



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 114480803 B

(45) 授权公告日 2023.01.17

(21) 申请号 202210004732.2

(22) 申请日 2022.01.05

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 114480803 A

(43) 申请公布日 2022.05.13

(73) 专利权人 中国科学院力学研究所
地址 100190 北京市海淀区北四环西路15号

(72) 发明人 魏炳忱 胡铮 张坤 王志涛
张万昊 韩明 金孔杰 张国洪
戴国文 许成法

(74) 专利代理机构 北京和信华成知识产权代理
事务所(普通合伙) 11390
专利代理师 焦海峰

(51) Int.Cl.

G21D 7/06 (2006.01)

G21D 10/00 (2006.01)

F16D 13/64 (2006.01)

(56) 对比文件

CN 111876560 A, 2020.11.03

CN 112877536 A, 2021.06.01

CN 111041409 A, 2020.04.21

CN 112936112 A, 2021.06.11

US 2007107807 A1, 2007.05.17

曹子文等. 激光冲击与喷丸复合强化TC17钛合金表层残余应力研究.《表面技术》.2018,第47卷(第10期),

审查员 郭芳芳

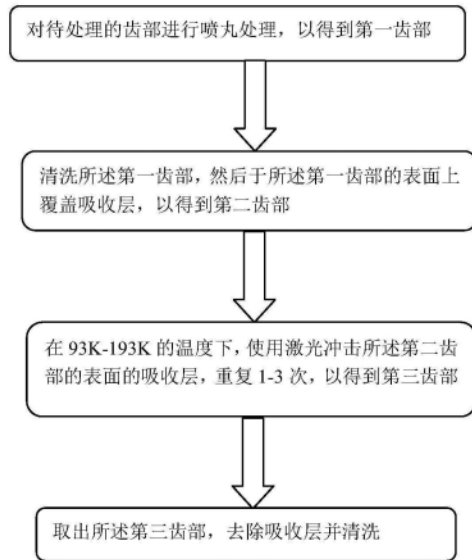
权利要求书1页 说明书5页 附图3页

(54) 发明名称

一种浮动摩擦片及其齿部强韧化的方法

(57) 摘要

本发明公开了一种浮动摩擦片及其齿部强韧化的方法,包括如下步骤:S1、对待处理的齿部进行喷丸处理,以得到第一齿部;S2、清洗所述第一齿部,然后于所述第一齿部的表面上覆盖吸收层,以得到第二齿部;S3、在93K-193K的温度下,使用激光冲击所述第二齿部的表面的吸收层,重复1-3次,以得到第三齿部;S4、取出所述第三齿部,去除吸收层并清洗;所述浮动摩擦片的至少部分具有齿部,所述齿部的至少部分经所述的方法处理。本发明利用超低温与超高应变率耦合诱导的高幅值压缩残余应力可以有效抑制疲劳裂纹的萌生,减慢疲劳裂纹的扩展速率;同时,摩擦片齿部内部晶粒进一步细化,材料强度再次提升。



1. 一种齿部强韧化的方法,其特征在于,包括如下步骤:
 - S1、对待处理的齿部进行喷丸处理以预置残余应力和位错,并得到第一齿部;
 - S2、清洗所述第一齿部,然后于所述第一齿部的表面上覆盖吸收层,以得到第二齿部;
 - S3、在93K-193K的温度下,减小原子间隙、增加位错滑移阻力和提高材料的位错容纳阈值,使用激光冲击所述第二齿部的表面的吸收层,重复1-3次,诱导齿部位错密度的增加,进而使得压缩残余应力幅值上升,超低温与超高应变率耦合诱导产生高密度堆垛层错缺陷,并诱导超细碳化物析出实现材料强化,以得到第三齿部;
 - S4、取出所述第三齿部,去除吸收层并清洗。
2. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,在步骤S1中,所述喷丸处理的丸粒为钢丸,弹丸直径为0.1mm-0.35mm,弹丸硬度为HRC55-HRC60,喷丸强度为0.24A-0.40A,表面覆盖率为100%-150%。
3. 根据权利要求1或2所述的方法,其特征在于,在步骤S2中,所述吸收层为黑漆、铝箔的其中之一。
4. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,在步骤S2中,所述激光冲击的设置参数包括:

