

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl⁷

B23K 26/08

B21B 27/02



[12] 发明专利说明书

[21] ZL 专利号 00128272.7

[45] 授权公告日 2004 年 2 月 4 日

[11] 授权公告号 CN 1137012C

[22] 申请日 2000.12.14 [21] 申请号 00128272.7

[71] 专利权人 中国科学院力学研究所

地址 100080 北京市海淀区中关村路 15 号

[72] 发明人 彭林华 杨明江

审查员 吴坤军

[74] 专利代理机构 上海智信专利代理有限公司

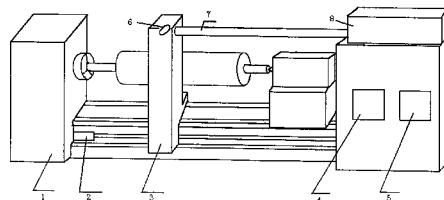
代理人 高存秀

权利要求书 3 页 说明书 8 页 附图 4 页

[54] 发明名称 采用高频脉冲激光对热轧辊强化的系统及强化方法

[57] 摘要

本发明涉及采用高频脉冲激光对热轧辊强化的系统及强化方法，包括一双导轨数控机床，激光器和光路、辅助气体机构、具有 CCD 监视功能的控制部分和辊面跟随部分。强化方法包括选择激光功率在 300 – 500W、脉冲宽度 (100 μ s – 1000 μ s)，加工时的离焦量在 -100 μ m 至 100 μ m 之间、机床旋转速度在 0 – 1000 转/分范围，启动计算机，打开光闸和气阀开关，系统将自动对轧辊进行处理。该方法由于采用激光器的脉宽由微秒量级连续变化到毫秒量级，因此，处理的硬化层深度可达几百微米，硬度可达 HRc66 以上。



I S S N 1 0 0 8 - 4 2 7 4

1、一种采用高频脉冲激光对热轧辊强化的系统，包括一双导轨数控机床，激光器和光路、辅助气体机构、具有 CCD 监视功能的控制部分，其特征在于：所述的双导轨数控机床是一主轴采用变频调速电机的机床；在机床头侧安一伺服电机（2），一根丝杠（36）通过两个轴承分别与机床头（1）和机床尾固定，伺服电机（2）和丝杠（36）通过连轴节（33）相联；一呈 L 形状、底座带 V 形槽的移动架（3），其底座与机床的导轨滑配，移动架（3）通过螺母（35）与丝杠（36）相配，丝杠（18）固定在工作台（22）上，伺服电机（19）和丝杠（18）通过连轴节相联，伺服电机（19）与计算机（5）电联结；滑台（17）和工作台（22）的导轨滑配，工作台（22）用螺钉固定在移动架（3）上；滑台（17）和螺母通过螺钉固定；所述的激光器（8）和光路是由垂直安置在移动架（3）前方的激光器、镜组（9）、聚焦单元构成的光路；其中移动架（3）上方安置一 45°全反镜（6）、移动架（3）下方按顺序安置一 45°全反镜（14、10）、一个聚焦单元固定在滑台（17）上，反射光经安装在滑台（17）上、安装在保护镜筒（20）内的两块激光聚焦镜组（9）聚焦而会聚在轧辊表面，保护镜筒（20）的出口端安有一保护镜片（25）；夹具（27）上固定一辅助气体机构；为 CCD 成像提供光源的照明机构由一 45°反射镜（10）、45°反射镜（14）、光阑（15）、射灯（16）构成。

2、按权利要求 1 所述的一种采用高频脉冲激光对热轧辊强化的系统，其特征在于：还包括一辊面跟随部分，所述的辊面跟随部分是一电感式传感器（26）穿过一小孔（31）用螺母固定在夹具（27）上，夹具（27）置固定在滑台（17）上；电感式传感器（26）与工控机（5）电连接，它把聚焦镜与轧辊之间的距离转为电信号输入工控机（5），工控机（5）对信号进行处理后，驱动聚焦镜自动聚焦，以实现对轧辊的处理。

3、按权利要求 1 或 2 所述的一种采用高频脉冲激光对热轧辊强化的系统，其特征在于：所述的辅助气体机构包括：一夹具（27），用螺钉与滑台（17）相连，夹具（27）的面板上有一大孔（29），大孔（29）内车有螺纹，聚焦镜组（9）安装在保护镜筒（20）内，它通过大孔（29）内螺纹与夹具固定，一用于喷射工作气体的气嘴穿过夹具面板上的小孔通过螺纹与夹具（27）相连，气嘴（23）穿过夹具（27）

的面板上的小孔（32），气嘴（23）前端为喷嘴，后端通过软管连在工作气体气缸上；一用于喷射保护气体的气嘴（24）通过螺纹与保护镜筒（20）相连，后端通过软管联在保护气体气缸上。

4、按权利要求 1 或 2 所述的一种采用高频脉冲激光对热轧辊强化的系统，其特征在于：还包括在光路上安置一密封光路保护套（7），所述的密封光路保护套（7）由一根小不锈钢管的一端固定在移动架（3），另一端与密封橡胶圈套在大不锈钢管里，大不锈钢管的另一端固定在激光器（8）上。

