

碳-氮共渗层激光非晶态的研究*

陈兰英 崔季秀 陈泽兴 钱红斌 苏宝榕

(中国科学院上海光机所, 201800)

吴惠元 俞绳祖 栾柏荣 马玉龙

(上海纺织机件一厂)

提要: 本文采用高能量脉冲钕玻璃激光、高重复频率 YAG 激光和大功率 CO₂ 激光对碳-氮共渗后的 20 号钢进行非晶化处理。研究激光形成非晶态的工艺条件与其表面硬度以及磨蚀及腐蚀的关系, 并对非晶层的热稳定性进行测试。

关键词: 碳-氮共渗层, 非晶化

Laser treated amorphous state of carbonitridied layers

Chen Lanying, Chui Jixiu, Chen Zhexing, Qian Hongbin, Su Baorong

(Shanghai Institute of Optics and Fine Mechanics, Academia Sinica, Shanghai 201800)

Wu Huiyuan, Yu Shenshu, Luan Borong, Ma Yulong

(The First Factory of Textile Parts Production of Shanghai)

Abstract: Investigation results are presented of amorphous treatment for 20# steel carbonitridied layers by high power pulsed Nd:glass laser, high repetition frequency YAG laser and high power CO₂ laser. The relationship was studied among the formation condition of the amorphous state and the surface hardness, abrasion and corrosion, and the heat endurance of the amorphous state was tested.

Key words: carbonitriding layer, amorphous treatment

利用激光熔化急冷使金属表面获得非晶态是近十几年发展起来的新技术。B. H. Keer 等人 1979 年首先发表了用 CO₂ 激光熔化急冷 Pd—Cu—Si 共晶得到了非晶^[1]。同年 B. M. Кә Шкин 等人用高能量 (30 J) ms 脉冲激光熔化急冷 Cu—Zr、Ni—Nb 混合粉末得到了非晶^[2]。1980 年 P. Mazzodi 等人用 15 ns 红宝石脉冲激光使纯铝得到了非晶^[3]。

本文用高能量脉冲钕玻璃激光、高重复频率 YAG 激光, 大功率 CO₂ 激光对 20 号钢经碳-氮共渗后进行非晶化处理, 研究了这三种激光形成非晶态的工艺条件与其表面硬度以及腐蚀、霉蚀的关系; 并对非晶层的热稳定性进行了测试。

收稿日期: 1991 年 1 月 15 日, 修改稿收到日期: 1991 年 3 月 18 日。

* 本文属腐蚀科学开放研究实验室资助项目。

一、结果与讨论

1. 碳-氮共渗层激光形成非晶态工艺参数与表面硬度的关系

当材料成份一定时,激光非晶态形成的条件主要取决于照射在金属表面的激光功率密度、作用时间、材料表面对激光的吸收特征以及非晶处理前表面的组织与性能。因为只有在功率密度高、作用时间短的条件下,热量才来不及传入基体。此时金属表面熔化效率高,而基体金属处于冷态,造成熔化层与基体温度梯度增大,提高了熔化表层的过冷度,满足形成非晶的条件。试样经碳-氮共渗后未经淬火回火处理的组织,用同一个激光非晶化工艺参数不能形成非晶。

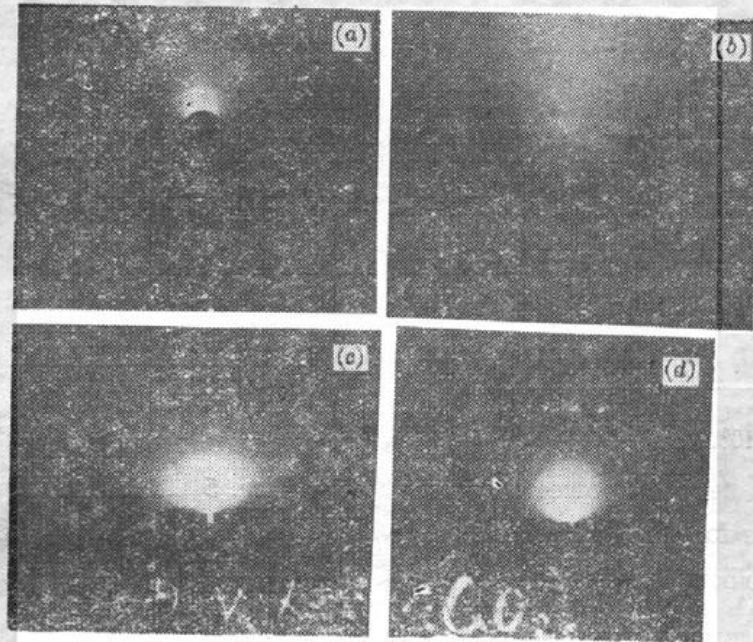


Fig. 1 (a) Electron diffraction pattern of carbonitrided layer without amorphous treatment; Electron diffraction pattern of Nd:glass laser (b), YAG laser (c) and CO₂ laser (d) treated amorphous state of carbonitrided layers

