

西安（AMC）轧辊激光毛化机
（AMCLView 型）使用说明书

（AMCLView 型）

西安艾蒙希（AMC）科技有限公司

目 录

西安 (AMC) 轧辊激光毛化机使用说明书	1
(AMCLView 型) 系统组成简介	1
第一章 毛化设备简介	1
1 系统概述	1
2 钢带质量描述:	3
3 毛化机设备组成	3
4 脉冲激光器原理	4
4.1 YAG 脉冲激光器参数	4
4.2 YAG 脉冲激光器构成	5
4.3 YAG 脉冲激光器工作机理	5
4.4 微凸体激光毛化形貌形成的机理分析	6
5 毛化板形貌	7
6 脉冲串 YAG 激光毛化的应用工艺	7
7 脉冲串 YAG 激光毛化的优点	9
第二章 脉冲激光器工作能源介质及环境要求	10
1 电力要求	10
2 工作气体要求	10
2.1 激光器系统保护用气	10
2.2 毛化头主吹用气体	10
2.3 激光器及外光路冷却循环用水	10
2.4 工作条件	10
第三章 操作说明	11
1 概述	11
1.1 轧辊直径自动检测	11
1.2 激光毛化头自动对焦系统	11
1.3 HMI	11
第四章 现场实物	12
第五章 联系方式	13

西安（AMC）轧辊激光毛化机使用说明书

（ AMCLView 型 ）系统组成简介

第一章 毛化设备简介

1 系统概述

为了生产优质毛化冷轧薄板、优质涂镀板，企业需要对工作轧辊表面进行毛化处理。以往轧辊毛化的方法是喷丸处理，但难以精确控制轧辊表面的形貌和粗糙度，为了解决这一问题，西安艾蒙希科技有限公司于 2010 年成功开发出脉冲激光毛化轧辊技术及装备，目前该技术已成功应用于生产领域。

脉冲激光毛化技术可以精确控制所加工轧辊表面的形貌（PPI）和粗糙度（Ra），使轧制生产的激光毛面带钢具有优良的冲压成形性能和涂镀吸附性、涂漆亮度，其塑性变形能力有所改善，明显优于同材质的光面板和喷丸毛面板。激光毛化技术可以在毛化的同时，使激光作用区的材料获得超常硬度，给轧辊面带来超常的强韧化效果，延长轧辊使用寿命，一般激光毛化辊寿命是普通辊的 2~3 倍。此外激光毛化加工也可改善轧辊使用性能；由于优化摩擦条件，轧制时不易打滑和粘连，轧制速度可提高一倍以上；消除板卷退火粘结现象；甚至可用激光辊实现异步轧制。

由于激光器脉冲频率高、单脉冲串组能量大、激光功率高，因此能满足高加工效率、高粗糙度的生产要求。

其次，激光脉冲宽度在几十微秒量级，而且脉冲的峰值功率是千瓦量级（达 5KW 以上），容易通过吹气控制毛化点形貌。高能量脉冲组串聚焦后照射轧辊表面，轧辊表面被熔化，熔化的表面金属通过侧吹气体被吹出毛化坑，结果形成一个凹坑的同时形成一个环形凸台。该凸台的硬度很高，特别适合在冷轧带钢表面形成凹坑。

最后，每一个高能量脉冲组串的波形都是不一样的，因此每一个毛化点的形貌都不是完全相同的，可以避免激光毛化技术毛化点“有序”的特点。脉冲串 YAG 激光毛化设备加工的冷轧辊表面形貌如图 2 所示，从外观上更加接近“无

序”的电火花毛化外观,因此能生产出“有序+无序”的毛化点阵分布结构。国际上关于冷轧板毛化点阵形貌的最新研究结果表面,“有序+无序”的混合式表面形貌分布方式可以获得最好的板材质量,是未来高端冷轧薄板表面毛化点阵分布的发展方向。

