

文章编号: 0258-7025(2007)Supplement-0001-03

基于激光冲击波的三维无损防伪标识

鲁金忠¹, 张永康^{1,2}, 殷苏民¹, 王 伟¹, 冯爱新¹

(¹江苏大学江苏省光子制造科学与技术重点实验室, 江苏 镇江 212013)
²华东理工大学机械与动力工程学院, 上海 200237)

摘要 探索基于激光冲击波力学效应的无损三维高防伪标识的基本理论, 建立一种与激光热效应完全不同的激光冲击波标识新技术, 提出将灰度图像的重建技术和二进制编码技术应用到三维标识的识别上, 建立一种新型高效的零件标识的检测和识别理论, 并对标识的高防伪性能进行了研究。

关键词 激光技术; 激光打标; 激光冲击波; 三维防伪标识; 液晶掩模

中图分类号 TN249 **文献标识码** A

Three-Dimensional Anti-Counterfeiting Identifiers Based on Laser Shock Processing

LU Jin-zhong¹, ZHANG Yong-kang^{1,2}, YIN Su-min¹, WANG Wei¹, FENG Ai-xin¹

(¹ Jiangsu Key Laboratory for Science and Technology of Photon Manufacturing, Jiangsu University, Zhenjiang, Jiangsu 212013, China)
² School of Mechanical and Power Engineering, East China University of Science and Technology, Shanghai 200237, China)

Abstract The elementary theory of three-dimensional (3D) nondestructively anti-counterfeiting identifiers based on liquid crystal mask was explored and a new technology of creating by laser shock wave was set up, which differs entirely from marking by laser thermal effect. The depth information of 3D identifiers is acted as anti-counterfeiting information, and a new-type and high-efficiency theory of measurement and identification on 3D anti-counterfeiting identifiers by 3D identifiers' reconstruction and binary coding is established originally. The anti-counterfeiting properties 3D identifiers are studied, which is beneficial to design and manufacturing of anti-counterfeiting identifiers.

Key words laser technique; laser marking; laser shock wave; 3D anti-counterfeiting identifiers; liquid crystal mask

1 引 言

零部件的标记与识辨是生产过程中一个不可缺少的重要环节。随着激光技术的发展, 激光标记得到广泛应用^[1]。激光标识分成两类, 第一类是激光全息防伪标签, 其标记的制作与零件的制造脱离, 即将标签贴在零件上。第二类是在零件表面直接烧蚀形成标记图案。2003 年, 西班牙学者 Carpio 和 Araújo 等^[2]开展了激光打标航空铝合金 2024T3 对疲劳特性

的影响研究, 结果表明激光烧蚀热影响区表面粗糙度增大, 降低了抗疲劳性能。2001 年, 美国利弗莫尔国家重点实验室 Dance C. Brent 等^[3]在研究中发现用激光烧蚀热效应打标时, 气化或熔化材料后形成了局部残余拉应力, 这变成了疲劳裂纹或者应力腐蚀裂纹的萌生源, 导致零件的疲劳破坏。这些研究结果表明, 从抗疲劳性能考虑激光烧蚀热效应打标的方式不适合于航空航天关键零部件的打标, 防伪性能差。

基金项目: 国家自然科学基金(50675089)、江苏省自然科学基金(BK2005054)、江苏省高校自然科学基金(06KJB460018, 05KJD460045)、江苏省高校研究生科技创新计划项目(XM2006-45)和江苏大学博士研究生创新基金(2005016)资助课题。

作者简介: 鲁金忠(1975—), 男, 湖北鄂州人, 讲师, 博士研究生, 主要从事激光冲击无损三维标识方面的研究。

E-mail: jxscience@ujs.edu.cn

导师简介: 张永康(1963—), 男, 江苏张家港人, 教授, 工学博士, 主要从事激光冲击力效应方面的研究。

E-mail: ykzhang@ujs.edu.cn

2002年,德国学者 Haferkamp 和 Jäschke 等^[4]研究了一种能用红外检测与解码的激光打标系统,标识具有高防伪性。即在金属基体材料表面涂一层黑漆,然后用激光打标。这种技术的缺点是实际操作困难,涂层容易剥落、制作要求高,如果涂层中含有金属颗粒则会产生屏蔽而无法检测。2004年,新加坡学者 Hongyu Zheng 等^[5]采用在热塑性橡胶中添加不同比例的 TiO_2 粉,然后用 KrF 准分子激光和三倍频的 Nd:YAG(波长 355 nm,脉冲宽度 25 ns)进行照射,在受到准分子激光照射后, TiO_2 发生相变从白色变成黑色,通过改变 TiO_2 的浓度和激光参数就能在确保热塑性橡胶表面不发生气化烧蚀的条件下使颜色变黑。这种方法解决了激光烧蚀热效应打标的损伤性问题,但是仅仅适合于热塑性橡胶零件,且尚未知道添加 TiO_2 粉末后对其他性能的影响,无法推广到金属零件的打标。2003年,清华大学机械工程系 J. Qi 等^[6]对激光参数如何影响不锈钢打标深度和对比度进行了研究,未涉及激光打标的无损性和防伪性。