5、按权利要求 1 或 2 所述的一种采用高频脉冲激光对热轧辊强化的系统，其特征在于：还包括一 CCD 成像光路，所述的 CCD 成像光路由作为 CCD 摄像头成像用的前置物镜的聚焦镜（9）、采用通常的变倍结构多组镜片构成的镜组（11）、CCD 成像目镜（12）、CCD 摄像头（13）、YAG 激光 45°全反镜片（10）构成。

6、按权利要求 1 或 2 所述的一种采用高频脉冲激光对热轧辊强化的系统，其特征在于：所述的激光器（6），采用调 Q 后的具有重复脉冲频率为 1HK -2HK 、功率 300W-500W 的激光器。

7、按权利要求 1 或 2 所述的一种采用高频脉冲激光对热轧辊强化的系统，其特征在于：所述的保护镜筒（20）的出口端安有一保护镜片（25），该保护镜片（25）两面镀有 YAG 激光增透膜。

8、一种使用权利要求 1 所述的采用高频脉冲激光对热轧辊强化的系统进行强化方法，包括以下步骤：

(1) 用清洗干净的轧辊装上机床后，检查机床机械精度，圆周方向跳动应小于 0.1mm，轴向偏斜度应小于 0.1mm；

(2) 打开激光器，选择激光功率在 300W-500W 范围内；

(3) 打开计算机，运行热轧辊强化控制程序；

(4) 设定好加工时的离焦量，一般在 -100μm 至 100μm 之间；

(5) 设定好机床旋转速度，其旋转速度在 0-1000 转/分范围内连续可调，其强化点圆周方向间距和轴向方向间距在 0.2mm-0.5mm 范围内选择；

(6) 按下启动按钮，计算机将启动机床，打开光闸和工作气体和保护气体的气阀开关；激光器的功率密度为 $10^5 \text{ W/cm}^2 - 10^7 \text{ W/cm}^2$ 、脉冲宽度为 $100\mu\text{s} - 1000\mu\text{s}$ 、气压根据需要在 0-3 个大气压内调节；系统将自动对轧辊进行处理，处理到设定的长度后，计算机将关闭光闸，关闭气阀，停止机床转动，处理完毕。

9、一种使用权利要求 2 所述的采用高频脉冲激光对热轧辊强化的系统进行强

化的方法，其特征在于：包括以下步骤：

- (1) 用清洗干净的轧辊装上机床后，检查机床机械精度，圆周方向跳动应小于 0.1mm，轴向偏斜度应小于 0.1mm；
- (2) 打开激光器，选择激光功率在 300W-500W 范围内；
- (3) 打开计算机，运行热轧辊强化控制程序；
- (4) 设定好加工时的离焦量，一般在 -100μm 至 100μm 之间；
- (5) 设定好机床旋转速度，其旋转速度在 0-1000 转/分范围内连续可调，强化点圆周方向间距和轴向方向间距在 0.2mm-0.5mm 范围内选择；
- (6) 按下启动按钮，计算机将启动机床，同时启用辊形跟随部分，打开光闸和工作气体和保护气体的气阀开关；激光器的功率密度为 10^5 W/cm^2 - 10^7 W/cm^2 、脉冲宽度为 100μs-1000μs、气压根据需要在 0-3 个大气压内调节；系统将自动对轧辊进行处理，处理到设定的长度后，计算机将关闭光闸，关闭气阀，停止机床转动，处理完毕。

10、按权利要求 8 或 9 所述的采用高频脉冲激光对热轧辊强化的系统进行强化的方法，其特征在于：所使用的工作气体包括氮气、压缩空气。

采用高频脉冲激光对热轧辊强化的系统及强化方法

技术领域

本发明涉及一种对热轧辊强化的系统及强化方法，特别是涉及一种采用高频脉冲激光对热轧辊强化的系统及强化方法。

背景技术

随着我国国民经济的发展，对钢铁的需求也越来越大，自 1997 年以来我国的年钢产量已突破 1.2 亿吨，连年来占据世界第一钢铁大国的位置。由此带来的轧辊损耗也很大，每年达数亿元。由于钢材轧制时温度一般在 1000°C 左右，所以要求轧辊在较高的温度下具有一定的强度和韧性，以及较高的耐磨性，通常的强化方法难以奏效。同时，为了控制每吨钢的生产成本，要求每吨钢的轧辊损耗在一定范围以内，例如，对于线材一般要求每吨钢 5 元，所以轧辊处理的方法必须经济有效才行。因而研究一种经济有效的方法对热轧辊进行强化处理，对于冶金系统降低轧辊损耗，提高产品质量，是有很大的意义的。

如何对热轧辊处理的方法目前没有成熟的方法，但是用 YAG 激光处理冷轧辊系统，如中国专利号：92113223.9，发明名称：高重频调制多脉冲 YAG 激光刻花系统及加工方法所介绍的，它的主要原理是采用声光调 Q YAG 激光器，对激光脉冲进行编组、变频以对材料表面进行加工。该装置采用一数控机床，工件装在机床的夹具上，在电机驱动下沿 Y 轴移动，在它的垂直方向 X 方向上聚焦头在另一电机驱动下沿 X 方向移动，以实现对平面件的加工，如果 Y 轴为旋转件，也可实现对轧辊加工。它的激光脉冲能量小，只有几 mJ ，脉宽小，1 微秒左右，所以激光作用区小，约 20 微米左右，不能用在热轧辊上。

