

(12) 按照专利合作条约所公布的国际申请

(19) 世界知识产权组织
国际局

(43) 国际公布日
2020 年 4 月 30 日 (30.04.2020)



(10) 国际公布号
WO 2020/082846 A1

(51) 国际专利分类号:
C21D 10/00 (2006.01)

(21) 国际申请号: PCT/CN2019/099029

(22) 国际申请日: 2019 年 8 月 2 日 (02.08.2019)

(25) 申请语言: 中文

(26) 公布语言: 中文

(30) 优先权:
201811253183.2 2018 年 10 月 25 日 (25.10.2018) CN

(71) 申请人: 广东工业大学 (GUANGDONG UNIVERSITY OF TECHNOLOGY) [CN/CN]; 中国广东省广州市番禺区广州大学城外环西路 100 号, Guangdong 510006 (CN)。

(72) 发明人: 卢国鑫 (LU, Guoxin); 中国广东省广州市番禺区广州大学城外环西路 100 号, Guangdong

510006 (CN)。 张永康 (ZHANG, Yongkang); 中国广东省广州市番禺区广州大学城外环西路 100 号, Guangdong 510006 (CN)。

(74) 代理人: 深圳市韦恩肯知识产权代理有限公司 (WAYNE INTELLECTUAL PROPERTY AGENCY CO., LTD.); 中国广东省深圳市宝安区前进二路智汇创新中心 A 座 715 黄昌平, Guangdong 518126 (CN)。

(81) 指定国 (除另有指明, 要求每一种可提供的国家保护): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL,

(54) Title: LASER SHOCK STRENGTHENING METHOD

(54) 发明名称: 一种激光冲击强化方法

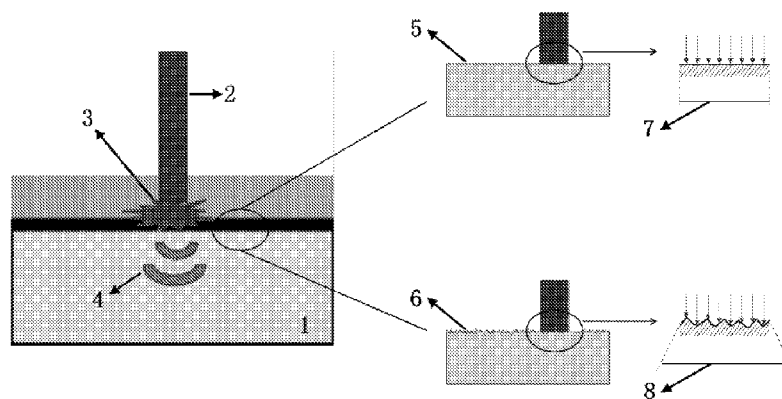


图 1

(57) Abstract: A laser shock strengthening method, comprising the following steps: a) smoothing an area to be strengthened on a metal part to be processed to reduce the surface roughness of said area until the arithmetic mean deviation Ra of the profile is less than 3 μm ; and b) performing laser shock on said area after smoothing to obtain a strengthened area. A significant surface strengthening effect can be achieved without changing laser shock process parameters by performing laser shock after smoothing the area to be strengthened of the metal part to be processed to reduce the surface roughness of said area until the arithmetic mean deviation Ra of the profile is less than 3 μm .

(57) 摘要: 一种激光冲击强化方法, 包括以下步骤: a) 对待加工金属零件的待强化区域进行光洁化处理将所述待强化区域的表面粗糙度降低至轮廓算术平均偏差 Ra 小于 3 μm ; b) 对经所述光洁化处理的待强化区域进行激光冲击, 得到强化区域。对待加工金属零件的待强化区域进行光洁化处理将待强化区域的表面粗糙度降低至轮廓算术平均偏差 Ra 小于 3 μm , 再进行激光冲击, 能够在不改变激光冲击工艺参数的条件下, 实现显著的表面强化效果。

PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL,
SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG,
US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW。

- (84) 指定国 (除另有指明，要求每一种可提供的地区
保护)：ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ,
NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM,
AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 欧洲 (AL, AT, BE, BG,
CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU,
IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT,
RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI,
CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG)。

本国际公布：

- 包括国际检索报告 (条约第21条(3))。

一种激光冲击强化方法

技术领域

本发明属于金属材料表面强化处理技术领域，尤其涉及一种激光冲击强化方法。

背景技术

激光冲击是一种利用强激光诱导的冲击波来强化金属的新技术，能够大幅度增强金属材料的耐久性。与传统表面强化技术一致，激光冲击处理也通过表面强烈塑性变形的方式来实现强化效果。但是，对于表面光洁度不高的待强化零件，激光冲击处理往往不能达到较好的表面强化效果。目前，针对表面光洁度不高的待强化零件的激光冲击的处理方式是变更激光冲击的工艺参数。然而，通过激光冲击工艺参数的变更以提高激光冲击强度是一项成本较高的工作，如何在不改变既定激光冲击工艺的条件下使得表面光洁度不高的待加工金属零件达到较好的表面强化效果是技术人员目前需要解决的问题。

发明内容

有鉴于此，本发明提供了一种激光冲击强化方法，用于解决表面光洁度不高的待强化零件，激光冲击处理往往不能达到较好的表面强化效果的问题。

本发明的具体技术方案如下：

一种激光冲击强化方法，包括以下步骤：

- a) 对待加工金属零件的待强化区域进行光洁化处理将所述待强化区域的表面粗糙度降低至轮廓算术平均偏差 Ra 小于 $3\text{ }\mu\text{m}$ ；
- b) 对经所述光洁化处理的待强化区域进行激光冲击，得到强化区域。