当钕玻璃激光功率密度在 $9 \times 10^4 \text{ W/cm}^2$ 、激光作用时间 $100 \sim 200 \mu\text{s}$, YAG 激光在 $1.2 \times 10^6 \text{ W/cm}^2$, 作用时间 $100 \mu\text{s} \sim 40 \text{ ns}$, CO₂ 激光功率密度在 10^5 W/cm^2 以上, 扫描速度为 $400 \sim 500 \text{ mm/s}$ 的条件下经碳-氮共渗后的试样均能获得非晶态, 见图 1。

在激光作用时间固定的条件下, 碳-氮共渗层表面硬度随功率密度或能量密度的增加有一最大值。三种激光非晶化均有同样的规律, 见图 2~5。

当功率密度或能量密度适当时, 激光作用在碳-氮共渗层的时间长短对其表面硬度影响不大; 但当功率密度过高或过低, 其表面硬度随激光作用时间的增加而显著提高, 如图 6, 7 所示。

2. 碳-氮共渗层激光非晶化工艺参数与非晶层深度的关系

非晶层厚度一般很薄, 它与激光非晶化工艺参数有关, 当功率密度不足够大时, 作用时间的增加对非晶层的加深效果不明显; 但当功率密度足够大时 (10^7 W/cm^2 以上), 即使作用时间短, 其非晶层加深的效果显著, 见图 8。

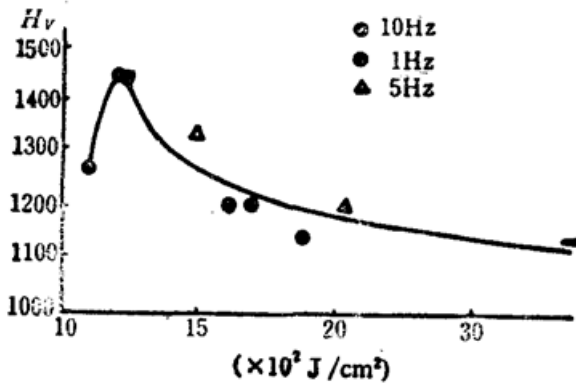


Fig. 2 Relationship between energy density and surface hardness for Nd:glass laser treated amorphous carbonitrided layer

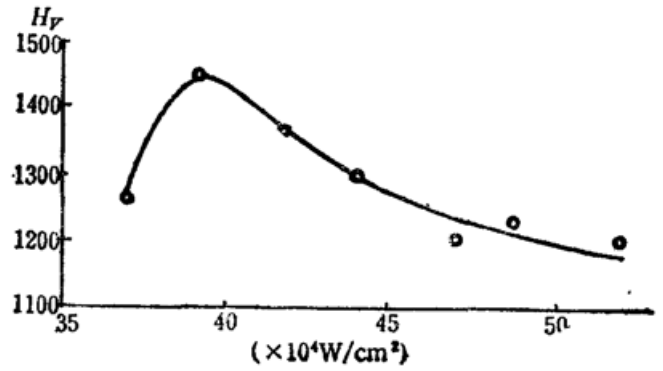


Fig. 3 Relationship between power density and surface hardness for Nd:glass laser treated amorphous carbonitrided layer

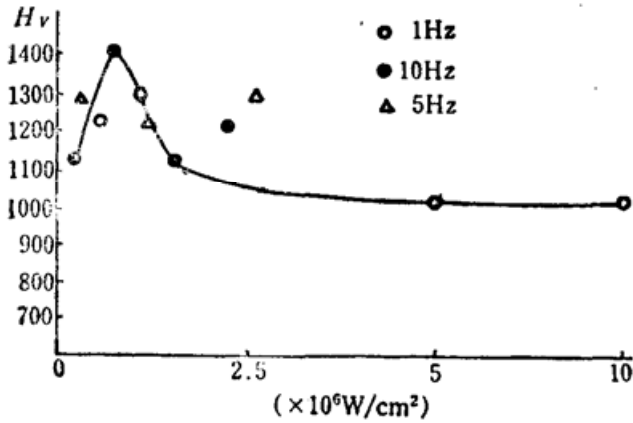


Fig. 4 Relationship between power density and surface hardness for YAG laser treated amorphous carbonitrided layer