发明内容

本发明的目的在于克服已有技术的装置是一种通用轧辊刻花机床，而不是专用轧辊强化加工的机床，因此，它不能实现自动控制，并且轧辊强化加工的深度不够的缺点；进一步为了克服已有技术的装置只能处理通常平直轧辊的单一性缺点；为了实现对异型材进行热轧辊强化，从而提供一种操作方便、成本低的采用高频脉冲激光对热轧辊强化的系统。

本发明的目的是这样实现的：本发明提供的一种采用高频脉冲激光对热轧辊强

化的系统，包括一双导轨数控机床，激光器和光路、辅助气体机构、具有 CCD 监视功能的控制部分，其特征在于：所述的双导轨数控机床是一主轴采用变频调速电机的机床；在机床头侧安一伺服电机，机床头和尾之间安装有一根丝杠，丝杠通过两个轴承分别与机床头和机床尾固定，伺服电机和丝杠通过连轴节相联；一呈 L 形状、底座带 V 形槽的移动架（3），其底座与机床的导轨滑配，移动架（3）通过螺母（35）与丝杠（36）相配，丝杠（18）固定在工作台（22）上，伺服电机（19）和丝杠（18）通过连轴节相联，伺服电机（19）与计算机（5）电联结；滑台（17）和工作台（22）的导轨滑配，工作台（22）用螺钉固定在移动架（3）上；滑台（17）和螺母通过螺钉固定；由此移动架通过丝杠沿 Z 轴方向（轧辊轴向）的移动；移动架的移动速度由计算机控制的伺服电机决定。

所述的激光器可采用调 Q 后的具有重复脉冲频率为 1-2k、功率 300W-500W 的连续脉冲激光器，垂直安置在移动架的前方，和镜组、聚焦单元构成的光路；其中移动架上方安置一 45°全反镜、移动架下方按顺序安置一 45°全反镜、固定在一个滑台上的聚焦单元，反射后的光入射聚焦镜组会聚在轧辊表面，对轧辊进行加工；滑台和小工作台的导轨滑配，小工作台用螺钉固定在移动架上；滑台和螺母通过螺钉固定，伺服电机用联轴节和控制丝杠相连，这样通过控制伺服电机就可以控制滑台的沿 X 方向（轧辊径向）移动速度和位置，以实现对不同直径的轧辊进行处理，其传动原理和移动架相似；两块聚焦镜组成聚焦镜组，它的另一个作用是作为 CCD 成像用的前置物镜，与另一物镜组统一构成 CCD 成像的物镜系统，其优点在于物镜组之间的距离在设计范围内任意改变，而不至于对成像清晰度造成影响。这一镜组是 CCD 成像的后置镜组，采用通常的变倍结构，即由多组镜片组成，改变各镜片的位置可以通过 CCD 在监视器上获得放大倍数不同的图像。还有一镜组是 CCD 成像目镜。YAG 激光 45°全反镜片对可见光有半透半反的作用。聚焦镜组、CCD 后置物镜组、CCD 成像目镜、CCD 摄像头一起构成成像系统光路，将轧辊表面形貌放大成像于 CCD 像元上，视频信号被送到监视器上，用来对加工过程进行实时监测。射灯为 CCD 成像提供可见光照明源，镜片为可见光 45°全反镜，它上、下两面镀有 YAG 激光增透膜，对 YAG 激光有全透过作用。两块 45°反射镜、光阑射灯构成照明机构，为 CCD 成像提供光源。一保护镜筒，其后部装有保护镜片，避免加工过程中产生的脏物污染镜组。

辅助气体结构：一夹具用螺钉与滑台相连，可随滑台前后移动。夹具面板上有一大孔，大孔内车有螺纹，聚焦镜组安装在保护镜筒内，它通过大孔内螺纹与夹具

固定。一用于喷射工作气体的气嘴穿过夹具面板上的小孔，用螺母固定在夹具上，气嘴前端为喷嘴，后端通过软管连在工作气体气缸上；气嘴吹气角度可调节，工作气体喷射在激光作用区域。另一用于喷射保护气体的气嘴通过螺纹配合固定在保护镜筒上，气嘴前端为喷嘴，后端通过软管联在保护气体气缸上。气嘴喷射保护气体，可用压缩空气，目的是防尘和冷却镜片。保护镜筒内有一保护镜片，它两面镀有 YAG 激光增透膜。

还包括一辊面跟随部分，是一传感器穿过夹具面板上的另一小孔用螺母固定在一夹具上，这一夹具固定在一滑台上；传感器与工控机电连接，它把聚焦镜与轧辊之间的距离转为电信号输入工控机，工控机对信号进行处理后，驱动聚焦镜自动聚焦，以实现对轧辊的处理。传感器可以是电感式传感器。

控制系统：由工控机、控制卡和图像采集卡组成。通过程序编制可以实现对轧辊的智能化加工。控制系统方框图如图 6 所示。

其基本原理是这样的：如图 6 所示，先设定加工的离焦量，一般为负 100 μm 到正 100 μm ，再加上聚焦镜的焦距，一般为 60mm-120mm，视加工需要而定。它们之和为设定的聚焦镜至辊面的距离，它与传感器实测的距离进行比较，结果送到计算机，当距离之差超过 10 μm ，计算机给信号给电动机 19，驱动聚焦镜 9 至合适的位置，使聚焦镜至辊面的位置为设定值。

