

辉光离子硫碳氮三元共渗后 材料表面耐磨机理的研究^{*}

孙 超

(武汉交通职业学院 湖北 武汉 430065)

摘 要:与目前应用广泛的辉光离子氮化不同,辉光离子硫碳氮三元共渗是一种在处理层耐磨性能上具有很大优势的
表面化学热处理方法。文章主要讨论这种能提高减磨性的表面耐磨机理。

关键词: 辉光离子硫碳氮三元共渗; 耐磨性; 减磨性

DOI: 10.3969/j.issn.1672-9846.2014.04.017

中图分类号: TG156.8

文献标志码: A

文章编号: 1672-9846(2014)04-0070-03

辉光离子硫碳氮三元共渗是一种表面耐磨性能较为突出的表面热处理方法,笔者从 1983 年开始对此进行了一些研究实验并发表过相关的论文,最初的实验是在船舶柴油机的缸套与活塞环上进行的,相应试验方法与结论的论文发表于 2005 年^[1],而后期对硫碳氮三元共渗的特点及可能应用领域的研究成果发表于 2012 年。^[2]

辉光离子硫碳氮三元共渗从方法上有些类似于现在广泛应用的辉光离子氮化,但从处理后的耐磨性实验效果以及耐磨机理上看,此种表面热处理方法比起传统的辉光离子氮化有着更好的耐磨效果,而且处理所需的时间更短,更加节约电能,对辉光离子氮化炉的使用效率也更高。笔者的试验中曾采用了高磷灰铸铁,其常常使用在船用大功率柴油机的缸套与活塞环上。根据相应的磨损试验,使得其磨损速度降低到了未处理前的 1/5,而此前采用的辉光离子氮化只能将其磨损减低 1/2。根据其他的研究资料,还有人曾试图将辉光离子硫碳氮三元共渗用于煤炭机械的大齿轮,汽车变速器齿轮等的制造中,并进行了相关的

研究,目前还有人将此项技术用于模具钢的热处理中。因此,笔者认为有必要对辉光离子硫碳氮三元共渗后的工件耐磨机理进行更深入的探讨。

1 辉光离子硫碳氮三元共渗后工件表层与传统的辉光离子氮化的区别

辉光离子硫碳氮三元共渗后的工件表层与传统的辉光离子氮化的最大区别在于处理后的材料表层硬度不高,但耐磨性很优异。

以笔者曾进行过实验研究的高磷灰铸铁为例,其表层硬度最高处也只略高于 600HV,而且表层的硬度梯度较为缓和;而传统的辉光离子氮化后的工件表层具有较高的硬度和较陡的硬度梯度,其表层硬度最高处的维氏硬度值常接近 1000HV,但辉光离子硫碳氮三元共渗的耐磨性明显高出了传统的辉光离子氮化 2 倍以上。

通过表面热处理后的硬度试验得出两种材料表面的维氏硬度及硬度梯度分布如图 1。实验选用的材料为高磷灰铸铁,其基体组织为含大量片状石墨的片状珠光体的灰铸铁,此外还含有 5-10% 的磷共晶,其高磷灰铸铁的石墨与基体放大

^{*} 收稿日期: 2014-08-28

作者简介: 孙 超 (1957-), 男, 江苏宿迁人, 武汉交通职业学院机电工程学院副院长、副教授, 主要从事金属热处理研究。

100×之后的情况见图2。另外,从更进一步的1000×以上的分析及电子探针分析的结果看,其表层中存在大量的FeS微粒,这些FeS微粒呈很小而弥散的粒状分布。FeS的强度硬度极低,类似于石墨,可以作为固体减摩剂使用。

