

文章编号: 1001-3806(2003)05-0493-04

金属热切圆锯片的激光处理

杨久霞¹ 张建宇² 吴迪平¹ 吴展东³ 吕宝敏⁴

(¹北京科技大学机械学院, 北京, 100083) (²北京工业大学机电学院, 北京, 100022)

(³莱芜钢铁公司激光中心, 莱芜, 271105) (⁴莱芜钢铁公司特钢厂, 莱芜, 271105)

摘要: 型钢生产线上现使用的锯片裂纹、崩齿现象比较严重, 导致锯片提前下线报废; 同时由于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, 因此, 在锯切时存在着严重的振动问题。针对莱钢中型厂热切圆锯片存在的问题, 对锯片齿尖和基体采用激光处理。经实验研究发现, 锯片经激光处理后, 锯齿的硬度、耐磨性得到提高, 整个锯片的振动特性和整体稳定性得到改善, 故锯片的使用寿命和锯切质量能够很好地保证。

关键词: 激光表面强化; 振动; 磨损; 锯片

中图分类号: TG162.2 文献标识码: A

Laser treatment of law blade

Yang Jiuxia¹, Zhang Jianyu², Wu Diping¹, Wu Zhangdong³, Lü Baomin⁴

(¹ Mechanical School, Beijing University of Science & Technology, Beijing, 100083)

(² School of Mechanical Engineering and Applied Electronics, Beijing Polytechnic University, Beijing, 100022)

(³ Laser Center, Laiwu Steel & Iron Co., Laiwu, 271105)

(⁴ Special Steel Works, Laiwu Steel & Iron Co., Laiwu, 271105)

Abstract: Aiming at the exist problem of saw blade made in Laiwu Steel and Iron Co. saw blade treated by laser was studied in the paper. The result proved that the hardness and anfr abrasion of the saw teeth are increased, the vibration and stability of the saw blade were improved which were heat treated by laser, so the longevity of saw and quality of sawing can be ensured easily.

Key words: laser surface hardening; vibration; abrasion; saw blade

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使用寿命。

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。

激光技术作为一种表面强化技术, 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。

1 锯片齿尖的激光淬火

1.1 中型厂锯片锯齿现存的问题

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和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, 这种现象由下面 4 个因素综合作用造成: (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 1 条, 即淬火温度过高, 齿尖的晶粒粗

作者简介: 杨久霞, 女, 1971 年 11 月出生。博士。研究方向为锯片的激光处理及动态特性分析。

收稿日期: 2002-09-28; 收到修改稿日期: 2003-01-23

大。

1.2 锯片齿尖的激光淬火

由于激光能量密度高、扫描速度快,温升和冷却极快的特点,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。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——即激光淬火热处理技术的一个新的应用。激光的不同工艺参数(P , v , 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数。

1.2.1 试验条件 激光处理是利用广州富通公司生产的3kW CO₂激光器,采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200mm×200mm×10mm。

采用Neophot 32型大型卧式金相显微镜观察激光处理区的组织及拍照;用日本淞迟产的型号为FM的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最终的激光处理工艺参数。

1.2.2 试验结果及激光淬火工艺的确定 通过金相实验及理论研究,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1层是不易被侵蚀的亮带,这层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2层是高显微硬度层到原始组织的过度区,这一层的显微硬度比第1层的低得多,但比原始组织的显微硬度高。

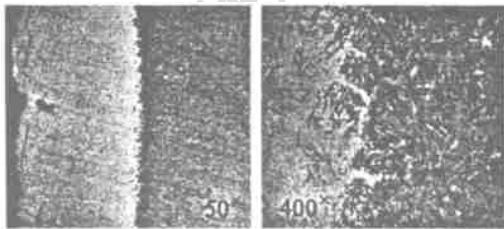


Fig. 1 Microstructure of the saw blade hardened by laser

1.2.3 激光淬火与碳精淬火、高频淬火的比较

(1) 锯片齿尖现有的热处理工艺^[1]

目前,国内常用的齿尖淬火方式有两种:碳精淬

火和高温淬火。碳精淬火方式是利用碳精棒通过低电压大电流对齿尖进行手工加热,然后空冷完成。其特点是设备简单、操作方便、热影响区小、锯齿的抗冲击性能较好。但因是人工操作,其质量不稳定,因而使用时,各齿的磨损程度不同,导致整个锯片锯齿的硬化程度及韧性相差较大,致使锯片过早报废。

高频淬火是利用高频线圈对锯齿加热,然后空冷或油冷以获得需要的组织和性能。其自动化程度高,质量稳定,容易控制。但不足之处是工艺参数控制要求较高,不然会造成加热温度过高,加热区过大,影响齿尖和根部抗冲击性能。