脉宽为20-100ns、波长为500-1064nm,激光能量为2-10J、重复频率为1-5Hz、光斑直径为2-16mm,搭接率为0-50%。
5. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,在步骤S1中,所述喷丸处理包括如下步骤:
 - S101、将两个喷枪镜像设置于待处理齿部的其中一个齿的两侧;
 - S102、调节其中一个所述喷枪的喷射方向与所述齿的正对面相垂直,且该喷枪的喷射口距离该正对面的处于140mm-160mm之间;
 - S103、调节另一个所述喷枪的喷射方向与所述齿的正对面相垂直,且该喷枪的喷射口距离该正对面的处于140mm-160mm之间;
 - S104、旋转待处理齿部,使得待处理齿部的每个齿均在两个所述喷枪之间通过。
6. 一种浮动摩擦片,其特征在于,所述浮动摩擦片的至少部分具有齿部,所述齿部的至少部分经权利要求1-5中任一项所述的方法处理。

一种浮动摩擦片及其齿部强韧化的方法

技术领域

[0001] 本发明涉及车辆传动技术领域，具体涉及一种浮动摩擦片及其齿部强韧化的方法。

背景技术

[0002] 浮动支撑摩擦片是实现传动系统档位切换和功率传递的关键基础件，具有相对转速高、结构紧凑、传递功率大等特点，且在各种汽车以及工程车辆上广泛使用。在车辆运行过程中，摩擦片的齿部与内毂的齿部发生冲击碰撞，运行一段时间后，摩擦片会出现疲劳断裂，严重影响车辆的运行状态。通过对摩擦片的工作环境分析可知，摩擦片齿底属于薄弱区，承受最大的交变应力载荷。断口分析可知，疲劳断口萌生于齿底底部表面。因此，摩擦片齿部强韧化提升对提高车辆传动系统的使用可靠性具有决定性意义。

[0003] 目前，通过喷丸的方式，利用高速运动的弹丸冲击摩擦片齿部的表面，使其发生塑性变形，从而产生压缩残余应力、加工硬化和组织细化等有利的变化，能够一定程度的提升摩擦片齿部强韧度。然而这种处理方式产生的压缩残余应力幅值较低，影响层深度较小，尤其是喷丸表面粗糙度的均匀性不好，且粗糙度值偏高，对于摩擦片齿部强韧化提升有限。因此，本发明提出一种新的方法来实现摩擦片的齿部的进一步强韧化。

发明内容

[0004] 本发明的目的在于提供一种浮动摩擦片及其齿部强韧化的方法，以解决现有摩擦片齿部薄弱，易发生疲劳断裂的问题，该技术克服了一般技术中经喷丸处理的摩擦片齿部产生残余应力幅值较低导致摩擦片齿部强韧化程度不高的缺陷。

[0005] 为解决上述技术问题，本发明具体提供下述技术方案：

[0006] 一种齿部强韧化的方法，包括如下步骤：

[0007] S1、对待处理的齿部进行喷丸处理，齿根部位喷丸强化时，喷枪固定，摩擦片旋转，喷枪距摩擦片齿根为140mm-160mm之间；在齿根纵向轴线两侧倾角为30°的位置各布置一个喷枪对齿根喷丸，喷射方向与齿面垂直，以得到第一齿部；

[0008] S2、清洗所述第一齿部，然后于所述第一齿部的表面上覆盖吸收层，以得到第二齿部；

[0009] S3、在93K-193K的温度下，使用激光冲击所述第二齿部的表面的吸收层，重复1-3次，以得到第三齿部；

[0010] S4、取出所述第三齿部，去除吸收层并清洗。

[0011] 优选地，在步骤S1中，

[0012] 所述喷丸处理的丸粒为钢丸，弹丸直径为0.1mm-0.35mm，弹丸硬度为HRC55-HRC60，喷丸强度为0.24A-0.40A，表面覆盖率为100%-150%。

