

# 金属材料的激光表面氮化处理

□韩 旻 □周海光

**摘要** 实验和讨论了激光表面氮化处理的二种工艺即激光表面氮化复合工艺(离子氮化+激光表面相变硬化处理)和激光气体渗氮的机制、参数和优点。

**关键词:** 离子氮化 激光表面相变硬化 激光气体渗氮

激光表面氮化处理的二种工艺即激光表面氮化复合工艺(离子氮化+激光表面相变硬化处理)和激光气体渗氮工艺可改善金属材料表面性能上的某些不足,达到一般激光表面硬化处理难以达到的优良性能。通过对有关实验的分析表明,激光表面氮化处理具有较大应用潜力。

## 一、离子氮化+激光表面硬化复合处理

对钢试样进行常规气体离子渗氮,再利用固体激光器( $Nd^{3+}$ : YAG Laser)对已渗氮钢试样进行照射,经过这样的复合工艺处理以后,可以适当地调整注入元素的分布,改善组织结构,弥补单一表面处理在表面性能上的某些缺陷,获得优异的机械性能,从而为材料表面改性开发一个新途径。

### 1. 38CrMoAl 钢的复合处理实验

将已离子氮化的 38CrMoAl 钢试样(见表 1),固定于透明玻璃瓶中,将瓶子密闭抽真空后再注入保护气体氮气。试验采用固体激光器( $Nd^{3+}$ : YAG Laser),其功率约为 50~60W,对试样进行不同时间长度的照射。光斑直径大小可以利用透镜扩束来进行调节。测出经不同时间照射下激光表面相变硬化处理后试样表面硬度,再将试件表面磨削后测出磨削后硬度,试验结果见表 2。

表 1 已离子氮化的 38CrMoAl 钢的成分及性能

材料	成份(%)				脆性 (级)	硬度 (HRC)	深度 (mm)
	C	Cr	Mo	Al			
38CrMoAl 钢	0.35~ 0.42	1.35~ 1.65	0.15~ 0.25	0.70~ 1.10	2	43.8	0.458

表 2 经不同时间激光表面相变硬化处理的已离子氮化试样的性能

试样	功率 (W)	照射时间 (min)	硬度(HRC)			深度 (mm)	硬度(磨削后) (HRC)		
			43.5	44	44		39.1	39.2	39.2
A#		未照射	43.5	44	44	0.46	39.1	39.2	39.2
B#	50~60	40	44.2	44.6	44.5	0.58	39.3	39.5	39.4
C#	50~60	60	45	45.2	45	0.61	39.5	39.6	39.5

1)通过金相观察发现,已离子氮化的试样表面有一层白亮层,主要为含氮的  $\epsilon$  相,内层有麦状组织,注氮层氮化物都是呈弥散状态分布在铁素体中,激光热处理后,表面仍有一白亮层,但厚度减小,氮化物颗粒细化了。内层的不连续区经在更高倍数下观察,发现它们为托氏体组织,在基体上还观察到有小颗粒的氮化物存在,内层氮化物则以固溶态存在。激光淬火可以形成非常规形态的超细含 N 马氏体,这种组织是由于激光快速加热时,索氏体区域都奥氏体化,并在随后的快速冷却条件下形成的,同时还叠加了残留奥氏体强化,晶粒超细化强化和氮化物的弥散强化。

2)进行俄歇电子能谱分析(AES)后发现,已离子氮化的试样的 N 元素深度分布大致呈高斯分布,但峰值浓度向表面有小的偏移。注氮试样经激光热处理后,N 元素分布发生了明显的变化,其特征是 N 的峰值浓度降低,N 向基体深处扩散,但注氮层表面仍然保持了较高的 N 浓度,因而仍保留有大量的氮化物。N 元素分布出现峰值的原因是靶的溅射效应。

由于激光加热时间短,基体自激冷却速度快,使分解后的氮来不及通过扩散而均匀化,在原氮化物的位置附近形成了部分远高于周围 N 含量的高氮区;内层总含 N 量虽然很低,但在如此短暂的时间里,N 总是沿着扩散激活能最低的路径向内走,如位错、晶界或其它缺陷等,并在这些位置富积,形成了微观高 N 区,这些微观高 N 区在随后的冷却中又析出了氮化物,从而氮原子在高温下向更深层发生了扩散。

3)由表 2 中可以发现,离子氮化的钢试样经过激光表面相变硬化处理后,硬度略有增大,这和前述理论分析相符合。经过 60min 激光表面相变硬化处理后,试样表层的硬化深度为 0.61mm,这明显要比离子氮化处理试样的深度 0.46mm 大了很多。这也肯定了离子氮化+激光表面相变硬化处理这一复合工艺的实用性。此外,试样经磨削后由其硬度可知,试样芯部仍保持原有的韧性和其它机械性能。