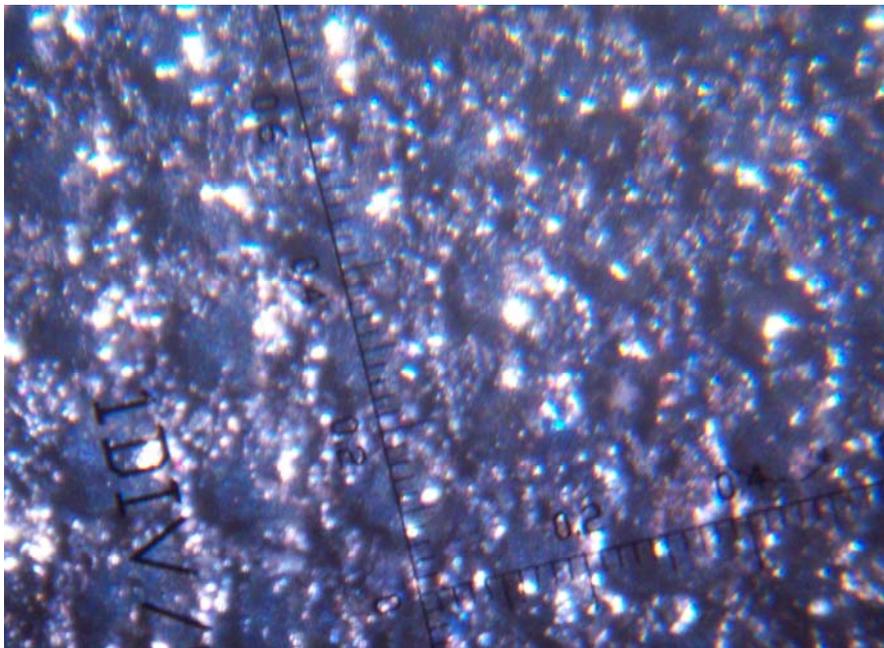


图1 典型的脉冲能量组串毛化效果

由于该激光毛化技术采用的是脉冲串 YAG 激光器作为光源,该设备的整机成本比高功率 CO₂ 激光毛化设备低,而与现有的声光调制 YAG 激光毛化设备相比,脉冲串 YAG 激光毛化技术具有加工效率高、粗糙度可调范围大、成本低、占地面积小、维护简单等优点;

1、用于平整机的工作辊。使带钢表面最终形成满足用户对粗糙度值、密度值以及其他特殊表面构造和形貌的要求。有利于带钢在再成形过程中的延伸冲压效果,减少冲压件表面划伤,保证冲压件均匀变形,减少模具受力及损耗。可根据用户的需要,生产出各种汽车用板、家电用板、轻工用板、防伪板、造币板、异面织构板、特制花纹板、激光乌泽板(Laser Matte Steel)等。

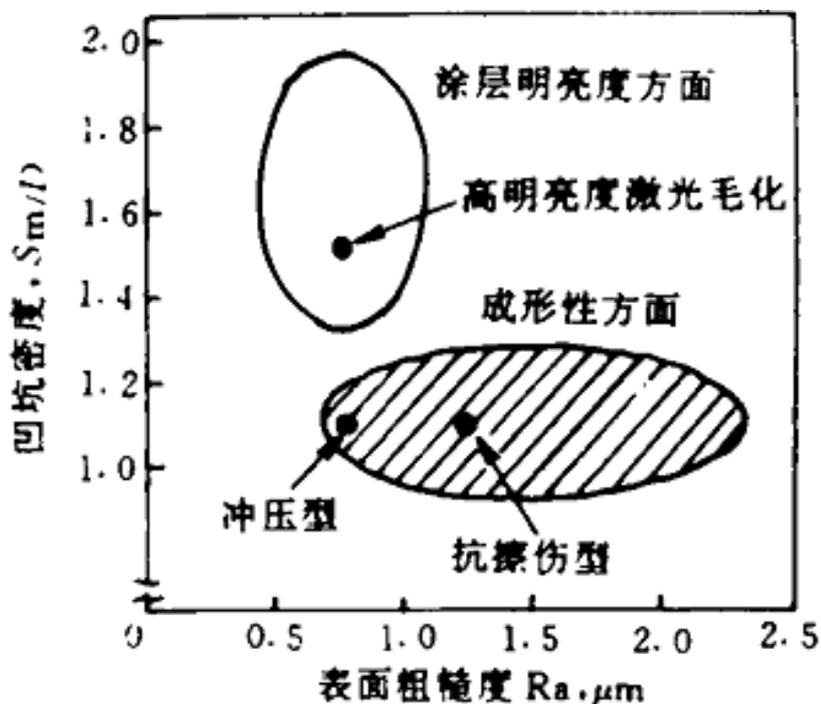
2、用于光整机轧辊使带钢在各种涂层或涂层工艺之前的表面毛化处理,以增加涂(镀)层物结合牢固度,减少涂(镀)层消耗,有效地提高涂(镀)层表面光洁度及反光鲜映度(DOI 值)。可根据用户的需要,生产出光亮板,激光镜面板 (Laser Mirror Steel)等。