(2) 激光淬火的特点

由于激光淬火的加热和冷却速度较快,使得激光淬火时形成的淬硬层组织晶粒比较细小,从而淬硬层的硬度较高、耐磨性较好,同时由于激光淬火淬硬层较薄,因而锯齿内部仍保持较好的韧性。因此,尽管激光淬火产生的淬硬层较薄但由于其具有高的耐磨性、耐蚀性和抗冲击性能,同样能提高锯片的使用寿命。并且激光淬火工艺容易精确控制,淬火部位能够严格掌握,从而不易出现崩齿和断齿现象。同时,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。另外,由于锯片齿尖部位尺寸较小,为避免激光淬火过程中齿尖烧损,在对锯片齿尖进行激光淬火时使激光的光斑作用区离开齿尖适当的距离(本文中所以取的距离为0.5mm),而不应该将激光直接作用在整个锯齿尖部。

(3) 锯切性能对比(如图2所示)

通过对上述3种不同的齿尖热处理工艺处理后的处理区组织、形貌和性能的综合考察,可以发现,与高频淬火、碳精淬火比,激光淬火的锯片齿尖硬度较高、耐磨性好;即使在同样显微硬度时,由于激光淬火产生的淬硬层组织细密均匀,故具有更好的耐磨和耐蚀性能。激光淬火锯片齿尖在锯切过程中具有如下特点:(a)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5A;(b)毛刺高度在开始锯切时较高(4mm),进入稳定锯切阶段后,轧件上毛刺高度很小(小于0.5mm);(c)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;(d)锯切面积提高较大,是高频淬火和碳精淬锯片的(2.5~3)倍,且锯口整齐,切口表面质量好。

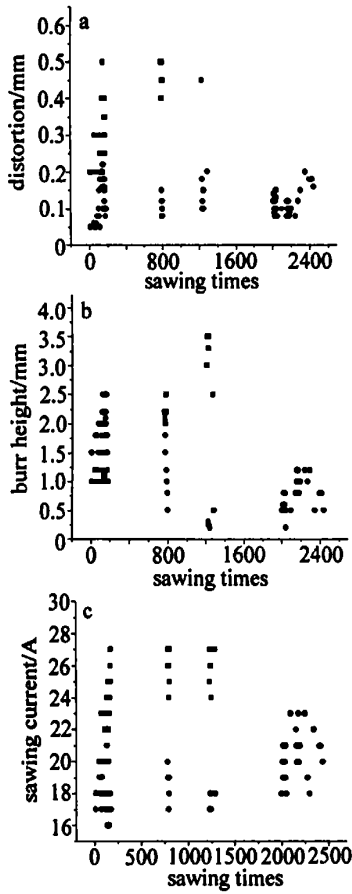


Fig. 2 Sawing capability of the saw blade hardened by laser
sawing type—H350 × 175, material—Q235B ■—high frequency:
1201times ●—laser: 2444times

2 锯片基体的激光强化

2.1 基体的激光强化^[2]

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。

膜应力能够改变锯片的刚度,从而能够改变锯片的固有频率和临界转速。利用激光强化产生的残余应力和相变应力,改变锯片的动态特性。

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。振动问题的存在,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问题是一个不容忽视的并且是一个普遍存在的问题。

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。激光强化锯片基体是激光强化的一个新的应

用,其强化效果主要由激光工艺参数决定(本文中采用的激光强化锯片基体的工艺参数为: $P=1.9\text{kW}$, $v=1\text{m/min}$, $D=6\text{mm}$)。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 3、图 4),由于激光加热后,表面硬度提高的同时,将产生一定的残余应力,这个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。

