

深冷处理对高碳钢抗磨粒磨损性能影响的研究

李士燕, 陈长风, 李 雄, 袁子洲, 刘秀芝

(甘肃工业大学 工模具研究所, 甘肃 兰州 730050)

摘要: 利用MLS-23型磨粒磨损试验机和HR-150D型硬度计研究了深冷处理前后T12高碳钢磨粒磨损性能的变化, 并采用扫描电子显微镜对其微观形貌进行了观察和分析。研究表明, T12高碳钢在深冷处理后的硬度提高了1~2HRC, 耐磨性提高了50%~60%。其原因是深冷处理可以减少有害裂纹的产生, 从而改善耐磨性。

关键词: 深冷处理; 磨粒磨损; 耐磨性; 磨损机理

中图分类号: TG1

文章标识码: A

文章编号: 1004-0595(2000)04-0276-04

磨粒磨损是常见的一种磨损方式, 如机械加工时刀具对材料产生切削和磨削; 冶金矿山机械和农业机械中的部分零件在工作时与矿物及泥砂等接触时会造成磨粒磨损^[1]。在实际生产中, 零件的磨损会造成尺寸偏差或损坏, 而更换零件和修复设备必然会增加成本。据有关资料介绍^[2], 磨损给工业国家带来的损失可达国民生产总值的2%~8%, 而磨粒磨损在整个磨损中约占50%。

金属的深冷处理是在-130℃以下, 对金属制品的基体进行强化的一种新型强韧化工艺。本文以T12高碳钢为研究对象, 讨论深冷处理对其硬度和相对耐磨性的影响, 并对其影响机理进行初步探讨。

1 试验部分

1.1 样品制备

试验所选材料为T12高碳钢, 其化学成分为: 1.17% C, 0.18% Si, 0.36% Mn, 0.26% Cr(以质量分数计), 其余为Fe。T12高碳钢原始组织为热轧态。首先对热轧态的T12高碳钢进行球化退火处理, 然后再分别进行淬火、回火及深冷处理。球化退火工艺条件: 760℃保温5h, 随炉冷却。淬火工艺条件: 780℃保温30min, 20℃水淬(奥氏体化时将试样埋入高碳铁粉中进行保护, 已防止表面发生氧化脱碳)。回火工艺条件为: 200℃保温2h。深冷处理工艺条件为: -196℃分别保温1h, 2h和4h。

1.2 磨粒磨损试验

磨粒磨损试验设备为MLS-23型湿砂橡皮轮式磨损试验机。所用试样表面去除表面氧化层后尺寸为

57.0mm×25.5mm×6.0mm。橡皮轮(ϕ 78mm、邵氏硬度为50)加在试样上的正压力为166.6N, 橡皮轮转速为181r/min; 砂浆组成为1.0kg水+0.5kg石英砂, 石英砂的粒度为0.25~0.45mm。石英砂不重复使用。将每3个试样分为一组, 用感量为0.1mg的分析天平测量试样的平均磨粒质量损失。将淬火和回火处理试样的磨粒质量损失与淬火、回火及深冷处理试样的磨粒质量损失的比值作为相对耐磨性 ϵ , 并以此评价试样的耐磨性能。

用HR-150D型半自动硬度计测定试样的硬度(载荷为980N)。用KYKY-1000B型和S-520型数字化扫描电子显微镜分析观察试样的磨粒表面形貌。

2 结果与分析

2.1 硬度与磨粒磨损性能

图1示出了试样的硬度和相对耐磨性随深冷处理时间变化的关系。可见, 试样经深冷处理后, 硬度有所增大, 但深冷处理2h后试样的硬度增大不明显, 随着深冷时间的延长, 硬度又有所回升, 深冷处理的试样比未深冷处理的试样硬度平均增大了1~2HRC; 试样经深冷处理后, 其相对耐磨性明显提高, 随着深冷处理时间的延长, 相对耐磨性变化不大。

2.2 磨粒磨损机理

图2给出了深冷处理及未深冷处理T12高碳钢磨粒磨损表面形貌SEM照片。可以看出, 磨粒磨损表面存在大量由石英砂磨粒造成的犁沟, 经深冷处理后试样的犁沟[图2(a)]比未深冷处理试样的[图2(b)]浅且窄。这表明深冷处理试样比未深冷处理试样具有更好