使用本发明的采用高频脉冲激光对热轧辊强化的系统进行强化的方法，包括以下步骤：

1. 用清洗干净的轧辊装上机床后，检查机床机械精度。圆周方向跳动应小于 0.1mm，轴向偏斜度应小于 0.1mm；
2. 打开激光器，选择激光功率，一般在 300W-500W 范围内均可，如果要求激光处理的硬化区较厚，可以选择较高的功率；
3. 打开计算机，运行热轧辊强化控制程序；
4. 设定好加工时的离焦量，一般在 -100 μm 至 100 μm 之间；
5. 设定好机床旋转速度，其旋转速度在 0-1000 转/分范围内连续可调，较佳的旋转速度选择在 50-400 转/分范围内；其强化点圆周方向间距和轴向方向间距，在 0.2mm-0.5mm 范围内选择；
6. 按下启动按钮，计算机将启动机床，打开光闸和气阀开关，系统将自动对轧辊进行处理，处理到设定的长度后，计算机将关闭光闸，关闭气阀，停止机床转动，处理完毕；

7. 工作气体可用氮气。也可以用压缩空气，气压可以根据需要在 0-3 个大气压内调节。

还包括上述的正规辊形的轧辊的加工程序，对于凸形辊和凹形辊的异性材加工必须启用辊形跟随部分，然后按照上述程序进行操作。

本发明提供的一种采用高频脉冲激光对热轧辊强化的系统和进行强化方法具有以下优点：

1、由于采用调 Q 后的具有重复脉冲频率为 1-2k、功率 300W-500W 的连续脉冲激光器，激光脉冲的脉宽可以由微秒量级连续变化到毫秒量级，脉冲能量可以由几毫焦连续变化到几百毫焦，这样激光强化处理轧辊的硬化层深度由几微米增加到几百微米，硬度可达 HRc66 以上（图 8），该装置可以广泛应用于对轧辊、模具、轴承等工件强化处理。

由于钢铁对 CO₂ 激光的吸收率小，通常 CO₂ 热处理都要在工件表面发黑等预处理，工艺复杂，且大功率 CO₂ 激光处理，热沉积大，工件易变形开裂等。YAG 脉冲激光功率密度高，可以用小功率的激光器（500W）实现大功率的 CO₂ 激光器（5000W）的处理效果，用户投资小效益高。同时由于钢铁对 YAG 激光的吸收好，处理前不用进行预处理，工艺简单，便于实现自动化。本发明相对于普通电源调制式 YAG 激光具有加工速度快的特点，一般电源调制式 YAG 激光脉冲频率只有几十次，只能用于小型工件的处理，本发明的激光脉冲频率可达数千次，是前者的几十倍，可用于对大型轧辊的处理。

2、本发明的强化方法对轧辊进行分布式处理（图 7），通过调节激光功率密度和强化点分布参数，可以减小轧辊变形和开裂倾向，控制微裂纹的产生，可以用来处理最后几架次的轧辊，轧辊处理后可直接用于生产，能显著提高热轧辊寿命，同时改善产品质量。热轧线材辊经过处理后，寿命提高 50%，产品质量得到了明显的改善，同时降低了工人的劳动强度。

3、本发明的装置和方法可以用来对异型辊的加工。对于线材辊等辊面形状规则的工件，可以把它的形状尺寸输入计算机，设定好离焦量，功率密度，分布参数，气压等工艺参数后，系统将会自动对其进行处理。对于形状不规则的凹形辊或凸形辊，可以启动辊形自动跟踪系统，设定好离焦量等工艺参数后，系统将会自动跟踪辊形，进行加工。

4、本发明的装置采用双气路系统：气嘴喷吹压缩空气，用来对聚焦镜组进行保护，主要有防尘、冷却镜片的作用。气路喷吹工作气体，吹向激光照射轧辊时所

形成的熔池，吹气的角度可以根据需要调节，气体的有压缩空气、氩气、氧气等，根据工艺需要进行选择，有造型、保护、助熔等作用。

附图说明

下面结合附图和实施例对本发明进行详细说明：

图 1 是本发明的结构示意图

图 2 是本发明的移动架传动示意图

图 3 是本发明的光路示意图

图 4 是本发明的辅助气体气路示意图

图 5 是本发明的夹具示意图

图 6 是本发明的控制系统示意图

图 7 是采用本发明的装置进行分布式处理后轧辊表面形貌

图 8 是采用本发明的装置进行分布式处理后轧辊的显微组织及显微硬度。

图面说明如下：

1. 机床头	2. 伺服电机	3. 移动架	4. 监视器	5. 工控机
6. 45°全反镜	7. 密封光路	8. 激光器	9. 聚焦镜	10. 45°全反镜
11. CCD 成像后置物镜组		12. CCD 成像目镜		13. CCD 摄像头
14. 可见光 45° 全反镜		15. 光阑	16. 照明射灯	17. 滑台
18. 丝杠	19. 直流电机	20. 保护镜筒	21. 丝杠螺母	22. 工作台
23. 工作气体气嘴		24. 保护气体气嘴		25. 保护镜片
26. 传感器	27. 夹具	28. 螺钉孔	29. 大孔	30. 螺钉孔
31. 小孔	32. 传感器固定孔	33. 联轴节	34. 37. 轴承	
35. 丝杠螺母	36. 丝杠			