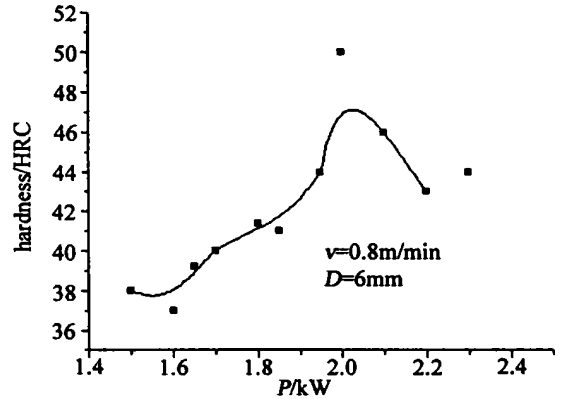


Fig. 3 The relation between power and hardness

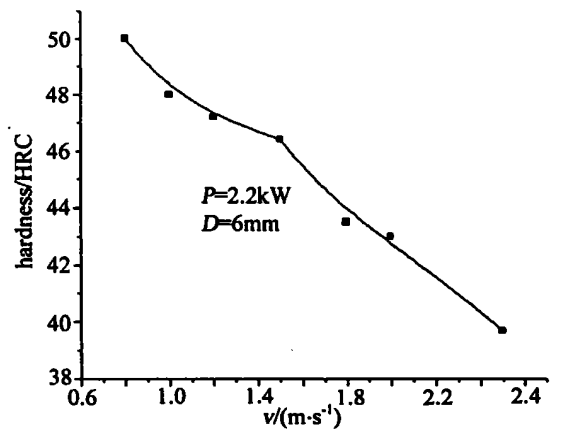


Fig. 4 The relation between velocity and hardness

从图 3、图 4 中可以看出激光各工艺参数与淬硬层硬度的关系。另外,在对锯片基体进行激光处

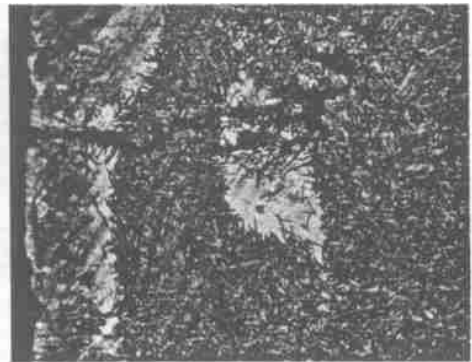


Fig. 5 Crack producing during laser hardening

$D=4\text{mm}$, $P=1.8\text{kW}$, $v=2.5\text{m/min}$ length of crack= 0.50mm

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,见图5。所以,在对锯片进行激光处理时,要合理选择激光工艺参数,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。

2.2 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 和厚度 δ 的比比较大;所以,锯片的振动比较剧烈,故轧件的切口宽度 B 比锯片厚度 δ 大。文献[3]中给出金属冷、热切圆锯片锯切轧件时 B 与 δ 、 D 的关系:

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

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

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

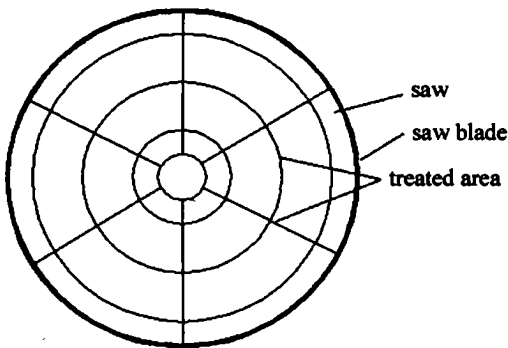


Fig. 6 The basal body of saw blade hardened by laser

锯片基体经激光处理后(激光强化锯片基体示意图如图6所示),由于产生了残余应力,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,能有效控制锯片的振动,经激光处理过的厚度为10mm的热切圆锯片,在锯切轧件时锯口断面整齐,冷至室温后测量锯口平均宽度为10.9mm(见图7),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



Fig. 7 H-beam incision (width = 10.9mm)

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。

3 结论

由于激光能量密度高,扫描速度快,温升和冷却极快,所以,使得激光淬火形成的淬硬层较薄、淬硬层组织晶粒比较细小,从而使得淬硬层硬度较高、耐磨性较好。因此,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) 激光淬火代替现有的高频淬火、碳精棒淬火是切实可行的。由于激光淬火工艺容易精确控制,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,减小了锯切过程中的切削阻力,也一定程度上减少了裂纹的生成。

(2) 锯片基体经激光强化处理产生的残余应力(表层是压应力,开始加热时,是热膨胀起主要作用,因此,基体表面是压应力,在冷却后是组织应力起主要作用,因为马氏体转变体积膨胀,产生压应力)能够改变锯片的振动特性,通过合理选择激光工艺参数对锯片基体进行强化,可以达到控制锯片振动的作用。

(3) 激光处理时,马氏体转变有先后;表层是马氏体,芯部是奥氏体,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;这些应力的作用会使基体产生裂纹,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,在进行放射状扫描时,应考虑扫描过程的先后。

(5) 激光技术应用于锯片生产中具有现实可行的意义。

参 考 文 献

- [1] 卜乐平,赵贵洲. 林业机械与木工设备, 1997(12): 4~6.
- [2] 赵民,刘鹏虎,冯志新 *et al.* 中国建材装备, 2000(1): 19~20.
- [3] 刘培镔. 重型机械, 1978(3), 17~41.