的变化。对磨损后的试块进行了显微硬度检测,测试了距离磨损表面不同距离的显微硬度,结果见图 7。

由图 7 可以看到,三条曲线明显分开,载荷较大时显微硬度值较大。较大载荷对 CADI 的加工硬化作用更大,使得材料中较多部分残余奥氏体转变为马氏体,显微硬度较高。另外,从图 7 明显看到,随着距离磨损表面越远,显微硬度越小,并逐渐趋于稳定,当距离表面 1mm 时三种载荷作用下的 CADI 显微硬度 HV 都在 560 左右。当距离磨损表面越远,受载荷外力的作用就逐渐减小;当距离表面 1mm 左右时三种载荷的作用基本上都减小到零了,HV560 即为 CADI 正常基体的显微硬度。由图 7 发现,载荷为 40N 时,距离磨损表面超过 100 μm 后显微硬度较低且变化不大,这是由

于载荷较小, 加工硬化效果较小, 硬化层厚度较薄。当载荷为 100N 时, 距离磨损表面 200 μm 左右显微硬度明显降低; 当载荷为 210N 时, 距离磨损表面 700 μm 时显微硬度显著降低。所以随着载荷的增加, CADI 硬化层厚度增大, 耐磨性提高。

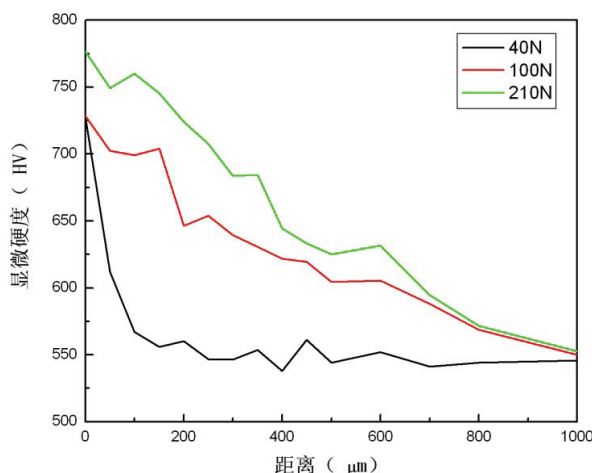


图 7 载荷对 CADI 磨损试样表面显微硬度的影响

Fig.7 The microhardnesst of CADI on different loading force

CADI 显微硬度检测试验结果与前面的残奥含量检测结果和磨损试验结果相吻合并相互佐证。另外, 从本试验可以看出 CADI 的一些优良特点: CADI 的基体组织为奥铁体, 具有较好的强度和韧性, 在 CADI 工作过程中一些残余奥氏体会受力诱变成马氏体, 提高了材料的硬度和耐磨性。

3 结论

(1) 随着载荷的增加, CADI 的磨损失重逐渐增加, 单位载荷失重却明显减小, 犁沟变得较深较宽。

(2) 随着载荷增加, 磨损表面残奥含量逐渐减少, 单位载荷磨损失重减小。

(3) 距离磨损表面越远, 加工硬化效果减弱, 显微硬度降低。增大载荷, 加工硬化程度增大, 硬化层增厚, 距离磨损表面相同位置的显微硬度也较高。

参考文献:

- [1] 刘家浚. 材料磨损原理及其耐磨性[M]. 北京: 清华大学出版社, 1993.
- [1] 齐纪渝. 国内外耐磨材料的研究与应用[J]. 电力情报, 1996, (3): 65-67.
- [1] 任耀剑, 江利. 耐磨材料的研究及进展[J]. 矿山机械, 2005, (6): 73-76.
- [1] 齐纪渝. 电力系统耐磨材料的应用与研究[C]. 第八届全国耐磨材料学术会议论文集乐山, 1997.