[0013] 优选地，在步骤S2中，

[0014] 所述吸收层为黑漆、铝箔的其中之一。

- [0015] 优选地,在步骤S2中,
- [0016] 所述激光冲击的设置参数包括:
- [0017] 脉宽为20-100ns、波长为500-1064nm,激光能量为2-10J、重复频率为1-5Hz、光斑直径为2-16mm,搭接率为0-50%。
- [0018] 优选地,在步骤S1中,所述喷丸处理包括如下步骤:
- [0019] S101、将两个喷枪镜像设置于待处理齿部的其中一个齿的两侧;
- [0020] S102、调节其中一个所述喷枪的喷射方向与所述齿的正对面相垂直,且该喷枪的喷射口距离该正对面的处于140mm-160mm之间;
- [0021] S103、调节另一个所述喷枪的喷射方向与所述齿的正对面相垂直,且该喷枪的喷射口距离该正对面的处于140mm-160mm之间;
- [0022] S104、旋转待处理齿部,使得待处理齿部的每个齿均在两个所述喷枪之间通过。
- [0023] 为解决上述技术问题,本发明还进一步提供下述技术方案:
- [0024] 一种浮动摩擦片,所述浮动摩擦片的至少部分具有齿部,所述齿部的至少部分经所述的方法处理。
- [0025] 本发明与现有技术相比较具有如下有益效果:
- [0026] 在本发明中,首先利用喷丸对摩擦片齿部进行预处理,细化齿部表面部分内部晶粒,增加位错;然后将待加工件置于超低温环境中,利用超低温环境下原子间隙减小,位错滑移阻力增加,材料的位错容纳阈值提高的特点,采用激光冲击强化的方法,进一步诱导齿部位错密度的增加,进而使得压缩残余应力幅值上升,超低温与超高应变率耦合诱导的高幅值压缩残余应力可以有效抑制疲劳裂纹的萌生,减慢疲劳裂纹的扩展速率;同时,摩擦片齿部内部晶粒进一步细化,材料强度再次提升。

附图说明

- [0027] 为了更清楚地说明本发明的实施方式或现有技术中的技术方案,下面将对实施方式或现有技术描述中所需要使用的附图作简单地介绍。显而易见地,下面描述中的附图仅仅是示例性的,对于本领域普通技术人员来讲,在不付出创造性劳动的前提下,还可以根据提供的附图引伸获得其它的实施附图。
- [0028] 图1为本发明所述的方法的流程示意图;
- [0029] 图2为本发明实施方式中实施例1、对比例1和对比例2中残余应力在不同深度下的原始数据图;
- [0030] 图3为本发明实施方式中多次实施实施例1的齿部表面粗糙度的原始数据图;
- [0031] 图4为本发明实施方式中多次实施对比例1的齿部表面粗糙度的原始数据图;
- [0032] 图5为本发明实施方式中多次实施对比例2的齿部表面粗糙度的原始数据图。

具体实施方式

- [0033] 下面将结合本发明实施例中的附图,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。

[0034] 如图1所示,本发明提供了一种齿部强韧化的方法,包括如下步骤:

[0035] S1、对待处理的齿部进行喷丸处理,以得到第一齿部;

[0036] S2、清洗所述第一齿部,然后于所述第一齿部的表面上覆盖吸收层,以得到第二齿部;

[0037] S3、在93K-193K的温度下,使用激光冲击所述第二齿部的表面的吸收层,重复1-3次,以得到第三齿部;

[0038] S4、取出所述第三齿部,去除吸收层并清洗。

[0039] 在本发明中,本可对所述喷丸处理的具体设置不作限制,但为了进一步细化齿部表面部分内部晶,故而优选地,在步骤S1中,所述喷丸处理的丸粒为钢丸,弹丸直径为0.1mm-0.35mm,弹丸硬度为HRC55-HRC60,喷丸强度为0.24A-0.40A,表面覆盖率为100%-150%。

[0040] 在本发明中,本可对所述吸收层的具体成分不作限制,但为了进一步提高强化效果稳定性,避免吸收层脱落导致样件损坏或强化失效,故而优选地,在步骤S2中,所述吸收层为黑漆、铝箔的其中之一。

[0041] 在本发明中,本可对所述激光冲击的设置参数不作限制,但为了进一步提高喷丸和超低温激光冲击强化效果,故而优选地,在步骤S2中,所述激光冲击的设置参数包括:脉宽为20-100ns、波长为500-1064nm,激光能量为2-10J、重复频率为1-5Hz、光斑直径为2-16mm,搭接率为0-70%。

[0042] 为了进一步提高喷丸处理的效率和效果,优选地,在步骤S1中,所述喷丸处理包括如下步骤:

[0043] S101、将两个喷枪镜像设置于待处理齿部的其中一个齿的两侧;

[0044] S102、调节其中一个所述喷枪的喷射方向与所述齿的正对面相垂直,且该喷枪的喷射口距离该正对面的处于140mm-160mm之间;

[0045] S103、调节另一个所述喷枪的喷射方向与所述齿的正对面相垂直,且该喷枪的喷射口距离该正对面的处于140mm-160mm之间;

[0046] S104、旋转待处理齿部,使得待处理齿部的每个齿均在两个所述喷枪之间通过。

[0047] 本发明还提供一种浮动摩擦片,所述浮动摩擦片的至少部分具有齿部,所述齿部的至少部分经所述的方法处理。

[0048] 下面将结合具体的实施例和对比例进一步说明所述的齿部强韧化的方法和经所述的方法处理的浮动摩擦片具有的优点。

[0049] 实施例1

[0050] 1)、取规格为 $\Phi 428*4$ mm的浮动摩擦片,其具有规格为模数 $m=3$,齿数 $Z=122$ 的环形齿面,作为待加工件;

