

文章编号: 0258-7025(2004)03-0354-05

激光处理金属冷、热切锯片的性能研究

杨久霞¹, 张建宇², 马光亭³, 赵传东³, 张进锋³

¹ 北京东方科技集团股份有限公司电子材料事业部, 北京 100016
² 北京工业大学机电学院, 北京 100022; ³ 莱芜钢铁公司中型厂, 山东 莱芜 271100

摘要 锯片在使用过程中,经常出现裂纹、崩齿和振动问题。针对这种情况,采用激光淬火锯片齿尖代替原有的热处理工艺处理锯片齿尖。由于激光淬火形成的淬硬层较薄,组织晶粒比较细小,硬度较高,耐磨性较好,而锯齿内部仍保持良好的韧性。在采用激光淬火时,通过金相检验、有限元模拟并合理选择激光工艺参数和严格控制淬火区域,保证了激光淬火的锯片齿尖具有高的耐磨性和抗冲击性能,从而不易出现崩齿、断齿和齿尖腐蚀等现象。另外,在保证锯齿有良好的锯切性能的同时,锯片的振动和稳定性问题也是一个不容忽视的问题。而激光强化可改变锯片的应力分布,对锯片的振动特性有很大的影响。激光强化的效果取决于激光的工艺参数:激光功率和扫描速度。经理论计算和生产实践检验,通过合理选择激光的工艺参数对锯片进行处理,可延长锯片的使用寿命并能很好地保证锯切质量减少噪声。

关键词 激光技术;激光强化;锯片;振动;磨损

中图分类号 TG 156.99 文献标识码 A

Research on Capability of the Saw Blade Heated by Laser

YANG Jiu-xia¹, ZHANG Jian-yu², MA Guang-ting³,
ZHAO Chuan-dong³, ZHANG Jin-feng³

¹ BOE Technology Group Co. Ltd., Electronic Materials Division, Beijing 100016, China

² School of Mechanical Engineering and Applied Electronics, Beijing University of Technology, Beijing 100022, China

³ Steel & Iron Co. Laitu, Laitu, Shandong 271100, China

Abstract The saw blade often cracks, breaks up or vibrates during sawing steel. Aiming at solving this problem, laser quenching technology is adopted to treat the saw blade teeth instead of the general used heat treating method. because laser quench can make thinner quenched layer, finer crystal grain, higher hardness and better abrasion resistance, and the saw blade teeth can also maintain its good tenacity. When laser treating the saw blade teeth, by using metallography analysis, FEM simulation based on ANSYS, selecting appropriate laser processing parameters and strictly controlling the quenched area of the blade teeth, the saw blades can be got with high abrasion resistance and high impingement resistance, consequently, which will reduce break-up, fracture or tip corrosion of the blade teeth. In addition, for the saw blade itself, besides the better sawing performance, its vibration and stability is still another problem which cannot be neglected. Laser hardening can change the stress distribution of the saw blade body, which is of significant influence on its vibration performance. If the technique is appropriate, which can improve its vibration property and ensure the sawing performance and decrease the noise. The effect of laser treating relies on the laser processing parameters, such as laser power and scanning velocity. Based on theoretical calculation and producing practices, by selecting appropriate laser processing parameters and the technique, the life-cycle of the saw blade can be prolonged and the sawing quality can be well guaranteed.

Key words laser technique; laser-hardening; saw blade; vibration; abrasion

收稿日期:2002-09-28; 收到修改稿日期:2002-12-11

作者简介:杨久霞(1971—),女,北京科技大学 2000 级博士生,主要从事锯片的振动特性分析及激光处理方面的研究。

E-mail:jiuxia@bjut.edu.cn

万方数据

1 引言

锯片的热处理是锯片制造和现场修磨后的重要工序,其质量优劣直接关系到锯片的使用质量和寿命。

不管是热切锯片还是冷切锯片,对锯片的热处理要求是基本相同的,均是欲通过合理的热处理工艺,使锯片的本体和切削刃(齿尖)获得适当的金相组织和强度、韧性、硬度等综合性能。锯片的热处理分为基体处理和齿尖处理两部分。

激光表面强化技术具有良好的提高材料性能的能力,可以使工件局部获得高的耐磨性;另外,合理选择激光工艺参数对工件进行处理,工件上会产生残余应力,残余应力作为预应力作用在工件上,可以改变工件的抗疲劳性能;激光热处理也能提高金属和合金的耐磨、耐蚀、耐热等性能。