具体实施方式

实施例 1

本实施例按图 1-3 制作的一种采用高频脉冲激光对热轧辊强化的系统，包括一主轴采用变频调速电机 2 双导轨简易数控机床，在机床头 1 侧安一伺服电机 2，机床头 1 和尾之间安装有一根丝杠，丝杠通过两个轴承分别与机床头 1 和机床尾固定，伺服电机 2 和丝杠 36 通过连轴节 33 相联。移动架 3 与机床的导轨滑配，通过螺母与丝杠 36 相配，由此通过丝杠 36 转动，移动架 3 沿 Z 轴方向（轧辊轴向）的移动；移动架 3 的移动速度由伺服电机 2 决定，通过计算机 5 进行控制；图 2 为移动架传动示意图。激光器 8 采用调 Q 后的具有重复脉冲频率为 1-2k、功率 300W-500W 的连续脉冲激光器，垂直安置在移动架 3 的前方，和镜组、聚焦单元构成的光路；其中移动架 3 上方安置一 45°全反镜 6、移动架 3 下方按顺序安置一 45°全反镜 14、10、

一个聚焦单元固定在滑台 17 上，反射光经安装在滑台 17 上、安装在保护镜筒 20 内的两块激光聚焦镜组 9 聚焦而会聚在轧辊表面，所述的聚焦单元是固定在移动架 3 上，随移动架沿 z 轴移动，移动架 3 是由伺服电机 2 通过丝杠 36 驱动的。聚焦系统如图 3 所示，镜组 9 为 YAG 激光的聚焦镜，滑台 17 和工作台 22 的导轨滑配，工作台 22 用螺钉固定在移动架上；直流电机 19 用联轴节和控制丝杠 18 相连，这样通过控制直流电机 19 就可以控制滑台 22 的沿 X 方向（轧辊径向）移动速度和位置，以实现对不同直径的轧辊进行处理，其传动原理和移动架 3 相似，参考图 2。聚焦镜组 9 的另一个作用是作为 CCD 成像用的前置物镜 11，与前置物镜 11 统一构成 CCD 成像的物镜系统，其优点在于物镜组 9、11 之间的距离在设计范围内任意改变，而不至于对成像清晰度造成影响。镜组 11 是 CCD 成像的后置镜组，采用通常的变倍结构，即由多组镜片组成，改变各镜片的位置可以通过 CCD 在监视器上获得放大倍数不同的图像。镜片 10 是 YAG 激光 45° 全反镜片、对可见光有半透半反的作用，聚焦镜组 9、CCD 后置物镜组 11、CCD 成像目镜 12、CCD 摄像头 13 一起构成成像系统，将轧辊表面形貌放大成像于 CCD 像元上，视频信号被送到监视器 4 上，用来对加工过程进行实时监测。16 是射灯，为 CCD 成像提供可见光照明源，镜片 14 为可见光 45° 全反镜，它上、下，对 YAG 激光有全透过作用。 45° 反射镜 10、 45° 反射镜 14、光阑 15、射灯 16 构成照明系统，为 CCD 成像提供光源。一保护镜筒 20 后部装有保护镜片 23，避免加工过程中产生的脏物污染镜组 9。

辅助气体：一夹具 27 用螺钉与滑台 22 相连，可随滑台 22 前后移动。夹具 27 的面板上有一大孔 29，大孔 29 内车有螺纹，聚焦镜组 9 在此通过螺纹与夹具相连。气嘴 23 穿过孔 32，用螺母固定在气嘴固定在夹具上。气嘴 23 前端为喷嘴，后端通过软管连在工作气体气缸上。气嘴 23 喷射工作气体，吹气角度可调节，工作气体喷射在激光作用区域。气嘴 24 通过螺纹配合固定在保护镜筒 20 上，保护镜片 25，它两面镀有 YAG 激光增透膜。前端为喷嘴，后端通过软管联在保护气体气缸上。气嘴 24 喷射保护气体，可用压缩空气，目的是防尘和冷却保护镜片 25。

其基本原理是这样的：如图 6 所示，先设定加工的离焦量，一般为负 $100\mu\text{m}$ 到正 $100\mu\text{m}$ ，再加上聚焦镜的焦距，一般为 $60\text{mm}-120\text{mm}$ ，视加工需要而定。它们之和为设定的聚焦镜至辊面的距离，它与传感器实测的距离进行比较，结果送到计算机，当距离之差超过 $10\mu\text{m}$ ，计算机给信号给电动机 19，驱动聚焦镜 9 至合适的位置，使聚焦镜至辊面的位置为设定值。

控制系统：由通用的工控机、控制卡和图像采集卡组成，通过程序编制可以实

现对轧辊的智能化加工。控制系统方框图如图 6 所示。

实施例 2

本实施例按图 1-3 制作的实施例 1 的一种对热轧辊采用高频脉冲激光强化的系统基础上，还包括一辊面跟随部分，是一电感式传感器 26 穿过夹具 27 的面板上的一小孔 31 用螺母固定在一夹具 27，一夹具 27 固定在保护镜筒 20 上；电感式传感器 26 与工控机 5 电连接，它把聚焦镜 9 与轧辊之间的距离转为电信号输入工控机 5，工控机 5 对信号进行处理后，驱动聚焦镜 9 自动聚焦，以实现对轧辊的处理，特别是对异型材轧辊的处理。