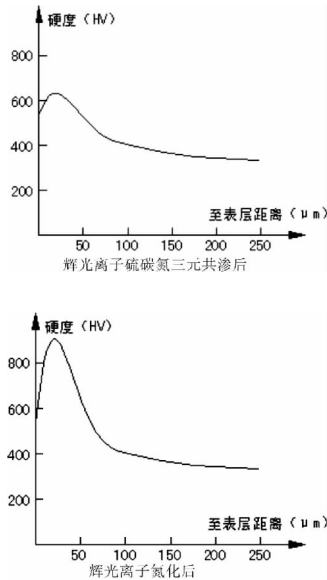
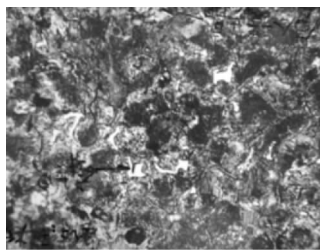


图1 两种辉光处理后的工件表层硬度分布情况



(a) 腐蚀前的石墨照片100×



(b) 腐蚀后的基体照片100×

图2 高磷灰铸铁用5%硝酸酒精腐蚀处理前后的石墨与基体照片

为何这种灰铸铁在进行了辉光离子硫碳氮三元共渗后的耐磨性能大大提高,模拟磨损实验的磨损量仅为处理前的1/5呢?为何这种硬度并不很高的处理后表层如此耐磨?这样处理后材料的表层摩擦磨损特点又是什么呢?

按照一般的思维,材料表面的耐磨性似乎与

其硬度有直接的关系,硬度越高越耐磨似乎是人们普遍的想法。在这种思维的引导下,提高工件表面耐磨性的方法似乎只有提高其表面硬度。其实我们在对柴油机汽缸套与活塞环这对摩擦副的处理上也犯过此类的错误,为提高处理后材料的表面硬度,有人曾采用加氧氮化的方法,把空气中的氧部分地引入到辉光离子氮化炉中,使材料表面的硬度提高了很多,达到了接近1600HV的程度。但在磨损试验及实际使用中,却常常发现材料表面的早期磨损脱落,尽管大部分工件的磨损寿命得到了提高,但也常见到因部分工件表面在工作中的早期剥落造成的柴油机拉缸现象,这使得工件的使用寿命变得很不稳定。起初,这些情况被认为是柴油机的空气滤清器或柴油滤清器的损坏而造成的,但在维修时并未发现其损坏,后又发现在采用了加氧氮化处理的汽缸套与活塞环中这类问题时有发生,而经过辉光离子硫碳氮三元共渗后的缸套从未发生早期拉缸的现象,经分析认为还是加氧氮化处理的缸套与活塞环自身出现了问题。

图3是高磷灰铸铁辉光离子加氧氮化后的表层硬度分布情况。从图中可以看出,此法处理后的材料表面附近硬度高达1400HV,但再往深处,硬度降低较快,形成了很陡的硬度梯度,这种情况很易造成工件表面在使用早期的剥落,而落下的高硬度碎片在之后的摩擦中变成了夹在摩擦面之间的硬磨料,进而造成了缸套在使用早期的拉缸问题。所以,在采用提高材料表层硬度来提高其耐磨性的同时必须注意防止其硬化层剥落的问题。由此看来,过高的硬度和过陡的硬度梯度都是易造成工件在磨损中早期损坏的很重要原因,必须给予充分的重视。

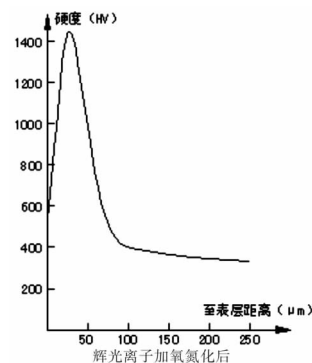


图3 辉光离子加氧氮化后的铸铁缸套表层硬度分布图

2 辉光离子硫碳氮三元共渗后工件表层的耐磨机理

从前面介绍的实验效果看,辉光离子硫碳氮三元共渗后的工件表层具有很好的耐磨性,而且其表层的硬度并不高。这意味着材料表面的硬度高低与其耐磨性并不成正比。事实上,材料表面的耐磨性受到其抗磨性和减磨性两方面因素的影响,而材料自身的减磨性又常常被人们所忽略。