激光热处理工艺的理论基础是依靠激光与材料的相互作用,引起相应的组织和性能的变化,进而获得零部件所需的性能。针对锯片耐磨性、硬度及减振等方面的要求,可以将激光加工技术和锯片生产有机地结合起来。

2 锯片齿尖的激光淬火

2.1 现存问题

齿尖腐蚀是生产现场普遍存在的问题,现象表现为在齿尖部出现非磨损、冲击破坏型坑洞和豁口,特别以长期使用的热锯片最为明显。经研究分析和现场对比可以确定,这种现象是由下面四种因素综合作用造成的:1) 淬火温度过高造成晶粒粗大,存在较大残余应力,使用时出现晶界腐蚀;2) 锯切过程中锯齿受到锯切区域轧件的高温(冷切时也是如此)和冷却水的交替作用,形成很强的热冲击和热应力,会加速晶界间裂纹的成长;3) 锯切力在齿尖部特别是晶界处形成巨大的应力,也会加速晶界间裂纹的成长;4) 冷却水的长期腐蚀作用。其中起决定作用的是第一条。

2.2 激光淬火

由于激光具有能量密度高、扫描速度快、温升和冷却速度极快等特点,可以使淬硬层组织细化,提高锯齿的硬度和耐磨性,降低锯齿的磨损量,延长锯片的使用寿命^[1]。以激光热处理替代现有的高频淬火、火焰淬火及碳精棒淬火工艺应用于锯片生产中是激光热处理技术的一种新的应用。激光的不同工艺参量(激光功率 P ,扫描速度 V ,光斑直径 D)对处

理后的组织和性能有重大影响,因此,需要确定合理的工艺参量。

2.2.1 试验条件

激光处理采用 3 kW CO₂ 激光器,用不同的激光工艺对材质为 65Mn 的锯片齿尖和基体进行激光处理,试件尺寸为 200 mm×200 mm×10 mm。

采用 Neophot 32 型大型卧式金相照相显微镜观察激光处理区的组织及拍照;用 FM 型显微硬度计测量激光淬火后的显微硬度,每个区测量 5 个点取平均值。

采用正交试验法确定了最终的激光处理工艺参量。

2.2.2 试验结果及激光淬火工艺的确定

1) 淬火机构

在对锯齿进行激光淬火时,靠装夹在床头箱上的锯片旋转、激光器镜头在调整好位置后固定不动来完成整个淬火过程。

2) 激光淬火工艺的确定

通过金相试验及理论研究,确定了激光处理齿尖的工艺参数为: $P=1.5\text{ kW}$, $V=3.0\text{ m/min}$, $D=5\text{ mm}$,并形成了稳定的工艺。图 1 所示为齿尖激光淬火的金相显微组织照片,通过对锯片齿尖的激光淬火区进行硬度测试和金相显微镜观察可以看到处理后的热影响区都是由两层组成的:第一层是不易被侵蚀的亮带,它是激光淬火后产生的淬硬层,截面呈月牙形,显微硬度比原始硬度高得多,平均 810Hv 左右(基体原始组织显微硬度为 350Hv);第二层是高显微硬度层到原始组织的过渡区,这一层的显微硬度比第一层的低得多,但比原始组织的显微硬度高。

3) 激光淬火的特点

激光淬火形成的淬硬层较薄,组织晶粒比较细小,硬度较高,耐磨性较好,而锯齿内部仍保持较好的韧性。因此,激光淬火的锯片齿尖具有高的耐磨性和抗冲击性能。并且激光淬火工艺容易精确控制,淬火部位能够严格掌握,从而不易出现崩齿、断

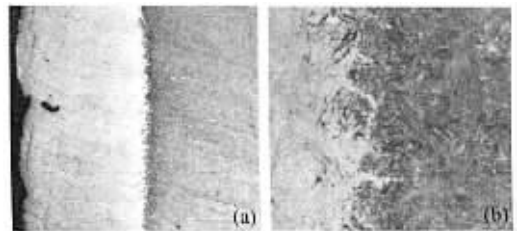


图 1 激光淬火热锯片齿尖的金相显微组织

Fig. 1 Microcosmic structure((a) 50×; (b) 400×)