实施例 3

使用实施例 1 的采用高频脉冲激光对热轧辊强化的系统进行强化方法，

1. 先把轧辊表面可用酒精、丙酮等清洗干净，不应有油污等脏物，以免影响激光吸收；
2. 轧辊装上机床后，检查机械精度。圆周方向跳动应小于 0.1mm，轴向偏斜度应小于 0.1mm；
3. 打开激光器，选择激光功率，一般在 300W-500W 范围内均可，如果要求激光处理的硬化区较厚，可以选择较高的功率；
4. 打开计算机，运行热轧辊强化控制程序；
5. 设定好加工时的离焦量。一般在 -100μm 至 100μm 之间；
6. 在控制程序界面中可以输入轧辊直径和长度；
7. 设定机床旋转速度，在每分钟 0-1000 转/分范围内连续可调，一般根据轧辊直径大小选择，辊径大则转速低，辊径小转速高，较佳地在 50-400 转/分范围内；
8. 在控制程序界面中输入强化点圆周方向间距和轴向方向间距，如图四所示，根据需要可在 0.2mm-0.5mm 选择；
9. 按下启动按钮，计算机将启动机床，打开光闸和气阀开关，系统将自动对轧辊进行处理，处理到设定的长度后，计算机将关闭光闸，关闭气阀，停止机床转动，处理完毕。
10. 所使用的保护气体为压缩空气，进入气嘴 22 前要有过滤装置，保证空气清洁，没有油污和水蒸汽，以免污染保护镜片 23，造成激光透过率下降，影响加工效果。同时，会引起保护镜片破裂，污染聚焦镜组 9。
11. 工作气体可用氮气。也可以用压缩空气，使用压缩空气的效果不如前者好；气压可以根据需要在 0-3 个大气压内调节。

加工时要选择适当的激光器功率密度 ($10^5 \text{ W/cm}^2 - 10^7 \text{ W/cm}^2$)、脉冲宽度 (100 μs -1000 μs)、点分布间距等参数，可以控制裂纹的产生，达到良好的处理效果。

硬化层的厚度与激光脉冲的功率密度 ($10^5 \text{ W/cm}^2 - 10^7 \text{ W/cm}^2$)、脉冲宽度 (100 μs -1000 μs) 有关，选择合适的参数，可使硬化层厚度适中，达到满意的使用效果。硬化层厚度一般以 0.2mm-0.5mm 为好。

激光处理后表面光洁度较好，粗糙度 Ra 一般为 2.0 μm 左右，可以直接用于生产。通过合适的工艺，吹不同的工作气体，改变光束模式等，可以得到高粗糙或光洁表面。

实施例 4

实施例 3 是为正规辊形的轧辊的加工方法，本实施例是在实施例 3 的加工步骤中增加启用辊形跟随部分，本实施例是对于凸形辊和凹形辊的加工，必须同时按下启用辊形跟随部分按钮，然后按照上述程序进行操作。

加工时要选择适当的激光器功率密度 ($10^5 \text{ W/cm}^2 - 10^7 \text{ W/cm}^2$)、脉冲宽度 (100 μs -1000 μs)、点分布间距等参数，可以控制裂纹的产生，达到良好的处理效果。

硬化层的厚度与激光脉冲的功率密度 ($10^5 \text{ W/cm}^2 - 10^7 \text{ W/cm}^2$)、脉冲宽度 (100 μs -1000 μs) 有关，选择合适的参数，可使硬化层厚度适中，达到满意的使用效果。硬化层厚度一般以 0.2mm-0.5mm 为好。

激光处理后表面光洁度较好，粗糙度 Ra 一般为 2.0 μm 左右，可以直接用于生产。通过合适的工艺，吹不同的工作气体，改变光束模式等，可以得到高粗糙或光洁表面。