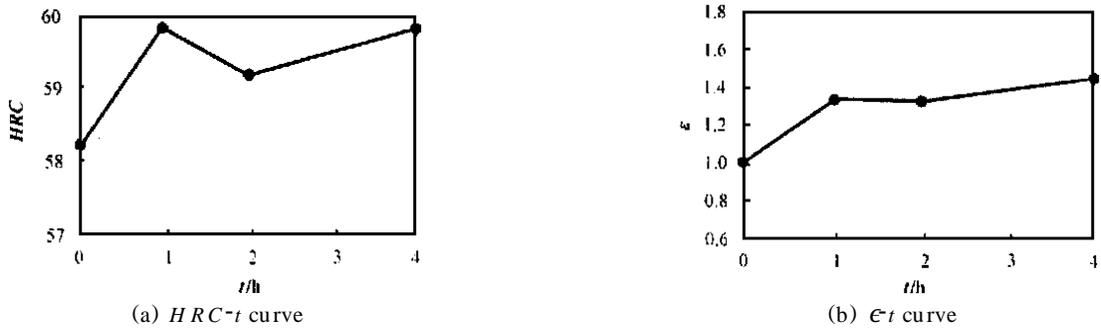
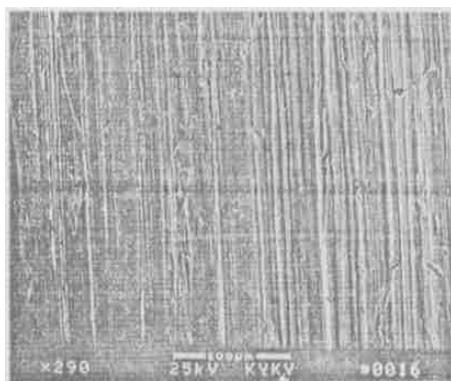


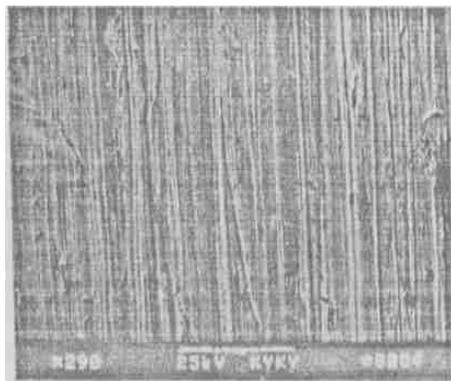
Fig 1 Variations of hardness and relative wear resistance with cryogenic treatment time

图 1 深冷处理时间对硬度及相对耐磨性的影响

的耐磨性 进一步仔细观察试样磨损表面形貌 SEM



(a) T treated for 4 h



(b) U ntreated

Fig 2 SEM photographs of the worn surface of abraded specimens

图 2 试样磨粒磨损表面形貌 SEM 照片

照片还可以发现, 试样磨损表面呈显微切削、犁耕和微观断裂等迹象, 如图 3 所示

由图 3(a) 可见显微切削沟细窄, 犁沟宽钝 前者是由于磨粒的运动方向和棱角有利于切削, 而后者则是由于压入的磨粒比较圆滑且压入的深度较浅, 在表面造成塑性变形产生擦伤或犁耕作用所致, 即磨粒作用材料被挤压到磨粒运动路径的两侧形成脊隆, 中间

形成“犁沟”^[2]。但脊隆受到严重的塑性损伤, 在其它磨粒的作用下极易发生磨损脱落, 沟底的小空洞是磨损过程中碳化物剥落所致 图 3(b) 显示脊隆碾平后出现的裂纹, 随后的碾压塑性变形会使该处破损断裂, 直至出现块状剥落坑 图 3(c) 则显示出碾压沟内出现的裂纹, 该裂纹的扩展会使碾压沟内产生块状剥落的磨屑, 其最终形貌为图 3(a 和 d) 中的块状剥落坑