3、用于冷轧机的工作辊。有利于带钢咬入、纠偏、边浪控制, 稳定轧制及板型控制。

4、用于冷连轧机组最后机架的工作辊, 或单机架轧机热处理前的板面毛化处理。有利于防止钢卷在热处理工艺中发生粘连。

2 钢带质量描述:

描述钢带质量有两个重要参数: Ra 和 PPI。Ra--表面粗糙度算术平均值; PPI--单位长度的峰值数。Ra 与 PPI 值的最佳结合决定了冷轧板的良好深冲性能和涂镀附着性。



从图上可以看出低粗糙度 Ra 和高密度(高 PPI 值)的冷轧板具有良好的冲压性能和抗擦伤性能。

由此可见, 不同的带钢要求不同的表面特征, 因此要获得不同表面特征的带钢, 对轧辊毛化是必不可少的一个环节。

3 毛化机设备组成

序号	名称	型号	单位	数量

1	高精度车床	型号视轧辊大小 决定	台	1
2	脉冲串 YAG 激光器	AMC500	件	1
3	激光和车床控制柜	AMCLView	件	1
4	激光电源控制柜	AMC300	套	1
5	变频冷水机		套	1

4 脉冲激光器原理

脉冲串 YAG 激光器是利用特殊设计的硬开关对连续半导体激光泵浦的 YAG 激光器进行 Q 调制，从而使 YAG 激光器在脉冲调制周期内产生一连串的脉冲串组，其中每个大脉冲串组由一连串很小的脉冲组成，一个脉冲串组聚焦后在轧辊上形成一个毛化点。脉冲串 YAG 激光器可获得高重复频率、高脉冲串组能量的脉冲串激光输出，因此特别适于冷轧辊表面毛化加工。

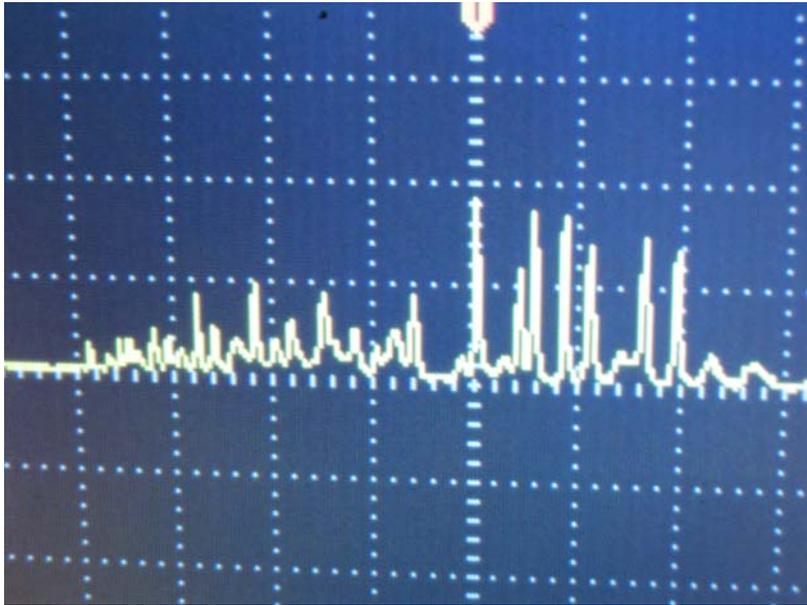


图 2. 脉冲串 YAG 激光脉冲波形

4.1 YAG 脉冲激光器参数

1) YAG 激光器由 2 个 300W 半导体泵浦激光模块串接和外光路系统、电源控制装置组成，脉冲激光最大平均功率 250W，峰值功率高达 5kW；波长 1.06 μ m。