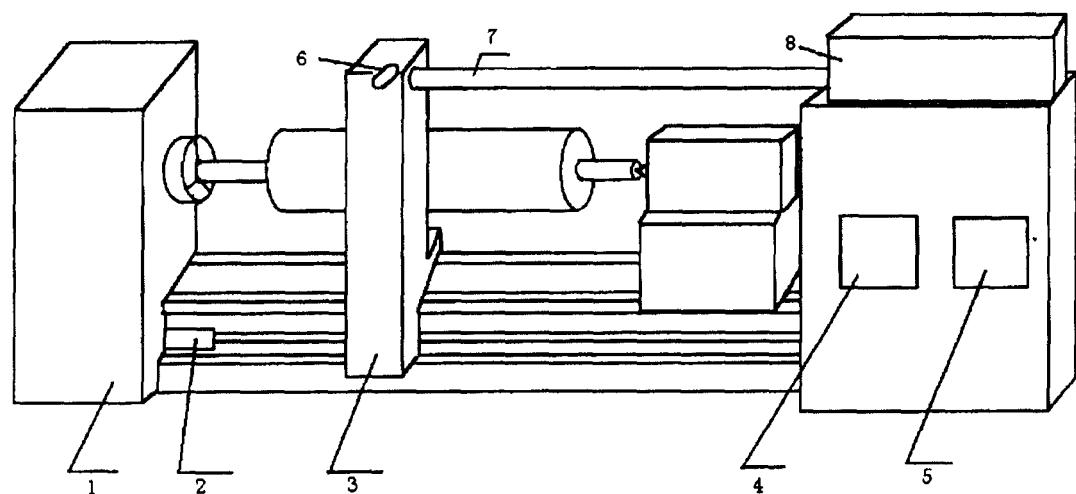


图 1

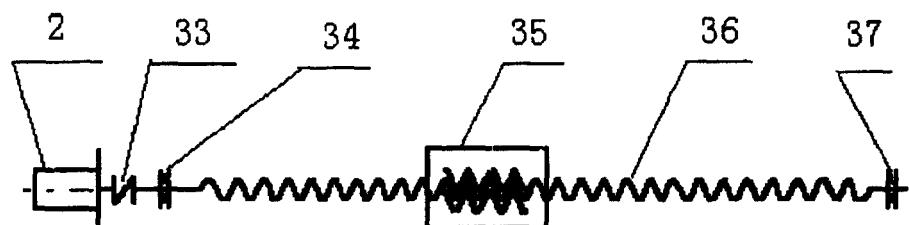


图 2

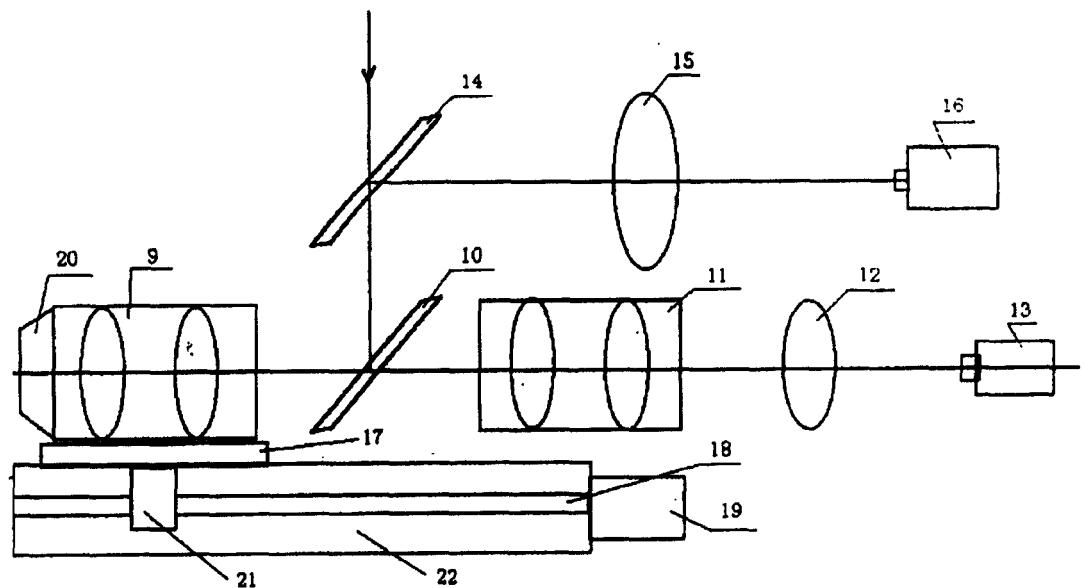


图 3

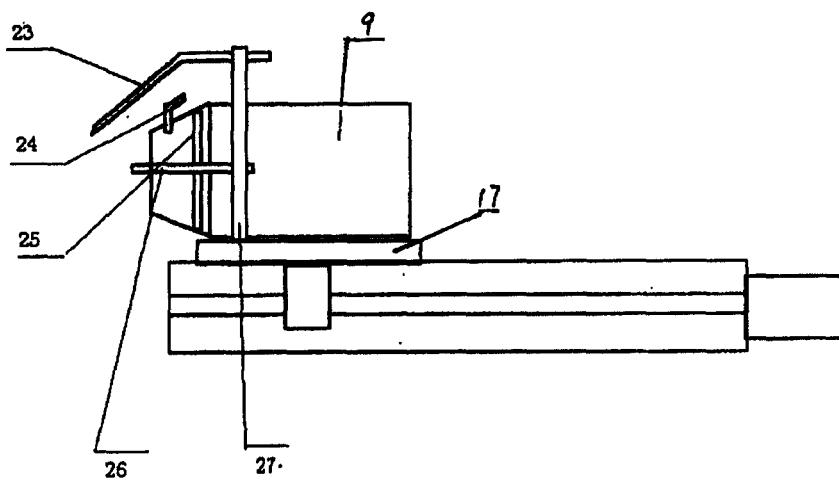


图 4