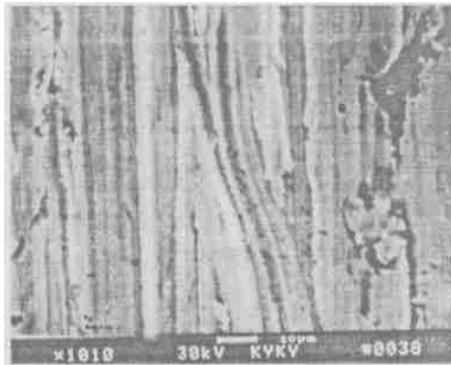
通过对犁沟的微观形貌观察发现, 试样在磨粒磨损过程中经历微观切削机制、微观犁耕或微观压入机制及微观断裂机制 大量的脊隆被碾平说明主要的磨损机制为微观犁耕后造成的脊隆破裂, 产生二次磨屑并进而导致磨损

图 4 示出了试样磨损断面形貌的 SEM 照片 可以看出, 试样的磨损断面从表层往下依次分布着“白层”、回火层和基体组织 “白层” 组织主要是由塑性流动、急冷急热及表面反应 3 种机制造成 “白层” 具有硬度高、抗回火稳定性和抗磨性能优异等特点^[3]。“白层” 内部包含着许多的缺陷, 如空洞和裂纹等^[4]。图 4(a) 显示未深冷处理的试样磨损亚表层出现裂纹, 裂纹从“白层” 内萌生, 新萌生的裂纹细小, 与试样磨损表面垂直; 随着磨损的继续, 裂纹沿与表面平行的方向扩展, 最后到达表面, 形成块状磨屑脱落 经深冷处理的试样的磨损表层从“白层” 内萌生的裂纹要少得多 [如图 4(b) 所示]

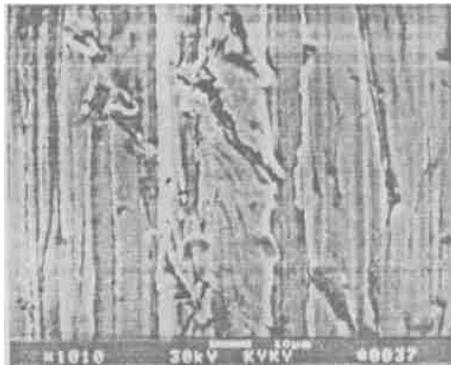
在磨粒磨损过程中, 磨粒接触点前沿的材料表层处于压应力状态, 故将阻止材料内部裂纹或孔洞的形成与长大 磨损过程中磨粒相继经过接触点, 在材料表面可引起循环应力和循环应变, 淬火回火钢在此过程中可能发生应变软化现象 (即过时效现象)。深冷处理会使高碳钢基体弥散析出纳米级的 $\eta\text{-Fe}_2\text{C}$ ^[5], 这种显微组织均匀、细小且致密, 并且填充了基体中存

在的显微空穴^[6], 使得裂纹及空洞等缺陷得以减少.