2) 激光毛化工作频率： $f=2\sim 16\text{kHz}$ （可调）；

- 3) 聚焦光斑大小 0.12~0.3 mm 可调;
- 4) 辊面可毛化粗糙度范围 $Ra \leq 6\mu m$ (点阵密度 6×6 点/mm²);
- 5) 辊面毛化点密度范围: 线密度: 3~7 点/mm 或面密度: 9~49 点/mm² (可调);
- 6) 通过采用不同的脉冲调制盘, 激光毛化设备可以进行有序和无序毛化加工。
- 7) 激光器外形尺寸 (长×宽×高): 1000×350×300mm。



图 3. 脉冲串 YAG 激光器外形

4.2 YAG 脉冲激光器构成

YAG 脉冲激光器主要由固体激光器、扩束镜、聚焦镜、YAG 模块、斩光盘、谐振腔透镜灯构成。

4.3 YAG 脉冲激光器工作机理

我们知道: 激光是物质原子能量跃迁所产生。激光毛化是采用高能量脉冲激光束聚焦照射于轧辊表面, 利用激光束的高亮度在轧辊表面获得非常高的能量密度, 使激光聚焦处的轧辊表面加热、熔化并部分汽化, 形成毛化点。密度 ($104 - 106w/cm^2$)、重复频率 (每秒数千次至上万次) 的脉冲激光束聚焦照射到轧辊表面, 轧辊表面作旋转运动, 形成若干微小熔池, 辅以一定成分和压力的气体沿一定角度侧吹熔池中的熔融物, 使其按一定要求堆积到熔池边缘, 当光脉冲移开工作点后, 微坑熔融物靠轧辊自身热传导作用迅速冷却, 形成具有一定形貌的表面硬化的微坑和坑边凸台结构。同时, 激光脉冲束以一定速度沿轧辊轴向作匀速

运动，速度的快慢可调，在整个辊面形成相变刚性质点（毛化坑和坑边凸台）。

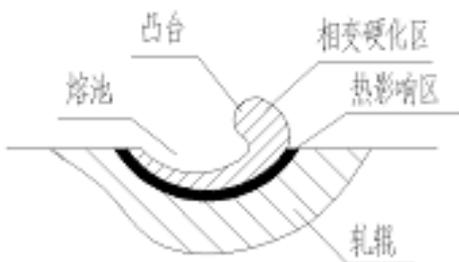


图4 半导体激光毛化微坑和坑边凸台

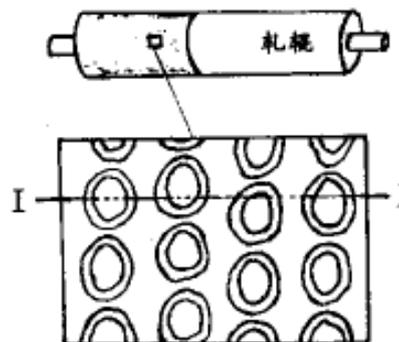


图5 轧辊面上的微坑和硬质点
I—I

4.4 微凸体激光毛化形貌形成的机理分析

目前，激光毛化轧辊表面主要为“火山口”形貌，如图下图所示。

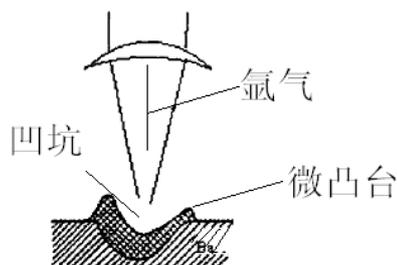


图6 半导体激光毛化微凸台形貌

实践证明该种形貌轧辊轧制的带钢表面形貌得到很大提高。在轧辊表面制备具有一定耐磨性和硬度的微凸体形貌，其关键因素在于以下几个方面。

1. 激光功率密度和作用时间

微凸体形貌形成的一个前提条件是：必须在表面形成一定的金属熔池，但激光能量不能过大，以免金属溶液的对流增加或出现气化现象，不利于微凸体的形成。一般激光功率密度为 $33\text{kW/cm}^2 \leq \rho \leq 75\text{kW/cm}^2$