以高磷灰铸铁在辉光离子硫碳氮三元共渗后的情况为例,其渗层特殊的微观构造就是其耐磨性比未处理前提高5倍的真正原因。由于原来所用的材料为高磷灰铸铁,材料内部既有很软的片状石墨,又有高硬度耐磨损的磷共晶,石墨片在摩擦过程中会被磨下进入到摩擦面中,充当固体润滑剂的角色,而石墨剥落后留下的缺口又是储存润滑油的空间,这使得摩擦面的润滑情况得到改善,而磷共晶又作为坚硬的支撑点,由此起到了降低磨损速度的作用。

但由于石墨片的结构较为粗大,石墨离开后留在工件表面的具有储存润滑油功能的结构也就较为稀疏,所以储存润滑油的效果还不够理想;辉光离子硫碳氮三元共渗后的情况则与之不同,由于处理过程中在工件表层形成了大量弥散分布的FeS,而它们在摩擦过程中离开原来位置后将留下大量细小而弥散分布的微小凹坑,这些凹坑的储油作用对润滑油形成的油膜完整程度的影响远大于石墨坑的影响;因此,工件表面在工作时形成的润滑油膜将更加完整,工件间的摩擦系数将更小,所以工件间的磨损将明显变慢,耐磨性也就明显得到了提高。

工件进行辉光离子硫碳氮三元共渗后不但磨损寿命明显提高,而且工作面的摩擦生热变少,这对降低工作面的润滑要求,减低工件工作时的摩擦面温度,提高机械的运转精度,保证机械使用时的可靠性等方面都有很大的益处,所以辉光离子硫碳氮三元共渗很有可能会成为一种被广泛采用的表面化学热处理方法。

3 辉光离子硫碳氮三元共渗的特点及应用前景

与传统的表面处理方法相比,辉光离子硫碳

氮三元共渗具有以下的显著优点。

1. 处理速度快,可以大大缩短处理时间,特别是浅层表面处理时更为突出。

2. 无公害热处理。通常办法的硫碳氮三元共渗采取的是在盐浴中加硫氰化的方法,氰化物造成的污染问题较严重,而采用辉光离子硫碳氮三元共渗时,由于采用的是氮气与二氧化碳,因此不存在氰化物造成污染的问题。

3. 节约能源。由于采用辉光放电加热工件,电能利用率高,同时离子渗氮速度快、周期短,节约了电能。

4. 变形小、表面氧化小。由于辉光离子硫碳氮三元共渗处理可以在较低的温度(500~550℃)下进行,而且时间为2~3小时,而在盐浴中加硫氰化需加热到900~950℃进行,时间为8~10小时,加上辉光离子硫碳氮三元共渗是在保护环境下进行,所以辉光离子硫碳氮三元共渗明显具有变形小、表面氧化小的优点。

综合以上的分析,辉光离子硫碳氮三元共渗是一种比辉光离子氮化更好的表面热处理方法,它可广泛地应用在各类的钢材及铸铁的摩擦表面,明显的起到降低摩擦,延长零件及机械使用寿命的效果。辉光离子硫碳氮三元共渗的应用,对提高产品质量,节约原材料、节约能源,提高机械产品使用效率,减少环境污染等都有着重要的意义。

由于目前人们普遍存在着材料越硬越耐磨的错误认识,以及对辉光离子硫碳氮三元共渗技术的研究还较少等原因,此项技术的使用还不多。但从应用的前景看,此技术可广泛应用于机械制造业,且特别适用于数控、液压、高铁等对材料耐磨性能及减磨性能有较高要求的领域。

参考文献:

- [1] 孙超. 船用柴油机气缸套及活塞环采用辉光离子硫碳氮三元共渗的研究[J]. 武汉船舶职业技术学院学报, 2005, (5): 14~15.
- [2] 孙超. 辉光离子硫碳氮三元共渗工艺的特点及应用前景[J]. 武汉交通职业学院学报, 2012, (2): 75~77.