美国利弗莫尔国家重点实验室^[7]在 2001 年申报了激光喷丸打标专利,也是利用激光冲击波力效应的无损打标^[3],其特点是:1) 二维液晶掩模,不能实现三维标识;2) 零件表面冲击前涂黑漆,然后用水作约束层。操作复杂、不均匀,难以确保标识的高清晰度,不适合空间曲面三维;3) 标记简单,采用二进制编码形成能被条形码机器识别的矩阵标记,不能标记复杂图形,防伪性不是太高。

本文介绍了基于激光冲击波力效应的无损、高防伪三维标识^[8],与激光烧蚀热效应打标相比有着本质的区别,是利用激光冲击波的力效应。其具有鲜明的特点:1) 在不破坏金属零件原来表面状态条件下,增加了高幅值残余压应力,延长了零件的寿命,适合于敏感关键零部件的打标。而传统的打标方法,如激光烧蚀热效应打标、冲压压印和化学腐蚀等,其本质是去除零件的表面材料,这就破坏了零件表面的应力状态,人为地制造了疲劳源。2) 高防伪性,由于采用可编程的液晶掩模的突破,可以十分方便地不重复地快速地在在线零件打标,标记与图案形成一个丰富的数据库,并且随时可被识别机器读取解码识别。有效地起到了防伪作用,不易被伪造。3) 永不消退,长效。

2 三维防伪标识激光打标系统的构建

激光冲击波无损打标是用高能短脉冲激光产生

的冲击波力效应,使金属材料发生清晰的局部塑性形变,形成能被识辨机器识别的标记,如基本字母、逻辑符、数字矩阵、三维图形等。

三维防伪标识激光打标系统由激光标识制作、计算机防伪编码系统、网络数据库服务器及远程鉴别系统等组成,如图 1(a)所示。包括激光发生器、光束空间调制器、液晶掩模、聚焦装置、零件、工具夹具系统(含控制系统);激光束空间调制器由凹透镜、凸透镜及均质器等组成,如图 1(b)所示。

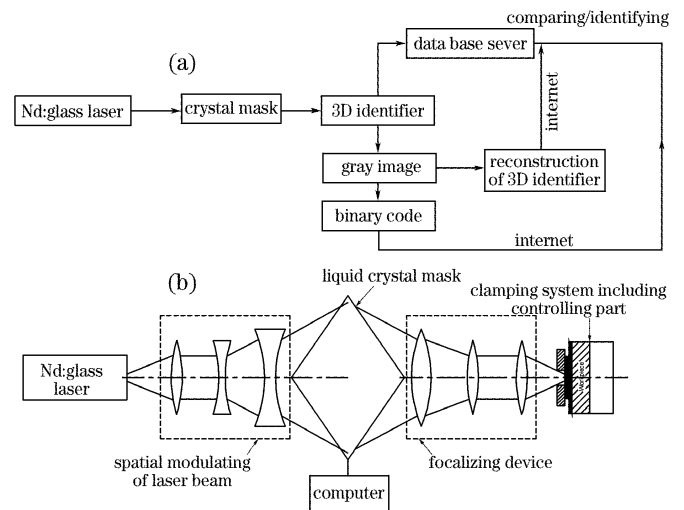


图 1 激光冲击波三维无损防伪标识系统原理图(a)和装置(b)

Fig. 1 Schematic set-up (a) and the device (b) of 3D mark system by laser shock wave

激光打标系统是由钕玻璃激光器产生激光,经光路、液晶掩模、激光束的空间调制,作用在金属零件的表面产生三维的防伪标识。每一个标识相关信息都保存在网络服务器上,用户可以将零件表面的三维标识的图像按照一定的操作规范传到服务器,在服务器上进行比较鉴别,从而判断零件的真伪。

3 三维无损防伪标识的制作

采用可编程控制的液晶掩模和激光束的空间调制,实现激光冲击波打标的三维高防伪性。采用液晶显示技术,并制作成具有灰度的液晶图案显示,颜色的深浅不同,其透光率也不同,且连续可变,实现了真正的三维打标与微制造。同时由于可实时地进行计算机编程控制,液晶图案随时变换,真正实现了在线快速不同零件的不同标识。通过相应的识别系统就可快速地解码与识辨,具备了高防伪性。且通过扩束、均匀、成像,就可实现对激光束的精确调制,并根据图案的复杂程度和塑性变形的深浅,决定单次或多次冲击。

通过在金属零件表面覆盖一层柔性贴膜^[9],完成对激光冲击区的表面处理,实现激光冲击波打标的无损性。该贴膜起到两个作用:1)气化电离爆炸形成冲击波,该冲击波的力效应使零件表层发生塑性变形;2)保护零件表面不受到热损伤,即在激光束的照射下仅仅一薄层涂层气化,激光产生的热影响深度还不到零件表面,确保了零件仅仅受到力作用。