2. 辅助气体的选择

对要制备的微凸体形貌，氧气是不利的。辅助气体应该选择为难于与熔化金属发生化学反应的惰性气体。而且通过辅助气体的压力作用，促使金属向周边流动。一般采用的惰性气体为氮气。

3. 熔凝过程金属的金相结构转变

由于熔化金属的冷却速度极快，有利于金属转变为马氏体组织。虽然马氏体的化学成分与母相的奥氏体化学成分相同，但是二者的体积不一样，即转变为马氏体后产生体积的膨胀，因此在熔池中形成凸起形貌。

4. 轧辊材料的影响

合金元素（Cr）对熔池中溶液的黏度有很大影响。

5 毛化板形貌

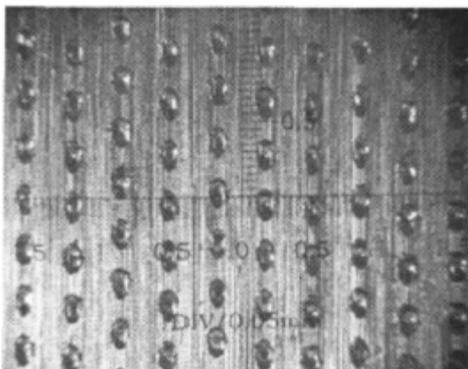


图7 斩光式 CO₂ 激光毛化形貌

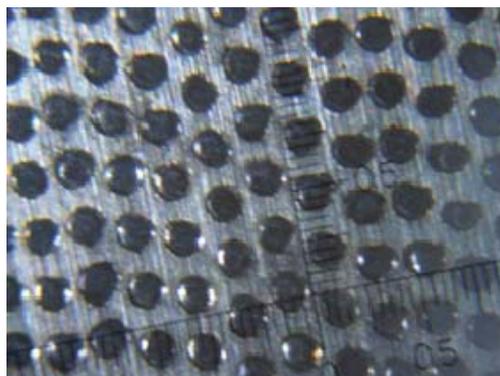


图8 多棱镜分光式 CO₂ 激光毛化貌

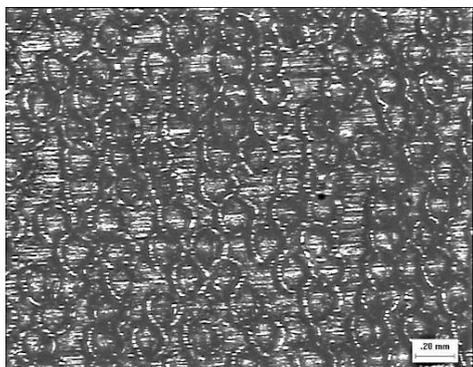


图9 声光调制式 YAG 激光毛化形貌

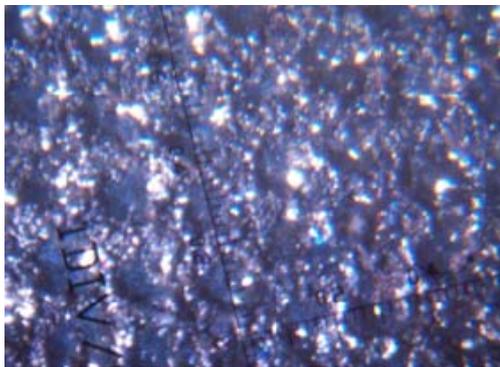


图10 脉冲串 YAG 激光毛化形貌

6 脉冲串 YAG 激光毛化的应用工艺

在不同的使用需求条件下，客户对激光毛化板的工艺要求有较大差别。在家电板和汽车板等高端板材中， $Ra=0.9\sim 1.2\mu m$ ， $PPI=110140(4\times 4\sim 6\times 6/mm^2)$ ，这主要是同时考虑钢板的深冲性能和涂覆性能。而在门板和防腐蚀的板材用途中，通常更侧重于提高钢板的涂覆性能，因此每个毛化点的深度会更高。图11为家电板中的毛化钢板及其表面粗糙度曲线，图12为高涂覆性能要求的毛化钢