优选的，所述光洁化处理为抛光处理。

优选的，步骤 a) 之前，还包括：确定所述待加工金属零件的所述待强化区域。

优选的，经所述光洁化处理后的待强化区域表面的轮廓算术平均偏差 Ra 小于 $1\text{ }\mu\text{m}$ 。

优选的，所述激光冲击的处理方式为逐点加工。

优选的，步骤 a) 之后，步骤 b) 之前，还包括：

在经所述光洁化处理后的待强化区域表面依次涂覆吸收层和约束层。

优选的，所述吸收层为黑色胶带或黑漆。

优选的，所述约束层为去离子水幕或 K9 玻璃。

综上所述，本发明提供了一种激光冲击强化方法，包括以下步骤：a) 对待加工金属零件的待强化区域进行光洁化处理将所述待强化区域的表面粗糙度降低至轮廓算术平均偏差 Ra 小于 $3\text{ }\mu\text{m}$ ；b) 对经所述光洁化处理的待强化区域进行激光冲击，得到强化区域。本发明中，对待加工金属零件的待强化区域进行光洁化处理将待强化区域的表面粗糙度降低至轮廓算术平均偏差 Ra 小于 $3\text{ }\mu\text{m}$ ，再进行激光冲击，能够在不改变激光冲击工艺参数的条件下，实现显著的表面强化效果。

附图说明

为了更清楚地说明本发明实施例或现有技术中的技术方案，下面将对实施例或现有技术描述中所需要使用的附图作简单地介绍。

图 1 为本发明实施例中脉冲激光在不同表面粗糙度待加工金属零件表面的实际作用面积变化示意图；

图 2 为本发明实施例中经机械抛光处理的待强化区域的表面状态；

图 3 为本发明实施例中经 800#砂纸研磨处理的待强化区域的表面状态；

图 4 为本发明实施例中经 200#砂纸研磨处理的待强化区域的表面状态；

图 5 为本发明实施例中经机械抛光处理的待强化区域进行激光冲击后得到的强化区域；

图 6 为本发明实施例中经 800#砂纸研磨处理的待强化区域进行激光冲击后得到的强化区域；

图 7 为本发明实施例中经 200#砂纸研磨处理的待强化区域进行激光冲击后得到的强化区域；

图示说明：1. 待加工金属零件；2. 脉冲激光；3. 高温、高压等离子体；4. 冲击波；5. 具有第一表面粗糙度的待强化区域；6. 脉冲激光对于第一表面粗糙度待强化区域的实际作用面积；7. 具有第二表面粗糙度的待强化区域；8. 脉冲激光对于第二表面粗糙度待强化区域的实际作用面积。

具体实施方式

本发明提供了一种激光冲击强化方法，用于解决表面光洁度不高的待强化零件，激光冲击处理往往不能达到较好的表面强化效果的问题。

下面将对本发明实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述，显然，所描述的实施例仅仅是本发明一部分实施例，而不是全部的实施例。基于本发明中的实施例，本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例，都属于本发明保护的范围。

一种激光冲击强化方法，包括以下步骤：

a) 对待加工金属零件的待强化区域进行光洁化处理将待强化区域的表面粗糙度降低至轮廓算术平均偏差 Ra 小于 $3\ \mu\text{m}$ ；

b) 对经光洁化处理的待强化区域进行激光冲击，得到强化区域。

请参阅图 1，为本发明实施例中脉冲激光在不同表面粗糙度待加工金属零件表面的实际作用面积变化示意图。

脉冲激光 2 在特殊涂层作用下可于极短时间内形成高温、高压等离子体 3，高温、高压等离子体 3 在待加工金属零件 1 表面发生爆炸并形成向待加工金属零件 1 内部传播的冲击波 4。脉冲激光 2 诱导冲击波 4 的大小与作用时间共同决定了激光冲击处理的强度大小，而脉冲激光对零件的实际作用面积通过改变激光功率密度直接影响了冲击波 4 的大小。对于具有不同表面粗糙度的待强化区域，脉冲激光的实际作用面积有所区别。第一表面粗糙度小于第二表面粗糙度，脉冲激光分别作用于具有第一表面粗糙度的待强化区域 5 和具有第二表面粗糙度的待强化区域 7，具有第一表面粗糙度的待强化区域 5 具有近似等同于光束尺寸的脉冲激光作用面积，脉冲激光对于第二表面粗糙度待强化区域的实际作用面积 8 则由于表面波纹状起伏的存在较脉冲激光对于第一表面粗糙度待强化区域的实际作用面积 6 呈现一定程度的增加。

本发明激光冲击强化方法的原理是：激光冲击过程中的激光光束在待加工金属零件 1 表面的辐照面积是决定实际激光功率密度的重要指标，而激光功率密度与激光诱导冲击波在待加工金属零件 1 表面的作用力大小直接相关。对于表面完全平整的待强化区域，激光光束的辐照面积为激光冲击波的实际作用面积，而对于表面粗糙度较高的待强化区域，激光冲击波的实际作用面