根据零件的标记区尺寸和材料,选择柔性贴膜,并将柔性贴膜贴在零件表面;根据标识的要求,绘制出具有灰度的图案,在液晶显示屏上显示出图案而形成液晶掩模,并由计算机控制液晶掩模,实现快速的图案变换;激光发生器产生能量在 $10\sim 100\text{ J}$,持续时间为 $8\sim 80\text{ ns}$ 的激光脉冲,激光冲击轨迹和冲击次数 $1\sim 100$ 次,激光束的光斑模式可以是基模、多模等多种模式。由激光发生器产生的激光束经导光系统进入光束空间调制器,光束经过扩束、均质后形成较均匀空间能量分布。经过扩束和均匀化的激光束通过液晶掩模经聚焦装置将液晶掩模屏上的图案汇聚到零件表面的柔性贴膜上^[9],产生空间分布与图案一致的冲击波作用力,形成能被识辨机器识别的标记,如基本字母、逻辑符、数字矩阵、三维图形等(如图2)。通过在线检测装置,测量图案的变形量及误差,实现对零件的在线自动标识。

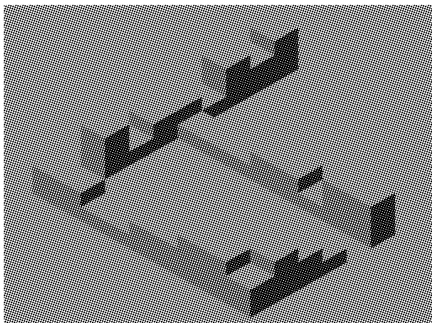


图2 激光冲击波的三维标识

Fig. 2 3D marking of laser shock wave

4 三维标识的检测和识别

研究中全部采用灰度图像(比如4阶灰度图像),如图2所示。每一阶灰度对应一个深度值,将三维标识的深度信息作为防伪信息,达到高防伪性。标识的防伪特征信息是通过灰度图像自身的数据经过一定的算法生成的。第一部分数据是原始激光刻的三维图案的灰度图像信息;第二部分是特征码,每个产品有一个唯一的特征码。它可是产品的序列号,也可以由生产日期、生产者编号和产品数目顺序号等组成。第三部分是密码信息,它是由特征码和

厂商设定的密码经过一定的加密算法生成的密码信息,它是随特征编码变化而变化的动态密码信息,这个信息可以反应在防伪信息上,但对外是保密的。计算机防伪编码系统将原始激光标刻数据、特征码和密码信息组合在一起随机地生成带防伪信息的激光标刻数据。另外,根据防伪级别的重要程度,可以将通过重建三维标识的形貌和真实的形貌对比,进一步确定零件的真伪。

5 结 论

该技术成形压力高达吉帕量级且几十纳秒内完成塑性变形,应变率高达 10^7 s^{-1} ,在如此条件下的材料动态塑性形变理论相对缺乏,急需探索研究。以往由于实验手段的缺乏造成基础理论的发展缓慢,本文研制的激光冲击成形设备提供了新的实验手段。

由于引入三维图案,进一步丰富了防伪理论的内容,将三维标识的二进制编码和重建技术应用到防伪标识的检测和识别中,将标识的深度信息作为一个识辨的检验指标。提出将灰度图像的重建技术和二进制编码技术应用到三维标识的识别上,大大提高了防伪能力,建立一种新型、高效的零件标识的检测和识别理论。

参 考 文 献

- 1 NASA. Information Technology Automatic identification and data capture techniques Guidelines for direct part marking (DPM),2003
- 2 F. J. Carpio, D. Araújo, F. J. Pacheco *et al.*. Fatigue behaviour of laser machined 2024 T3 aeronautic aluminium alloy [J]. *Applied Surface Science*, 2003, **208~209**: 194~198
- 3 Dance C. Brent, Hackel Lloyd, Harris Fritz. A identification marking by means of laser peening. US Wo0161619. 2001-08-23
- 4 H. Haferkamp, P. Jäschke, J. Stein *et al.*. Decoding of invisible laser markings using infrared technology[J]. *Infrared Physics and Technology*, 2002, **43**: 171~174
- 5 Hongyu Zheng, Gnian Cher Lim. Laser-effected darkening in TPEs with TiO_2 additives[J]. *Optics and Lasers Engineering*, 2004, **41**: 791~800
- 6 J. Qi, K. L. Wang, Y. M. Zhu. A study on the laser marking process of stainless steel [J]. *J. Materials Processing Technology*, 2003, **139**: 273~276
- 7 U. S. Department of Energy (Lawrence Livermore National Laboratory). Science and Technology Review. March 2001
- 8 Zhang Yongkang, Yin Sumin, Zhou Jianzhong *et al.*. Method and device of 3D nondestructive and high-anti-counterfeiting identifiers by laser shock wave[P]. Patent Application No. 200510037968.2 张永康,殷苏民,周建忠等. 激光冲击波三维高防伪无损标识的方法和装置[P]. 专利申请号:200510037968.2
- 9 Zhou Jianzhong, Zhang Yongkang, Zhou Ming *et al.*. A kind of flexible film by laser shock processing [P]. Patent No. ZL02138338.3 周建忠,张永康,周明等. 发明专利:一种用于激光冲击处理的柔性贴膜 [P]. 专利号: ZL02138338.3