板及相应的表面粗糙度曲线。



图11. 家电毛化板及表面粗糙度曲线

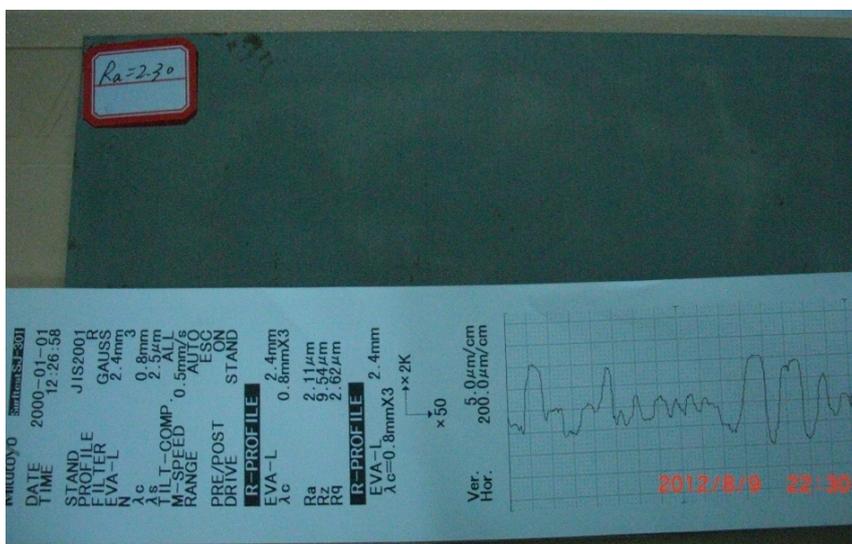


图 12.高涂覆性能要求毛化板及表面粗糙度曲线

根据市场上在高端家电板及高涂覆性能要求毛化板两个产品的工艺要求，采用脉冲串 YAG 激光毛化设备对上述两类产品对应的辊辊表面进行加工的工艺要求应该做出适当调整。对于高端家电板，辊辊表面的粗糙度通常在 $3.0\sim 4.0\mu\text{m}$ 之间，点阵密度为 6×6 点/ mm^2 ，而本单位的脉冲串 YAG 激光器功率裕量很足，可采用 15kHz 的脉冲频率进行加工，激光毛化加工时激光功率使用在总功率的 60%左右。对于涂覆能力要求高的门板，则要求每个毛化点的深度较深，因此激光器对应的单脉冲能量要比较大，则需要适当地加大激光功率，同时降低激光输出频率；考虑到激光器的长期稳定，激光器的工作功率在总功率的 70%~80%之间，激光脉冲频率在 $10\text{kHz}\sim 16\text{kHz}$ 之间(具体根据实际工艺进行调整)， $4\times 4\sim 5\times 5$

点/mm² 之间。根据实际生产轧辊型号为 $\Phi 450 \times 1200\text{mm}$ ，因此实际生产应用中的工艺参数如下表所示。

板材用途	轧辊尺寸 /mm ²	点阵密度 /(点/mm ²)	粗糙度范围 / μm	脉冲频率 /kHz	时间/min
家电板	$\Phi 450$	6×6	0.5~6	14.4	72
门板	\times 1200	5×5	0.5~6	10~12	60~72

7 脉冲串 YAG 激光毛化的优点

- 1)加工效率高:** 该 YAG 激光毛化设备脉冲频率高达 15kHz，其加工效率远高于传统的声光调制式 YAG 激光毛化设备，而与单头 CO₂ 激光毛化设备的加工效率基本相当。
- 2)粗糙度可调范围高:** 与传统的声光调制式 YAG 激光毛化设备相比，该 YAG 激光毛化设备的粗糙度可调范围高，能同时实现高加工效率、高粗糙度的加工。
- 3)粗糙度均匀性高:** 该 YAG 激光毛化设备是国际上迄今为止唯一能实现激光器与机床一体化的激光毛化设备，彻底解决了原有设备飞行光路引起的轧辊辊面粗糙度出现偏差的问题。
- 4)占地面积小:** 该 YAG 激光毛化设备实现了激光器与机床的一体化，从而使设备占用的面积大大减小。
- 5)成本低:** 与 CO₂ 激光毛化设备及传统的声光调制式 YAG 激光毛化设备相比，脉冲串 YAG 激光毛化设备的成本和运营成本都更低。
- 6)维护简单:** 该设备实现激光器和机床一体化，设备的光路系统稳定性大大提高，因此维护非常简单。