积在不同程度上超过了激光光束的辐照面积。由于实际作用面积的增大必然引起激光功率密度的降低，因此高表面粗糙度区域在激光冲击过程中将获得较弱的强化效果。对具有较高表面粗糙度的待强化区域进行平整化处理以减小激光功率密度的损失程度，可有效提高实际激光冲击强度。本发明激光冲击强化方法可使待加工金属零件 1 在简单的表面处理后通过激光冲击处理引入深度大且表面幅值高的残余压应力分布，有效提高残余压应力场强度，适用于各类待加工金属零件 1 的激光冲击处理。

本发明实施例中，对待加工金属零件 1 的待强化区域进行光洁化处理将待强化区域的表面粗糙度降低至轮廓算术平均偏差 Ra 小于 $3\ \mu m$ ，再进行激光冲击，借助脉冲激光 2 实际作用面积的降低来增加激光功率密度，能够在不改变激光冲击工艺参数的条件下，实现显著的表面强化效果，该激光冲击强化方法简便易行，无需确定新的激光冲击工艺参数，强化区域的表面残余压应力与残余压应力层深度均有明显增大，具有更高的残余压应力场强度，有助于降低加工成本，提高强化质量和强化效率。

本发明实施例中，光洁化处理为抛光处理，抛光处理优选为机械抛光处理。

本发明实施例中，需根据实际需要确定待加工金属零件 1 的待强化区域，然后根据表面强化需求选择研磨处理或者抛光处理对待强化区域进行光洁化处理，再对经光洁化处理的待强化区域采用既定激光冲击工艺进行激光冲击的强化处理。

本发明实施例中，步骤 a) 之前，还包括：确定待加工金属零件 1 的待强化区域。

本发明实施例中，根据待加工零件 1 在服役过程中的具体失效形式等确定待强化区域，并确定需要更明显强化效果的待强化区域。当存在多处失效位置或不同区域均发生失效但失效的难易程度不同时，若对所有位置或只针对最易失效的位置进行表面强化处理，会出现失效位置转移等情况，需通过失效分析试验以确定最佳强化区域。

失效分析试验包括拉伸试验和/或疲劳试验，通过失效分析试验确定待加工零件在服役过程中会出现的失效位置，即最需进行强化处理的区域。相同

的激光冲击强化参数条件下，表面粗糙度高的待强化区域会获得相对较差的强化效果。对于因较高表面粗糙度导致强化效果有较大幅度降低的局部区域，需通过光洁化处理使表面粗糙度实现明显减小；而对于因高表面粗糙度导致强化效果有小幅减低的局部区域，则需要相对低的表面粗糙度减小程度。比如，若待加工金属零件 1 的待强化区域的初始表面粗糙度 Ra 为 5 μm ，强化效果小幅减弱的区域可通过研磨处理将待强化区域的表面粗糙度降低至 Ra 为 2 μm ，而强化效果大幅减弱的区域则可通过研磨加抛光处理将待强化区域的表面粗糙度降低至 Ra 为 1 μm ；若待加工金属零件 1 的待强化区域的初始表面粗糙度 Ra 为 3 μm ，强化效果小幅减弱的区域可通过机械抛光处理将待强化区域的表面粗糙度降低至 Ra 为 1 μm ，而强化效果相对大幅减弱的区域则可通过电解抛光处理将待强化区域的表面粗糙度降低至 Ra 为 0.5 μm 。对待加工金属零件 1 的全部待强化区域进行相同工艺参数的激光冲击处理后，不同位置表面质量的不同会导致激光冲击强化效果出现差异。本发明实施例需要对待加工金属零件 1 的待强化区域进行表面强化效果表征，确定不同位置待强化区域与目标强化效果的差距。

本发明实施例中，根据表面强化需求对待强化区域进行光洁化处理，通过研磨处理和/或抛光处理降低待强化区域的表面粗糙度。表面强化需求具体指待强化区域在现有表面质量条件下获得的实际强化效果与目标强化效果存在差距时，表面强化效果的提高程度。而表面强化效果则指待加工金属零件 1 内部残余压应力场的各项指标以及表层一定深度内的显微组织变化等方面，表面强化效果需要根据实际要求进行确定。抛光处理比研磨处理更容易使待强化区域获得较优的表面质量。相对于研磨处理，对高表面粗糙度待强化区域进行抛光处理，可使得激光冲击强度有更大幅度的提高。

经砂纸研磨处理后的待强化区域表面的轮廓算术平均偏差 Ra 大于 3 μm ，而经机械抛光处理后的待强化区域表面的轮廓算术平均偏差 Ra 小于 1 μm 。

本发明实施例中，激光冲击的处理方式为逐点加工，逐点加工具体为采用机械臂移动一下，激光冲击一下的处理方式。

本发明实施例中，步骤 a) 之后，步骤 b) 之前，还包括：

在经光洁化处理后的待强化区域表面依次涂覆吸收层和约束层。

本发明实施例中，吸收层为黑色胶带或黑漆。

本发明实施例中，约束层为去离子水幕或 K9 玻璃。

为了进一步理解本发明，下面结合具体实施例对本发明进行详细阐述。

实施例 1

本发明实施例的待加工金属零件为 304 不锈钢材料。请参阅图 2 至图 4，依次为本发明实施例中经机械抛光处理、经 800#砂纸研磨处理和经 200#砂纸研磨处理的待强化区域，待强化区域的表面粗糙度 Ra 依次为 $0.822\ \mu\text{m}$ 、 $3.243\ \mu\text{m}$ 和 $3.749\ \mu\text{m}$ 。将上述经不同表面处理的待强化区域进行激光冲击，激光冲击处理在脉冲激光器上进行，激光光束直径为 3 mm，激光能量为 8.5 J，脉冲宽度为 18 ns，激光光束的横/纵搭接率为 30%，吸收层为黑胶带，约束层为去离子水幕。请参阅图 5 至图 7，依次为本发明实施例中经机械抛光处理、经 800#砂纸研磨处理和经 200#砂纸研磨处理的待强化区域进行激光冲击后得到的强化区域，强化区域的表面粗糙度 Ra 依次为 $4.073\ \mu\text{m}$ 、 $3.397\ \mu\text{m}$ 和 $3.835\ \mu\text{m}$ ，与待强化区域相比，表面粗糙度增量 ΔRa 依次为 $3.332\ \mu\text{m}$ 、 $0.154\ \mu\text{m}$ 和 $0.086\ \mu\text{m}$ 。