## 二、激光表面气体渗氮

### 1. 38CrMoAl 钢的激光渗氮实验

### 2. 实验结果及分析

在进行激光表面渗氮实验中,采用氨气作为渗氮气氛,在实验过程中,发生如下的化学反应:



其中,氮的离子会和工件中的铁等结合形成氮化铁等化合物,氢对工件表面有净化作用,如再添加少量丙烷就可以达到改善化合物层的机械性能的目的。

将未经离子氮化的 38CrMoAl 钢试样固定于玻璃瓶中,将浓氨水倒入玻璃瓶内,经摇晃使其挥发出氨气充满瓶子后密闭之,采用固体激光器 ( $\text{Nd}^{3+}$ : YAG Laser) 对瓶中试样进行长时间照射,进行激光气体渗氮。实验参数如表 3 所示。

表 3 激光表面氮化实验参数

电流(A)	电压(V)	输出功率(W)	照射时间(h)	硬度(HRC)	氮化层深度(mm)
14	175	50~60	5~6	43	0.4~0.5

## 2. 实验结果及分析

激光气体渗氮实验结果的数据见表 4。

表 4 激光表面渗氮的实验结果数据

氮化时间(h)	1.5~2.0	3~4	5~6	7~8
深度(mm)	0.2~0.3	0.3~0.4	0.4~0.5	0.5~0.6

由离子渗氮实验可知,为了达到 0.46mm 的硬化深度,一般需要 16~20h,而激光表面氮化仅需 5~6h 即可把硬化深度增大到 0.4~0.5mm。由此可见,为获得所需的硬化深度,对钢试样进行激光表面氮化处理的时间远小于离子渗氮的时间,从而在短时间内增加硬化深度。

(上接第 47 页)

在系统的设计时,必须贯彻“面向领域,基于重用”的系统设计要求,根据基于软构件进行 CAD 软件设计的方法先设计原子对象模型,再构建软构件。再根据设计资源软构件重组和 CAD 软件集成的方法针对用户需求定制 CAD 系统,实现系统的有效集成。

## 五、结论

基于软构件的 CAD 软件集成和实现 CAD 软件集成封装的方法,对开发 CAD 软构件具有一定的实用性。在构建 CAD 软件集成框架体系,并以 CAD 的集成框架为基础,通过 CAD 软件集成方法,实现各工具间的相互操作,以及 CAD 工具间的数据集成、控制集

## 三、结论

1. 离子氮化的 38CrMoAl 钢表层有 N 的  $\epsilon$  相,氮化物呈弥散状分布在铁素体中。经过激光表面相变硬化处理后, $\epsilon$  相消失,注氮层的组织为伸长的胞状结构,与之相邻的铁素体晶粒显著地细化了。离子注氮后的 38CrMoAl 钢经激光表面相变硬化处理后,氮原子的分布发生了较大的变化,首先峰值浓度降低,氮原子向基体深处扩散,其变化特征由上述的热扩散模型描述。离子氮化的 38CrMoAl 钢经激光淬火后,其硬度略有增大,硬化深度则有显著增加。这表明复合工艺具有互补性。

2. 对 38CrMoAl 钢进行激光表面气体渗氮处理,在短时间内可以获得很高的表面硬度。这一工艺是一种很有潜力的热处理方法。

## 参 考 文 献

- 1 刘东华. 激光热处理. 激光杂志, 1992, 13(6)
- 2 W. W. DULEY. Laser Processing and Analysis of Materials. Plenum Press, New York, 1983
- 3 刘金授等. 钢铁材料激光热处理的研究. 应用激光, 1995(6)
- 4 罗虹等. 激光相变硬化对离子渗氮层的影响. 中国激光, 1995. A22(4)
- 5 [日] (社)日本热处理技术协会. 热处理指南(上册). 北京: 机械工业出版社, 1987
- 6 谭继福等. 纯铁离子注氮后的激光热处理. 激光杂志, 1993, 14(4)

作者通讯地址: 厦门鹭江大学 (361005)  
厦门大学 (361005)

收稿日期: 20000410

为使本刊可读性更强, 请告诉我们您对此篇文章的看法

本文编号: 00-12-23

成和过程集成, 从而能在短时间内提供最好的 CAD 工具, 形成开放而高效的设计环境。

## 参 考 文 献

- 1 杨芙蓉等. 软件重用. 软件学报, 1995(6)
- 2 王庆等. 一种面向对象的可重用库管理系统模型. 软件学报, 1997. 8(5)
- 3 齐越等. 软件重用工程化方法. 计算机科学, 1995(5)
- 4 王贤坤. 基于重用技术的冲模从 CAD 软件开发环境的研究. 计算机辅助设计与图形学学报, 1999(11)

作者通讯地址: 重庆大学机械工程学院(重庆 400044)

收稿日期: 20000514

为使本刊可读性更强, 请告诉我们您对此篇文章的看法

本文编号: 00-09-46