第二章 脉冲激光器工作能源介质及环境要求

1 电力要求

激光器 最大功率 4.5kW，供电要求：二相 220V，50Hz

冷水机组 最大功率 3.6kW，供电要求：三相 380V，50Hz

2 工作气体要求

2.1 激光器系统保护用气

正常工作时用普通 N2 气或管道 N2 气，消耗为 100 升/小时，压力 0.2bar，工作压力为：0.02bar/cm²

2.2 毛化头主吹用气体

正常工作时用普通 N2、管道 N2 或过滤压缩空气。但采用压缩空气可能影响轧辊寿命。

工作压力：0.5bar / cm²

2.3 激光器及外光路冷却循环用水

水质要求：纯净水或去离子水 17L。

水量消耗：每月一次。

2.4 工作条件

环境温度	0-40℃	
空气湿度	30%-95%（无冷凝水）	
耐压	AC 1500V	全部端子和接地端子之间
绝缘电阻	DC 500V 欧姆表量 在 5MΩ 以上	
工作环境	不可有腐蚀性、可燃性气体及导电性尘埃	

第三章 操作说明

1 概述

激光毛化设备的控制系统主要由数控单元(CNC)、轧辊毛化机床、激光系统、制冷系统和辅助系统等部分组成。系统操作采用高度自动化模式,操作人员只需将需毛化的粗糙度值以及毛化所需密度值输入系统,系统即能自动计算其他参数,并实现自动控制进行加工(即一键式操作模式)。

控制系统采用全集成自动化的解决方案。它是用总线网络将 CNC、伺服单元控制、激光系统控制、冷却系统、轧辊工装自动检测及辅助系统控制链接起来,以满足宽范围的不同性能和应用的要求。先进的计算机控制可提高整个系统的抗干扰能力,实现高的可靠性。数控系统通过总线控制伺服主轴单元,以驱动主轴伺服电机;控制纵向和横向交流伺服电机的进给;以及装置开关量的控制、检测、指示和报警。

1.1 轧辊直径自动检测

主要由装在毛化头上的接触式位移传感器测头和数控系统(CNC)构成。采用先检测、后毛化的工作方式。

轧辊直径自动检测系统轧辊吊装上床后,数控系统驱动纵向 Z 轴和横向 X 轴的伺服电机进给,通过安装在毛化头上的位移传感器自动选择若干检测点,来检测轧辊安装位置。

1.2 激光毛化头自动对焦系统

它能保证准确对焦,使设备能够自动运行,进行激光毛化。其主要工作原理是:数控系统(CNC)控制纵向和横向伺服电机的进给,通过安装在毛化头上的位移传感器对轧辊(横向)进行检测。系统自动对检测后的数据进行处理,进而控制聚焦轴,达到精确对焦,以满足激光毛化加工的要求。