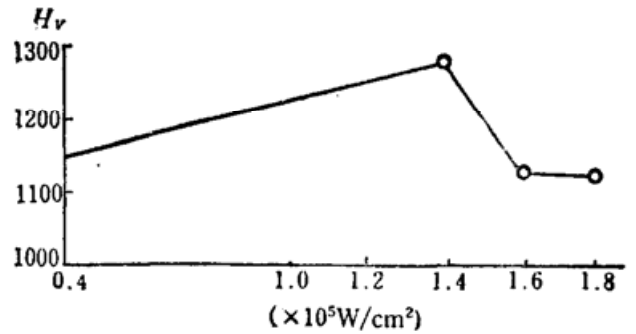


Fig. 5 Relationship between power density and surface hardness for CO₂ laser treated amorphous carbonitrided layer

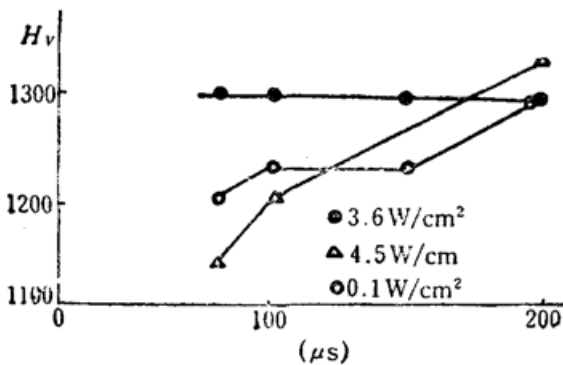


Fig. 6 Relationship between pulse width and surface hardness for Nd:glass laser amorphous treatment

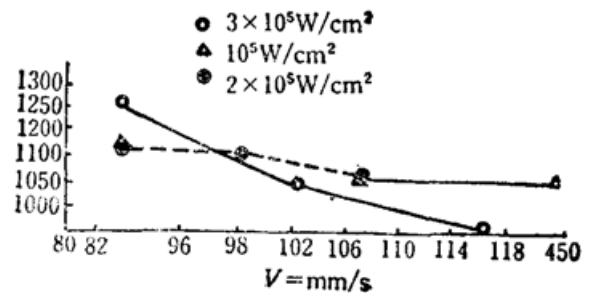


Fig. 7 Relationship between scanning velocity and surface hardness for CO₂ laser amorphous treatment

三种激光对碳-氮共渗层非晶化处理后其层深为: 钕玻璃激光 1.75~2.58 μm, YAG 激光 2.22 μm, CO₂ 激光 1.48 μm。

3. 碳-氮共渗层激光非晶态的热稳定性

用退火法测定了碳-氮共渗层激光非晶态热稳定性。YAG 激光非晶态热稳定度 ≤ 250°C, 见图 9。

Table 1 Abrasion resistance for amorphous state and polycrystal

Metal surface state	Abrasion time (hr)	Number										Average (g)	total weight loss (g)
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
CO ₂ laser treated amorphous state	24	0.0046	0.0018	0.0007	0.0102	0.0019	0.00195	0.0011	0.0011	0.0011	0.0011	0.0015	0.0048
	168 (192)	0.0086	0.0004	0.0004	0.0026	0.0005	0.0007	0.00055	0.00095	0.0090	0.0004		
	720 (912)	0.0005	0.0002	0.0004	0.00035	0.00025	0.0011	0.0002	0.0026	0.0004	0.0006		
YAG laser treated amorphous state	24	0.00058	0.00043	0.00025	0.0003	0.0001	0.0003	0.0006	0.0002	0.00175	0.0006	0.00332	
	168 (192)	0.00015	0.0007	0.002	0.0035	0.0003	0.00026	0.0006	0.0010	0.0006	0.0003		
	720 (912)	0.00165	0.0811	0.0048	0.0016	0.0012	0.00085	0.00075	0.00015	0.00415	0.00115		
Polycrystal without amorphous treatment	24	0.00075	0.0143	0.00235	0.0006	0.0117	0.00115	0.0013	0.0013	0.0127	0.0030	0.00851	
	168 (192)	0.0006	0.00145	0.0014	0.0046	0.0033	0.0003	0.0002	0.0003	0.0029	0.0014		
	720 (912)	0.0038	0.0002	0.0003	0.0046	0.0016	0.0010	0.0001	0.0019	0.0011	0.0060		

Table 2 Corrosion resistance between amorphous state and multiple polycrystal state

Metal surface state	Corrosion time			Average breakage rate (%)	Reduction rate (%)
	38	50	77		
Metal surface state	Breakage rate (%)			22.75	17.38
	38	50	77		
CO ₂ laser treated amorphous state	30	15	28	22.75	17.38
polycrystal	29	27	29	27.5	
YAG laser treated amorphous state	16				38.4
poly crystal	26				