齿和齿尖腐蚀现象。另外,由于锯齿切削刃锋利,减小了锯切过程中的切削阻力,也一定程度上避免了裂纹的生成。

4) 激光淬火锯片的锯切性能

经激光淬火的锯片在实际锯切过程中的锯切性能与高频淬火锯片锯切性能对比情况见图 2。从图中可以看到,激光淬火锯片在锯切过程中电流稳定,

比高频淬火锯片锯切电流平均低 5 A;毛刺高度在开始锯切时较高(4 mm),进入稳定锯切阶段后,轧件上毛刺高度很小(小于 0.5 mm);由于锯片切削刃比较锋利,所以锯切时所受的锯切阻力小,腹板变形不明显;锯切面积提高较大,是高频淬火和碳精淬火锯片的 2.5~3 倍,且锯口整齐,切口表面质量好,如图 3。

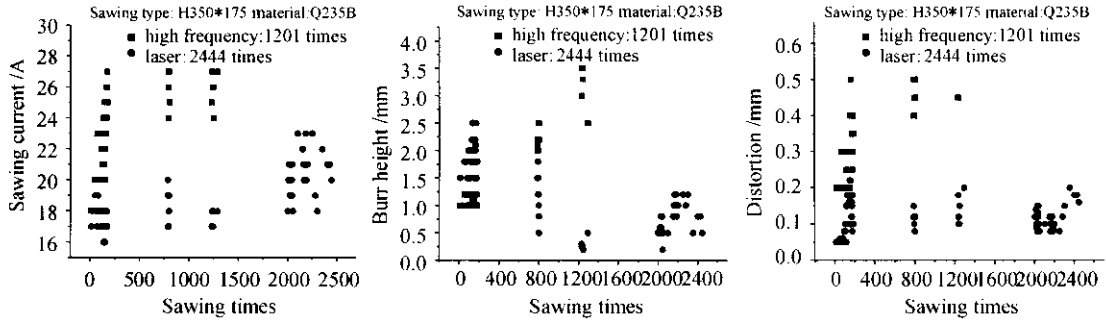


图 2 激光淬火锯片的锯切性能图

Fig. 2 Sawing capability

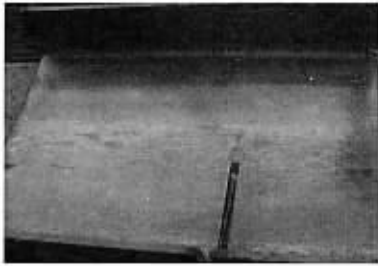


图 3 H 型钢切口(宽度 10.9 mm)

Fig. 3 Sawing notch of H-profiled bar

3 锯片基体的激光强化

3.1 基体的激光强化

为提高锯片的使用性能,除锯齿要求具有良好

的韧性和耐磨性、硬度分布均匀外,还要求成品的平面度高、锯片的整体稳定性好以减少振动和噪音。

由于金属冷、热切锯片是一个面积较大的薄板,其厚度与直径的比非常小,且又是在高速旋转及高速送进的条件下工作,在锯切加工过程中,普遍存在着严重的振动问题,这样不仅会缩短锯片的使用寿命,而且会降低锯切质量。因此在实际使用过程中,锯片的振动和稳定性是一个不容忽视的问题。

目前金属冷、热切锯片基体基本采用 65Mn 钢制造,其技术关键在于热处理的质量,而热处理的关键在于淬火时既要保证基体淬硬,又不能产生大的变形。激光强化效果主要由激光工艺参量决定^[2]。激光加热时,影响硬度的主要因素是激光功率和扫描速度,见图 4,5。