表面粗糙度的变化直接反映了待加工金属零件在外力作用下的塑性变形程度。通过表面粗糙度在激光冲击处理前后的增量变化可以定性表征待加工金属零件的塑性变形量的变化程度，也表明了激光冲击处理的不同的实际加工强度。对于研磨处理的待加工金属零件，待强化区域的表面粗糙度均大于 $3\ \mu\text{m}$ ，激光冲击处理使其表面粗糙度增量 ΔRa 低于 $0.2\ \mu\text{m}$ ；对于机械抛光处理的待加工金属零件，待强化区域的表面粗糙度降低至 Ra $1\ \mu\text{m}$ 以下，激光冲击处理使其表面粗糙度增量 ΔRa 高于 $3.3\ \mu\text{m}$ 。上述结果表明采用机械抛光降低待强化区域的表面粗糙度，可显著增大激光冲击处理的实际作用强度。

实施例 2

引入残余压应力是激光冲击处理提高材料疲劳等服役性能的最主要原因，残余压应力值越大说明激光冲击处理的强度越高。在 X 射线检测过程中，金属材料衍射峰的半高宽反映了材料内部显微组织变化，例如，位错组态、弹性储能密度及层错等显微组织变化结果均会导致衍射谱线的宽化。实施例 1 经机械抛光处理、经 800#砂纸研磨处理和经 200#砂纸研磨处理的待强化区域

进行激光冲击后,得到强化区域,采用 X 射线应力仪检测其表面残余应力(RS)和 X 射线衍射半高宽 (FWHM),每个强化区域取不少于 3 个位置进行检测,并对结果取平均值。结果如表 1 所示,结果表明相对于 800#砂纸研磨处理和 200#砂纸研磨处理,对 304 不锈钢材料进行机械抛光处理后,待强化区域获得较小的表面粗糙度,再进行激光冲击处理,引入相对高的残余压应力并产生更明显的 X 射线衍射谱线的宽化,结果从残余压应力与显微组织变化方面证实了采用机械抛光降低待强化区域的表面粗糙度能够提高激光冲击的实际作用强度。

表 1 经不同表面处理的待强化区域进行激光冲击后得到的强化区域的残余应力和 X 射线衍射半高宽数据

光洁化处理方式	表面残余应力 (RS)	X 射线衍射半高宽(FWHM)
机械抛光	-330 MPa	1.81°
800#砂纸研磨	-298 MPa	1.72°
200#砂纸研磨	-233 MPa	1.67°

对比例 1

实施例 1 中机械抛光后获得表面粗糙度 R_a 为 $0.822\ \mu\text{m}$ 的不锈钢试样在进行实施例 1 中所述的激光冲击处理后的表面粗糙度增量 ΔR_a 为 $3.332\ \mu\text{m}$;而 800#砂纸机械研磨后获得表面粗糙度 R_a 为 $3.243\ \mu\text{m}$ 的不锈钢试样在相同参数的激光冲击处理后的表面粗糙度增量 ΔR_a 仅为 $0.154\ \mu\text{m}$ 。采用改变激光冲击工艺参数的方式来提高具有较高表面粗糙度的试样的激光冲击强度,得到以下结果:针对 800#砂纸机械研磨后获得表面粗糙度 R_a 为 $3.243\ \mu\text{m}$ 的不锈钢试样,通过激光能量为 9 J 的方式来提高激光冲击处理的激光功率密度以提高激光冲击的作用强度,对其进行改变激光能量的激光冲击处理之后,其表面粗糙度提高至 R_a 为 $4.012\ \mu\text{m}$,计算可得表面粗糙度增量 ΔR_a 为 $0.769\ \mu\text{m}$,表明材料表面的塑性变形程度有增大,但增大程度远低于通过机械抛光方法对试样进行降低初始表面粗糙度带来的效果;另外,对 800#砂纸机械研磨后的试样进行提高激光能量的激光冲击处理,不锈钢试样表面的黑胶带吸收层的烧蚀现象明显,表明通过增加激光功率密度来提高激光冲击强度的方法不实用。

以上所述仅是本发明的优选实施方式，应当指出，对于本技术领域的普通技术人员来说，在不脱离本发明原理的前提下，还可以做出若干改进和润饰，这些改进和润饰也应视为本发明的保护范围。