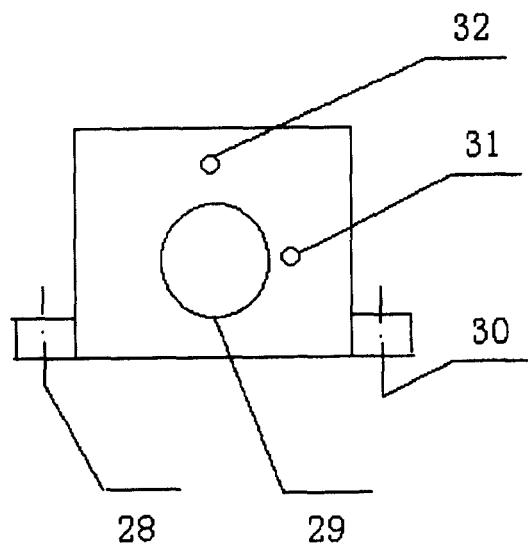


图 5

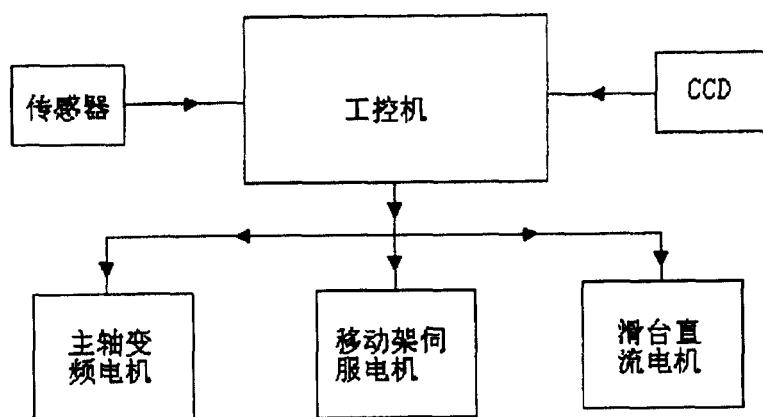


图 6

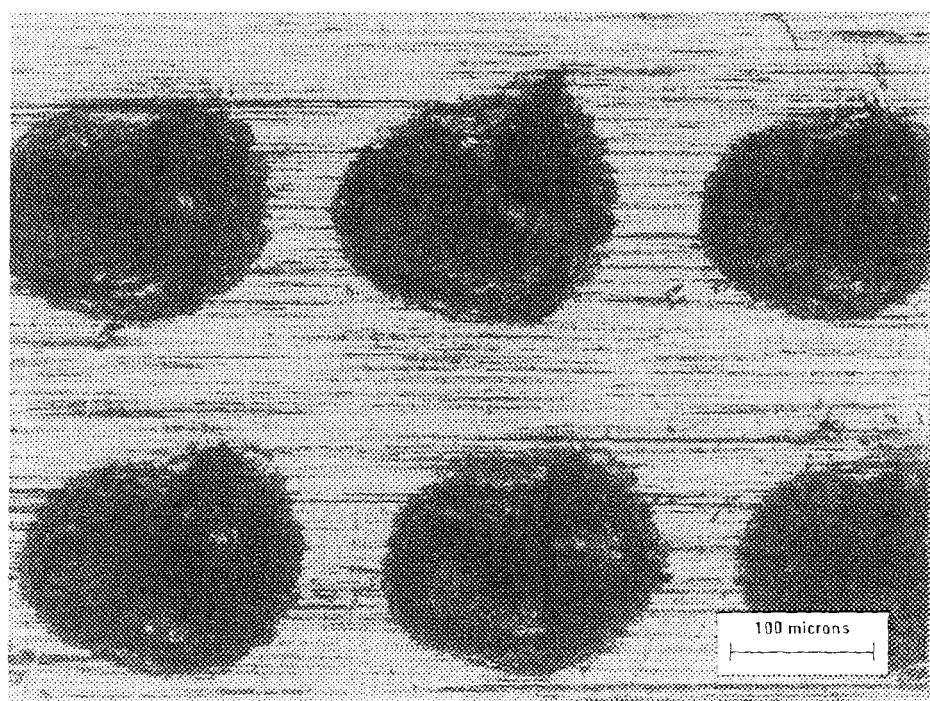


图 7

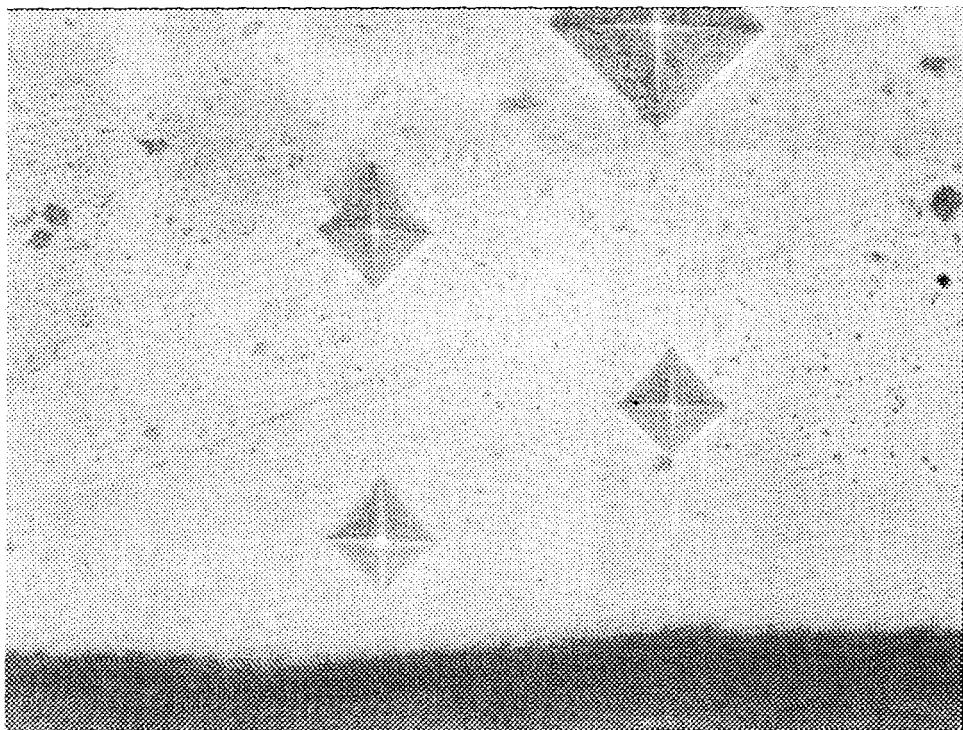


图 8