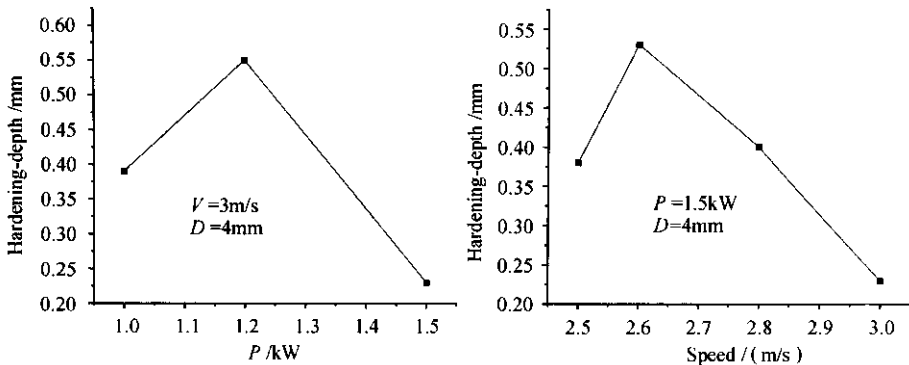


图 4 激光工艺参量与淬硬层深度的关系

Fig. 4 Relation between parameter and hardening depth

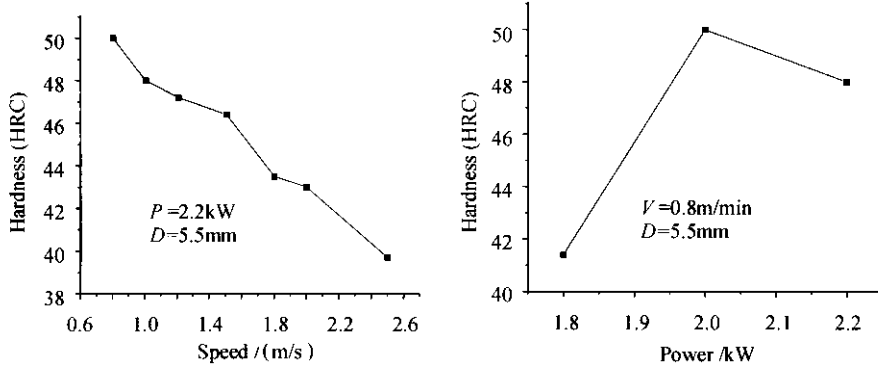


图5 激光工艺参量与淬硬层硬度的关系

Fig. 5 Relation between parameter and hardness



图6 激光强化后产生的裂纹

Fig. 6 Crack produced by laser heatment

$D = 4 \text{ mm}$, $P = 1.8 \text{ kW}$,

$V = 2.5 \text{ m/min}$, crack length = 0.50 mm

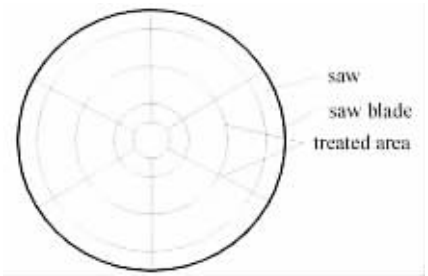


图7 激光强化锯片基体示意图

Fig. 7 Laser-hardening area

从图中可以看出激光各工艺参量与淬硬层硬度的关系。另外,在对锯片基体进行激光处理时,要考虑裂纹的影响,从本次所做的基础实验中,发现有产生贯穿性裂纹的情况,如图6。所以在对锯片进行激光处理时,要合理选择激光工艺参量,避免裂纹的生成。由于裂纹的存在,锯片在锯切过程中的周期性外力作用下,裂纹对锯片的性能会造成一定的影响。

3.2 激光强化对锯片振动特性的影响

因为在锯切时锯齿是间断地以较高的速度作用在轧件上,冲击载荷较大,又因为锯片的直径 D_s 和厚度 δ 的比较大,所以,锯片的振动比较剧烈。因此,轧件的切口宽度 B 比锯片厚度 δ 大。文献[3]给出金属冷、热切圆锯片锯切轧件时 B 与 δ 、 D_s 的关系

$$B = \delta + 0.002D_s \text{ (mm)} \quad (1)$$

$$B = \delta + 0.0006D_s \text{ (mm)} \quad (2)$$

根据公式(1)计算得锯口宽度应为 13.6 mm,根据公式(2)计算得锯口宽度为 11.08 mm。

意图如图7所示),由于产生了残余应力,从而在基体上形成沿径向和周向的硬化带骨架,对锯片整体起到加强筋的作用,能有效地控制锯片的振动,经激光处理过的厚度为 10 mm 的锯片,在锯切轧件时锯口断面整齐,室温时测量锯口平均宽度为 10.9 mm (如图3),证明锯片不产生振动。因此,使用经激光处理过的锯片,既保证了锯切质量,又降低了材料和能源的浪费,降低了环境噪音,延长了锯片的使用寿命。未经激光处理过的锯片,由于原始平片度差,在锯切时容易产生振动,致使轧件的锯口宽度大、断面质量差,测得原始状态的锯片锯切轧件的锯口宽度在 11.2~12.5 mm 之间。