权 利 要 求 书

1、一种激光冲击强化方法，其特征在于，包括以下步骤：

a) 对待加工金属零件的待强化区域进行光洁化处理将所述待强化区域的表面粗糙度降低至轮廓算术平均偏差 Ra 小于 $3\text{ }\mu\text{m}$ ；

b) 对经所述光洁化处理的强化区域进行激光冲击，得到强化区域。

2、根据权利要求 1 所述的方法，其特征在于，所述光洁化处理为抛光处理。

3、根据权利要求 1 所述的方法，其特征在于，步骤 a) 之前，还包括：确定所述待加工金属零件的所述待强化区域。

4、根据权利要求 1 所述的方法，其特征在于，经所述光洁化处理后的待强化区域表面的轮廓算术平均偏差 Ra 小于 $1\text{ }\mu\text{m}$ 。

5、根据权利要求 1 所述的方法，其特征在于，所述激光冲击的处理方式为逐点加工。

6、根据权利要求 1 所述的方法，其特征在于，步骤 a) 之后，步骤 b) 之前，还包括：

在经所述光洁化处理后的待强化区域表面依次涂覆吸收层和约束层。

7、根据权利要求 6 所述的方法，其特征在于，所述吸收层为黑色胶带或黑漆。

8、根据权利要求 6 所述的方法，其特征在于，所述约束层为去离子水幕或 K9 玻璃。

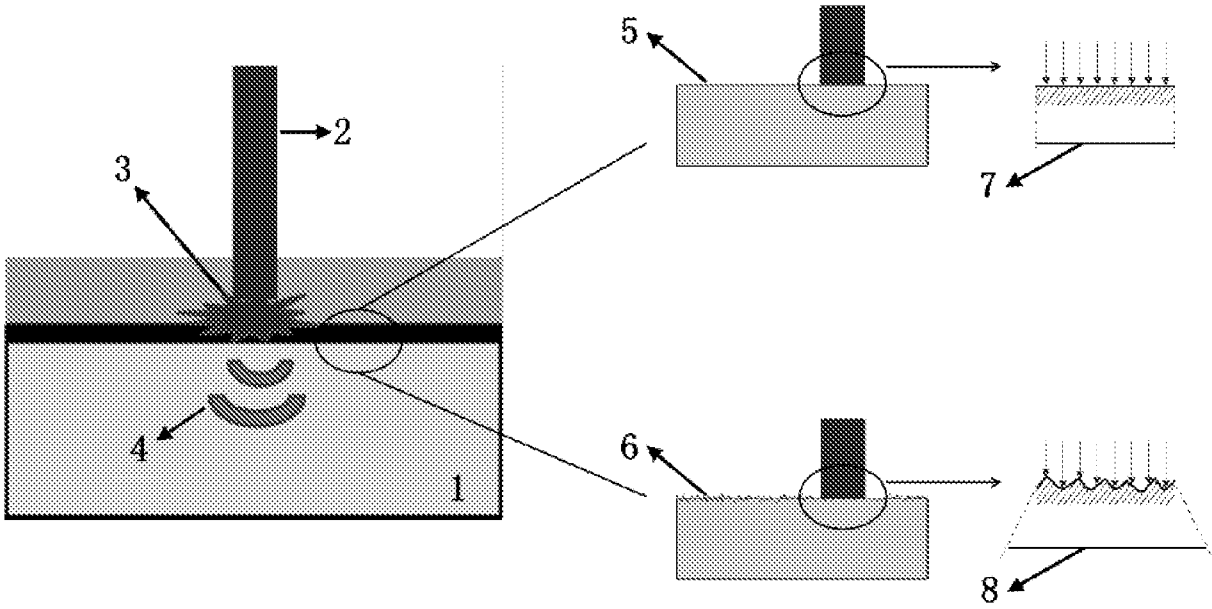


图 1

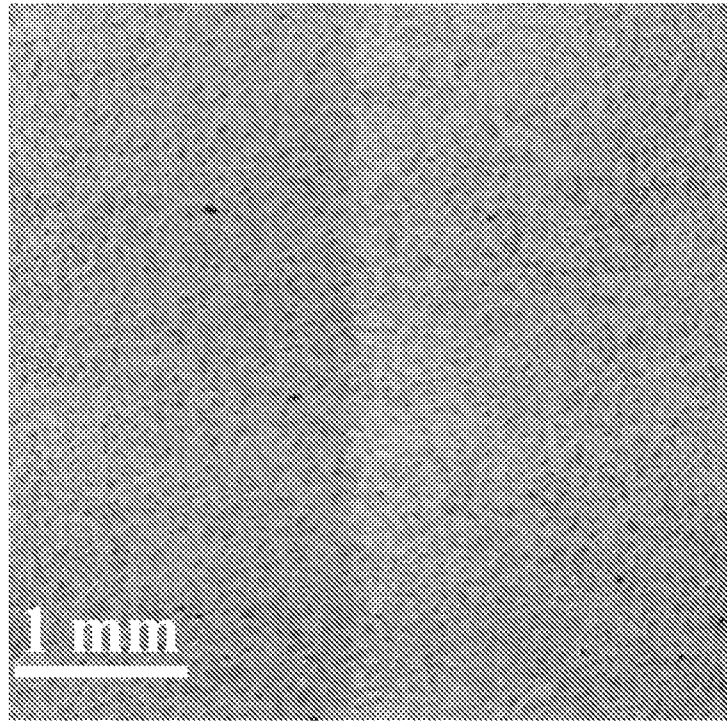


图 2

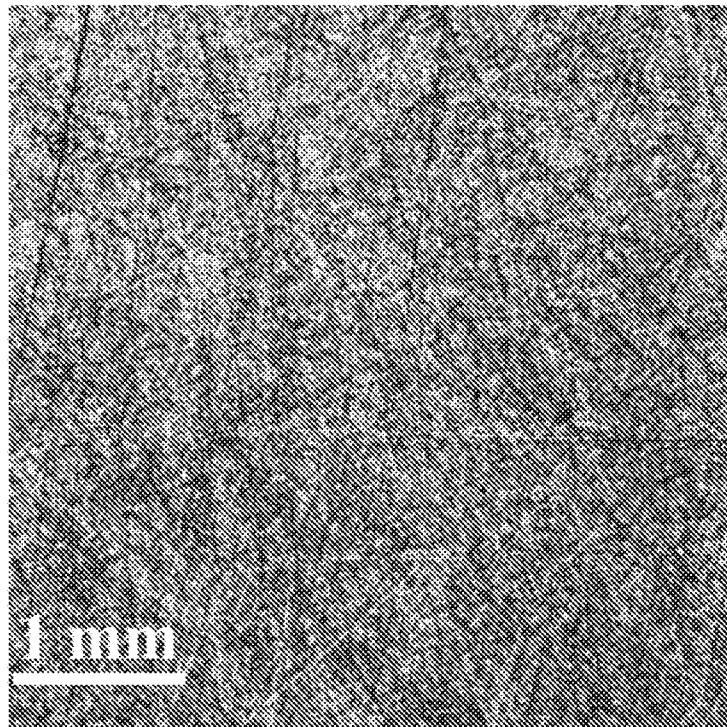


图 3

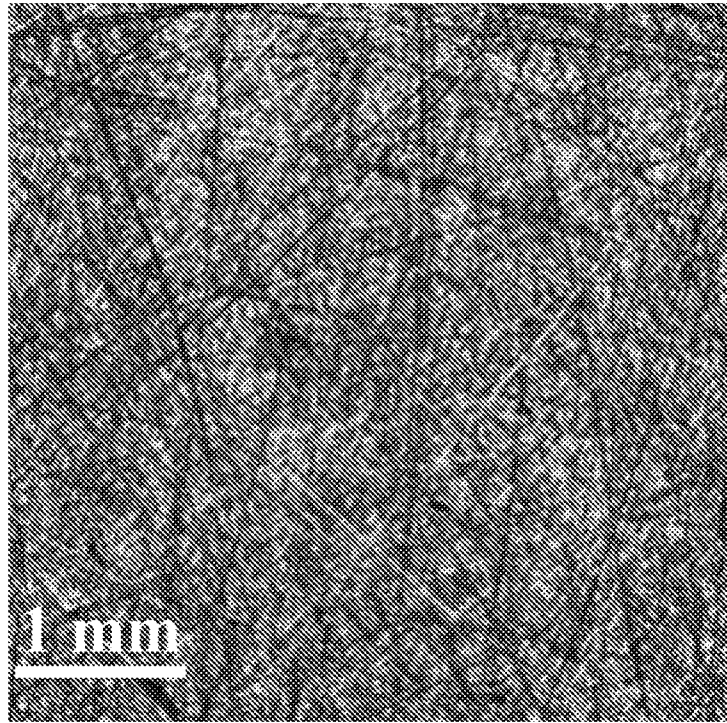


图 4

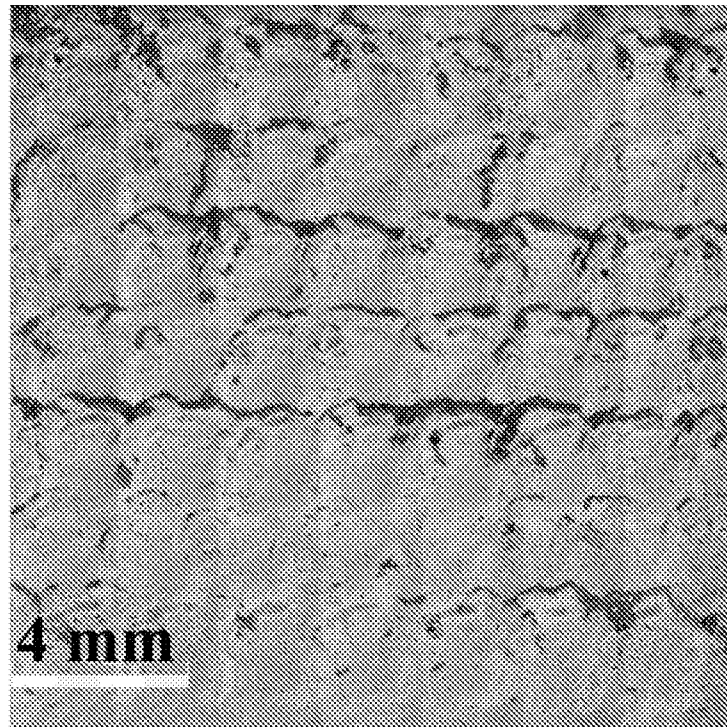


图 5

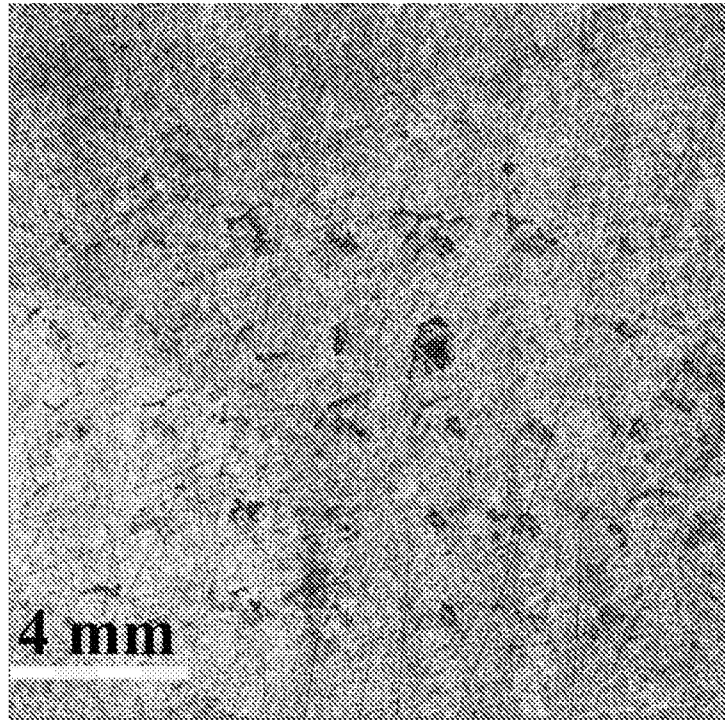


图 6

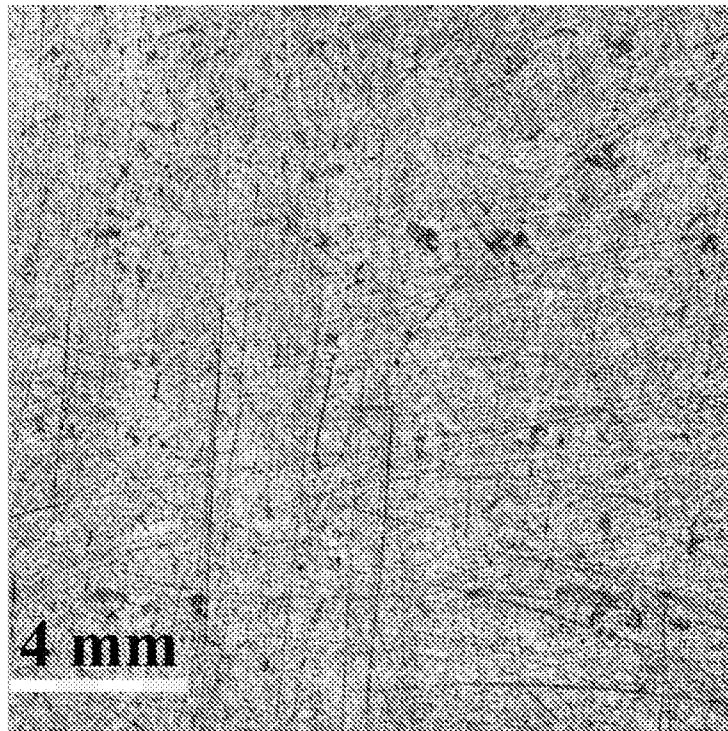


图 7

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2019/099029

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

C21D 10/00(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