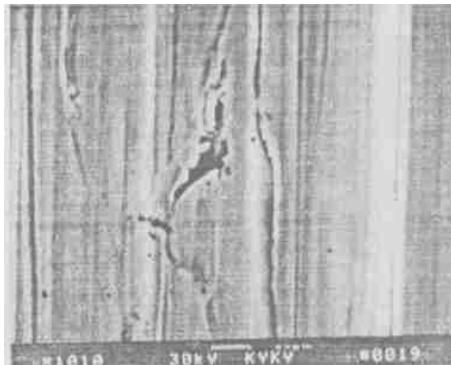
碳化物析出增多, 马氏体碳含量减少, 畸变减轻所



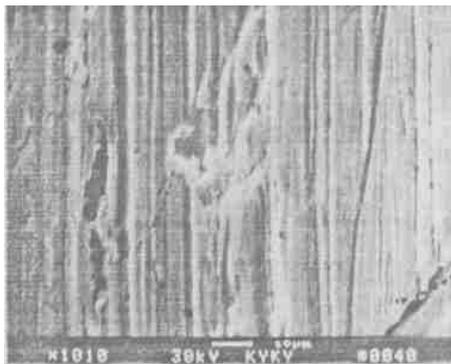
(a) M icro-cutting and ploughing



(b) R uptured ridges



(c) C racks at groove bottom

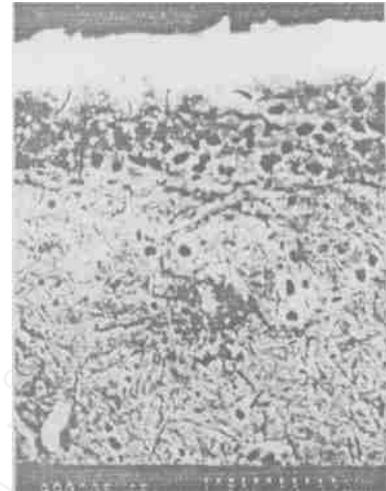


(d) L ump peeling holes

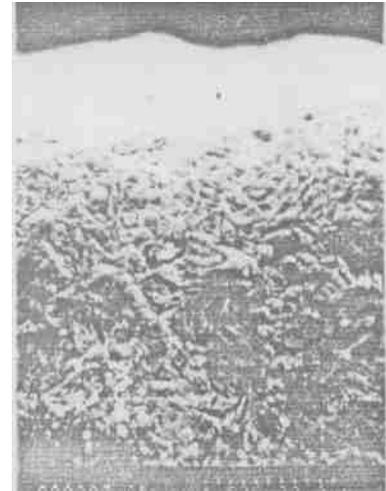
Fig 3 SEM photographs of the ploughed grooves

图 3 犁沟微观形貌 SEM 照片

随着深冷时间的延长, 硬度有所降低, 这是由于超细



(a) U ntreated specimen



(b) T reated specimen

Fig 4 SEM morphologies of cross-section of treated and untreated specimens (150 k ×)

图 4 试样磨损断面形貌 SEM 照片 (× 150 k)

致, 但深冷后的硬度仍比未深冷的要高. 同时, 马氏体碳含量减少, 畸变减小, 基体的韧性会得到改善, 或因细小碳化物成核, 不致形成渗碳体薄膜, 而消除了回火马氏体的脆性^[6]. 另外, 这种细小弥散的碳化物有很高的硬度, 且回火抗力高, 不易软化. 材料的耐磨性受硬度、韧性和塑性的综合影响, 因此深冷处理可有效地提高 T12 高碳钢的耐磨性.

3 结论

a 深冷处理后 T12 高碳钢的硬度仅提高了 1 ~ 2HRC, 但抗磨粒磨损性能提高 50% ~ 60%.

b 在本试验条件下, 试样的磨损主要表现为试样被磨粒反复犁耕、碾平, 最终形成片状二次磨屑

脱落

c 深冷处理可使基体发生低温调整,析出弥散分布的 $\eta\text{-Fe}_3\text{C}$,减少有害裂纹,从而提高耐磨性

参考文献:

- [1] 许斌,冯承民,杨胶溪. 碳化钨-高铬铸铁表面复合材料耐磨粒磨损性能的研究[J]. 摩擦学学报, 1998, 18(4): 322~326
- [2] 孙家枢. 金属的磨损[M]. 北京: 冶金工业出版社, 1992
- [3] 栾道成,邵荷生,曲敬信. 润滑滑动摩擦表面变质层特性的研究[J]. 摩擦学学报, 1995, 3: 225~229
- [4] 高彩桥,靳忠效. 磨损表层的“白层”组织特征及其性能的研究[C]. 第四届全国金属耐磨材料学术会议论文集. 北京: 中国金属学会耐磨材料学术委员会、水力电力机械编辑部, 1988: 1~4
- [5] 段春争,李士燕,刘秀芝,等. 高碳马氏体深冷处理后分解产物的组织结构分析[J]. 甘肃工业大学学报, 1999, 4: 26~30
- [6] Collins D N. Deep Cryogenic Treatment of Tool Steels: a Review [J]. HEAT TREATMENT OF METALS, 1996, 2: 40~42

Effect of Cryogenic Treatment on the Abrasive-resistance of T12 Steel

LI Shi-yan, CHENG Chang-feng, LI Xiong, YUAN Zi-zhou, LU Xiu-zhi

(Institute of Tools and Dies, Gansu University of Technology, Lanzhou 730050, China)

Abstract: The variations in the abrasive-resistance of high carbon steel (T12) before and after cryogenic treatment were investigated using an abrasive wear test rig (MLS-23) and hardness tester (HR-150D). The worn surface morphology of the steel was examined by means of scanning electron microscopy (SEM). The result shows that the hardness (*HRC*) of high carbon steel (T12) increases slightly and the abrasive-wear resistance by 50% ~ 60% after cryogenic treatment. It was supposed that cryogenic treatment could decrease harmful cracks and hence improve the wear resistance.

Key words: cryogenic treatment; abrasive; abrasive-wear-resistance; wear mechanism