1.3 HMI

HMI 系统操作平台高度集成,便于操作人员方便的进行激光器功率调节、激光束精确对焦以及其他加工操作。

第四章 现场实物



图 13 轧辊毛化机控制系统

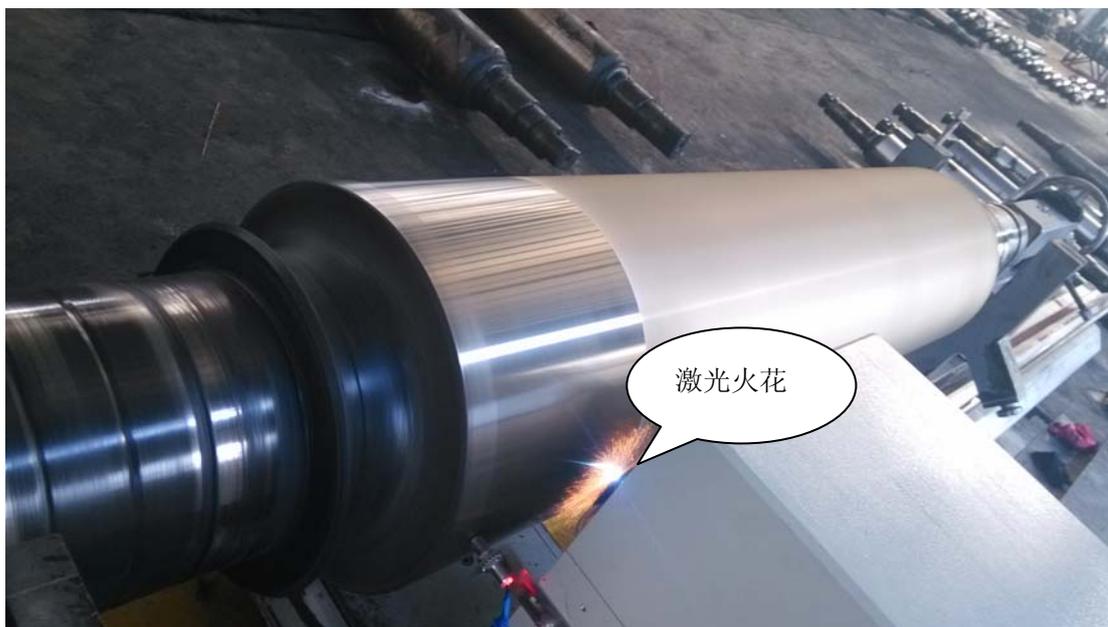


图 14 轧辊毛化机毛化工作状态

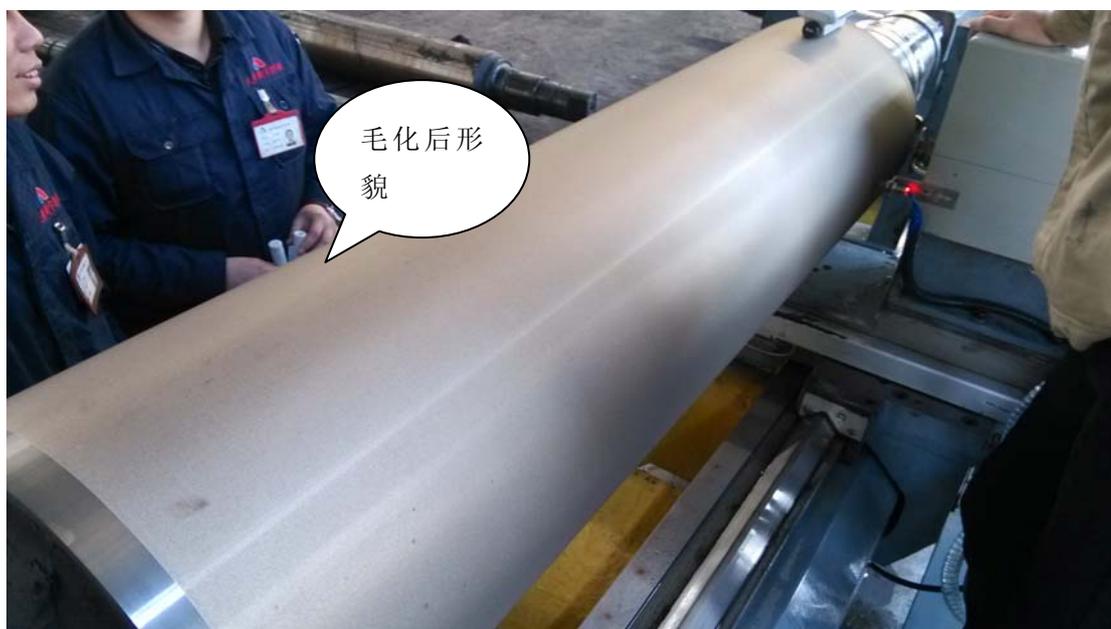


图 15 轧辊毛化后工人观测形貌

第五章 联系方式

邮编： 710065

地址： 西安高新区唐延路 35 号旺座现代城 E1804 室

西安艾蒙希科技有限公司

电话： 029-88341056 88341050 或 13630252518

传真： 029-88811805/84505155

联系人： 杨先生、钱女士

电邮： info@amctech.com.cn

网址： <http://www.amctech.com.cn>