C21D

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

DWPI; CNABS; CNTXT; SIPOABS; 中国期刊网全文数据库, CHINA JOURNAL FULL-TEXT DATABASE: 卢国鑫, 广东工业大学, 激光, 零件, 表面, 加强, 强化, 表面粗糙度, 冲击, laser, strengthen, surface, shock

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
PX	CN 109136529 A (GUANGDONG UNIVERSITY OF TECHNOLOGY) 04 January 2019 (2019-01-04) description, paragraphs 5-15	1-8
X	CN 108085479 A (SHENYANG INSTITUTE OF AUTOMATION, CHINESE ACADEMY OF SCIENCES) 29 May 2018 (2018-05-29) description, paragraphs 29-36	1-8
X	CN 105648201 A (JIANGSU UNIVERSITY) 08 June 2016 (2016-06-08) description, paragraphs 6-18	1-8
X	CN 102676750 A (JIANGSU UNIVERSITY) 19 September 2012 (2012-09-19) description, paragraphs 9-13	1-8
A	US 2006081573 A1 (FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT ZUR FÖDERUNG DER ANGEWANDTEN FORSCHUNG E.V.) 20 April 2006 (2006-04-20) description, paragraph 0026	1-8
A	CN 103320800 A (JIANGSU UNIVERSITY) 25 September 2013 (2013-09-25) description, paragraphs 23-24	1-8

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date

“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

12 October 2019

Date of mailing of the international search report

22 October 2019

Name and mailing address of the ISA/CN

China National Intellectual Property Administration
No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao Haidian District, Beijing
100088
China

Facsimile No. (86-10)62019451

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/CN2019/099029

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
CN	109136529	A	04 January 2019	None			
CN	108085479	A	29 May 2018	None			
CN	105648201	A	08 June 2016	None			
CN	102676750	A	19 September 2012	None			
US	2006081573	A1	20 April 2006	EP	1516068	A1	23 March 2005
				WO	2004003239	A1	08 January 2004
				AT	339527	T	15 October 2006
				US	7592563	B2	22 September 2009
				DE	10228743	A1	29 January 2004
				EP	1516068	B1	13 September 2006
				DE	10228743	B4	04 May 2005
				ES	2273034	T3	01 May 2007
				DE	50305051	D1	26 October 2006
CN	103320800	A	25 September 2013	CN	103320800	B	29 July 2015