本文采用的激光强化锯片基体的工艺参量如下: $P = 1.9 \text{ kW}$, $V = 1 \text{ m/min}$, $D = 6 \text{ mm}$ 。锯片基体经强化处理后,硬化层深度平均达 0.67 mm,显微硬度平均为 812Hv。表面硬度提高的同时,产生了一定的残余应力,图8所示为激光强化产生的残余应力情况,这一残余应力场对整个锯片的应力分布和整体稳定性也起着重要作用。经理论计算发现激光处理产生的残余应力场对锯片的振动特性有很大影响,使得锯片的各阶频率有所提高(图9所示

锯片基体经激光处理后(激光强化锯片基体示

为各阶频率分布情况),同时振型也发生了改变。现场使用时,轧件锯口断面整齐,锯切质量好。

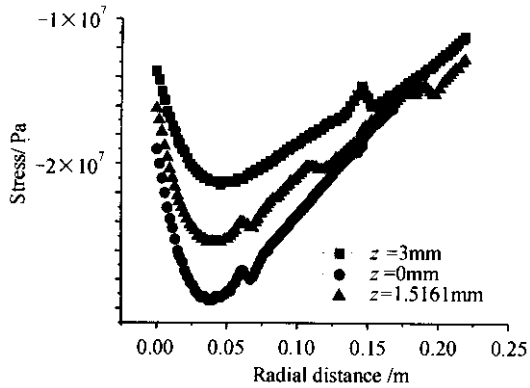


图 8 单道扫描沿径向的残余应力分布

Fig. 8 Residual stress produced by laser-hardening

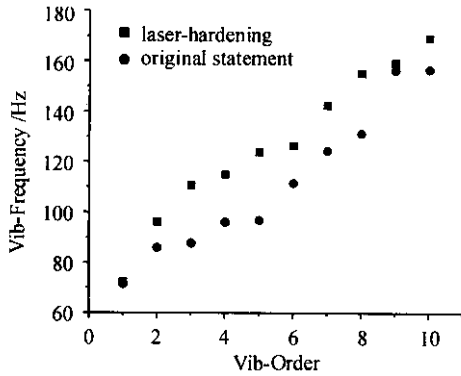


图 9 激光处理前后锯片的各阶振动频率

Fig. 9 Vibration frequency of saw blade

4 结 论

激光技术作为一种表面强化技术,应用于锯片生产中,可以改善锯片的性能。

1) 由于激光淬火锯片齿尖的工艺容易精确控制,淬火部位能够严格掌握,在锯切时既保证了切削刃锋利,又具有较好的韧性,从而不易出现崩齿、断齿和齿尖腐蚀现象,同时由于锯齿切削刃锋利,也减小了锯切过程中的切削阻力,一定程度上减少了裂纹的生成几率;

2) 锯片基体经激光强化处理产生的残余应力能够改变锯片的振动特性,通过合理选择激光工艺参量对锯片基体进行强化,可以达到控制锯片振动的目的;

3) 激光处理时,马氏体转变有先后;表层是马氏体,心部是奥氏体,奥氏体强度低、易裂;激光加热快速冷却时,体积要急速收缩,因此会产生拉应力;这些应力会使基体产生裂纹,并且裂纹是不可避免的,因此,在进行激光强化时,要考虑裂纹的影响;

4) 对锯片基体进行激光强化时,由于残余应力的作用,会对锯片的平面度产生影响。因此,在对锯片基体进行扫描时,应考虑扫描过程的先后。

参 考 文 献

- 1 Bu Leping, Zhao Guizhou. Band saw's sawtooth laser-hardening [J]. *Forestry Mechanical & Woodworker Facility*, 1997, 25 (12):4~6
卜乐平,赵贵洲. 带锯锯齿激光强化处理[J]. 林业机械与木工设备, 1997, 25(12):4~6
- 2 Zhao Min, Long Kang, Dou Minglun. Laser-enhanced big-diameter round diamond saw slice [J]. *Mechanical Engineer*, 2000, (1):53~54
赵民,龙康,窦明伦. 激光强化大直径金刚石圆锯片[J]. 机械工程师, 2000, (1): 53~54
- 3 Liu Pei'e. Primary discussion about the calculation of forcing-parameter of hot sawing [J]. *Heavy Mechanism*, 1978, (3):17~41
刘培锷. 关于热锯机力能参数计算的初步探讨[J]. 重型机械, 1978, (3):17~41