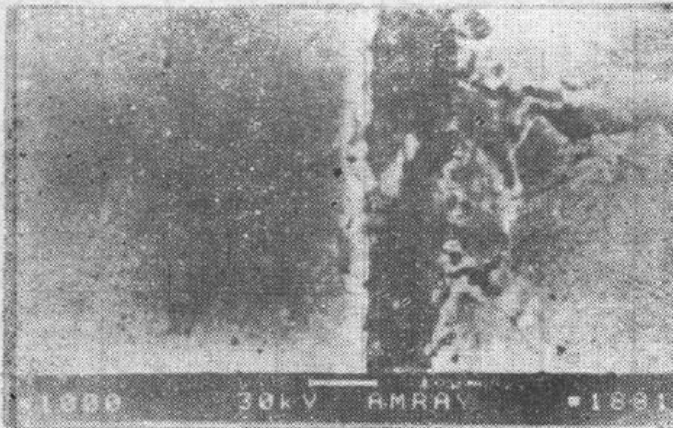


Fig. 8 Nd:glass laser treated amorphous layer, Thickness: $1.75\sim 2.58\mu\text{m}$; Power density; 8×10^7 W/cm²; Pulse width: $80\mu\text{s}$

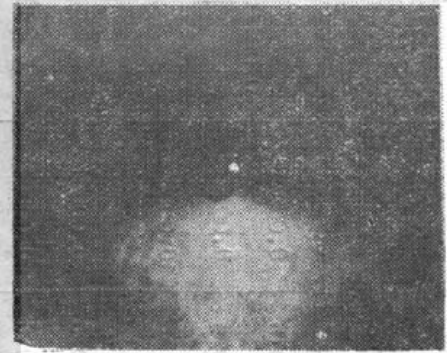


Fig. 9 Electron diffraction pattern of YAG laser treated amorphous layer at 250°C for half an hour (crystallized)

4. 碳-氮共渗层激光非晶化的抗磨蚀及抗腐蚀性能

我们将两种激光非晶化技术用在棉纺厂碳-氮共渗经淬火回火处理的纺机零件上,并装在 A515B 型细纱机上进行磨蚀及腐蚀的测定。表 1 是用重量法定期测量纺机零件非晶与多晶经碳-氮共渗淬火回火处理层抗磨蚀的结果。从表 1 得知, YAG 激光非晶层初期磨蚀远低于 CO_2 激光非晶层,略高于多晶层。但随着磨蚀时间的延长,两种非晶层的抗磨蚀性均优于多晶层,其中 CO_2 激光非晶层的抗磨蚀性远大于钕玻璃和 YAG 激光非晶层。

由于黄霉天,潮湿空气对纺机零件的表面腐蚀,造成纺纱断头,这可能由于腐蚀破坏了金属表面光洁度所致。我们用纺纱断头率衡量抗霉蚀性能。如表 2 所示: CO_2 激光非晶层断头率比多晶层低 17.4%, YAG 激光非晶层低 38.4%。

5. 三种激光非晶态选择原则

三种激光经非晶处理后尽管均能获得非晶态,但它们各有特色。用户可根据场地大小、资金能力、对生产效率的要求等进行合理的选择。一般钕玻璃激光生产效率低于 YAG 激光 2 倍,低于 CO_2 激光 10 倍;而它的设备成本便宜,一般比 YAG 激光便宜 1.5 倍,比 CO_2 激光便宜 4 倍。

二、结 论

1. 三种激光在一定的条件下对碳-氮共渗层进行熔化急冷处理均能获得非晶态。2. 碳-氮共渗层激光非晶化厚度薄,一般在几个微米。3. 碳-氮共渗层激光非晶态的热稳定性在 250°C 左右;4. YAG 激光非晶层的抗磨蚀性能初期远高于 CO_2 激光;但随着磨蚀时间的延长, CO_2 激光非晶层的抗磨蚀越加稳定,而且远大于前两种非晶层。两种激光非晶层的抗磨蚀性能均比未经激光处理的多晶碳-氮共渗层提高一倍以上;5. 碳-氮共渗层激光非晶态的抗霉蚀性能比未经激光处理的多晶碳-氮共渗层提高 17~38%。

参 考 文 献

1. B. H. Kear *et al.*, *Metals technology*, **6**(4), 121~129 (1977)
2. В. М. Кэ Щкин, *ДАН СССР*, (5), 1118~1110 (1979)
3. P. Mazzodi *et al.*, *Phys. Rev. Lett.*, **44**, 88~91 (1980)