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2019/099029

A. 主题的分类 C21D 10/00 (2006.01) i 按照国际专利分类 (IPC) 或者同时按照国家分类和 IPC 两种分类																							
B. 检索领域 检索的最低限度文献 (标明分类系统和分类号) C21D 包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献 在国际检索时查阅的电子数据库 (数据库的名称, 和使用的检索词 (如使用)) DWPI; CNABS; CNTXT; SIP0ABS; 中国期刊网全文数据库: 卢国鑫, 广东工业大学, 激光, 零件, 表面, 加强, 强化, 表面粗糙度, 冲击, laser, strengthen, surface, shock																							
C. 相关文件 <table border="1"> <thead> <tr> <th>类 型*</th> <th>引用文件, 必要时, 指明相关段落</th> <th>相关的权利要求</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>PX</td> <td>CN 109136529 A (广东工业大学) 2019年 1月 4日 (2019 - 01 - 04) 说明书第5-15段</td> <td>1-8</td> </tr> <tr> <td>X</td> <td>CN 108085479 A (中国科学院沈阳自动化研究所) 2018年 5月 29日 (2018 - 05 - 29) 说明书第29-36段</td> <td>1-8</td> </tr> <tr> <td>X</td> <td>CN 105648201 A (江苏大学) 2016年 6月 8日 (2016 - 06 - 08) 说明书第6-18段</td> <td>1-8</td> </tr> <tr> <td>X</td> <td>CN 102676750 A (江苏大学) 2012年 9月 19日 (2012 - 09 - 19) 说明书第9-13段</td> <td>1-8</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>US 2006081573 A1 (FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT ZUR FÖRDERUNG DER ANGEWANDTEN FORSCHUNG E. V.) 2006年 4月 20日 (2006 - 04 - 20) 说明书第0026段</td> <td>1-8</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 103320800 A (江苏大学) 2013年 9月 25日 (2013 - 09 - 25) 说明书第23-24段</td> <td>1-8</td> </tr> </tbody> </table>			类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求	PX	CN 109136529 A (广东工业大学) 2019年 1月 4日 (2019 - 01 - 04) 说明书第5-15段	1-8	X	CN 108085479 A (中国科学院沈阳自动化研究所) 2018年 5月 29日 (2018 - 05 - 29) 说明书第29-36段	1-8	X	CN 105648201 A (江苏大学) 2016年 6月 8日 (2016 - 06 - 08) 说明书第6-18段	1-8	X	CN 102676750 A (江苏大学) 2012年 9月 19日 (2012 - 09 - 19) 说明书第9-13段	1-8	A	US 2006081573 A1 (FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT ZUR FÖRDERUNG DER ANGEWANDTEN FORSCHUNG E. V.) 2006年 4月 20日 (2006 - 04 - 20) 说明书第0026段	1-8	A	CN 103320800 A (江苏大学) 2013年 9月 25日 (2013 - 09 - 25) 说明书第23-24段	1-8
类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求																					
PX	CN 109136529 A (广东工业大学) 2019年 1月 4日 (2019 - 01 - 04) 说明书第5-15段	1-8																					
X	CN 108085479 A (中国科学院沈阳自动化研究所) 2018年 5月 29日 (2018 - 05 - 29) 说明书第29-36段	1-8																					
X	CN 105648201 A (江苏大学) 2016年 6月 8日 (2016 - 06 - 08) 说明书第6-18段	1-8																					
X	CN 102676750 A (江苏大学) 2012年 9月 19日 (2012 - 09 - 19) 说明书第9-13段	1-8																					
A	US 2006081573 A1 (FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT ZUR FÖRDERUNG DER ANGEWANDTEN FORSCHUNG E. V.) 2006年 4月 20日 (2006 - 04 - 20) 说明书第0026段	1-8																					
A	CN 103320800 A (江苏大学) 2013年 9月 25日 (2013 - 09 - 25) 说明书第23-24段	1-8																					
☐ 其余文件在C栏的续页中列出。 ☒ 见同族专利附件。																							
* 引用文件的具体类型: “A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件 “E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利 “L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件 (如具体说明的) “O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件 “P” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件 “T” 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件 “X” 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性 “Y” 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性 “&” 同族专利的文件																							
国际检索实际完成的日期 2019年 10月 12日		国际检索报告邮寄日期 2019年 10月 22日																					
ISA/CN的名称和邮寄地址 中国国家知识产权局 (ISA/CN) 中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088 传真号 (86-10)62019451		受权官员 聂春艳 电话号码 86-(10)-53960077																					

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2019/099029

检索报告引用的专利文件			公布日 (年/月/日)	同族专利			公布日 (年/月/日)
CN	109136529	A	2019年 1月 4日	无			
CN	108085479	A	2018年 5月 29日	无			
CN	105648201	A	2016年 6月 8日	无			
CN	102676750	A	2012年 9月 19日	无			
US	2006081573	A1	2006年 4月 20日	EP	1516068	A1	2005年 3月 23日
				WO	2004003239	A1	2004年 1月 8日
				AT	339527	T	2006年 10月 15日
				US	7592563	B2	2009年 9月 22日
				DE	10228743	A1	2004年 1月 29日
				EP	1516068	B1	2006年 9月 13日
				DE	10228743	B4	2005年 5月 4日
				ES	2273034	T3	2007年 5月 1日
US	2006081573	A1	2006年 4月 20日	DE	50305051	D1	2006年 10月 26日
CN	103320800	A	2013年 9月 25日	CN	103320800	B	2015年 7月 29日

表 PCT/ISA/210 (同族专利附件) (2015年1月)