[0051] 2)、对待加工件进行喷丸处理,喷丸丸粒选用钢丸,弹丸直径为0.17mm,弹丸硬度为HRC45,喷丸强度为0.24A,表面覆盖率为100%;

[0052] 3)、选用黑漆作为吸收层,并将经喷丸处理待加工件的表面完整覆盖吸收层;

[0053] 4)、将覆盖吸收层的待加工件置于制冷容器中,在制冷容器中使用液氮控制温度为123K;

[0054] 5)、对制冷容器中的待加工件进行激光冲击强化,激光冲击设置参数:脉宽为

30ns、波长为1064nm,激光能量为5J、重复频率为2Hz、光斑直径为4mm;搭接率为50%,冲击2遍,以得到产品。

[0055] 实施例2

[0056] 按照实施例1的方法进行,但与实施例1不同之处在于,

[0057] 在步骤5)中,激光冲击设置参数:脉宽为20ns、波长为500nm,激光能量为2J、重复频率为1Hz、光斑直径为2mm;搭接率为0%,冲击1遍。

[0058] 实施例3

[0059] 按照实施例1的方法进行,但与实施例1不同之处在于,

[0060] 在步骤5)中,激光冲击设置参数:脉宽为100ns、波长为1064nm,激光能量为10J、重复频率为3Hz、光斑直径为16mm;搭接率为70%,冲击3遍。

[0061] 实施例4

[0062] 按照实施例1的方法进行,但与实施例1不同之处在于,

[0063] 在步骤3)中选用铝箔作为吸收层。

[0064] 对比例1

[0065] 仅实施实施例1的步骤1)、步骤2)。

[0066] 对比例2

[0067] 按照实施例1的方法进行,但与实施例1不同之处在于,

[0068] 在步骤4)中将覆盖吸收层的待加工件置于常规容器中,且不进行任何温度控制。

[0069] 检测例1

[0070] 通过采用全二维探测器技术通过采集完整的德拜环衍射信息进行残余应力分析,检测实施例1-4、对比例1-2的产品的残余应力;

[0071] 通过TR2000型高精度表面粗糙度仪对样品表面粗糙度进行测量,检测实施例1-4、对比例1-2的产品的齿部表面粗糙度;

[0072] 通过MTSLandmark试验机,按照GB/T3075-2010疲劳测试标准进行,应力比为-1,检测实施例1-4、对比例1-2的的疲劳寿命。

[0073] 检测例1的残余应力和齿部表面粗糙度结果如表1所示,检测例1的疲劳寿命结果如表2所示。

[0074] 表1

	实施例 1	实施例 2	实施例 3	实施例 4	对比 例1	对比例 2
[0075] 压缩残余应力 (150 μm) (MPa)	-402.8	-372.1	-421.2	-387.6	0.1	-348.3
齿部表面粗糙度(μm)	2.6	2.9	3.2	3.1	4.2	2.9

[0076] 表2

产品	$\sigma_A(\text{MPa})$			分散指数
	$\sigma_{A,50\%}$	$\sigma_{A,95\%}$	$\sigma_{A,5\%}$	
对比例1	370.63	314.74	436.45	1.49
对比例2	405.45	382.68	429.56	1.13
实施例1	423.24	401.65	454.91	1.11
实施例2	418.27	394.31	443.18	1.13
实施例3	430.81	405.36	455.47	1.15
实施例4	415.38	391.75	439.57	1.14

[0077] 根据对比例1可知,通过激光强化可以有效增强经喷丸处理的齿部的残余应力,从而显著提高齿部的强韧化程度,通过齿部表面粗糙度和疲劳寿命的数据可知,激光强化可有效提高零件的寿命。

[0079] 通过对比例2可知,通过在超低温的条件下,对齿部进行激光强化,可以进一步提高齿部的强韧化程度,进一步改善零件的寿命;当温度为123K时且材料的应变率超过 10^6S^{-1} 时,两者能够耦合诱导的压缩残余应力的幅值达到最大。由实施例1、实施例4可知,选用黑漆可以进一步提高激光强化的效果,因黑漆可以较好的附着于样件,在多次冲击过程中不易剥落,从而保障每次冲击都可以产生强化,导致效果增强。

[0080] 如图2所示,通过对实施例1、对比例1和对比例2不同深度的残余应力测量,以排除检测例1的检测数据的偶然性,以进一步验证检测例1的结论。

[0081] 如图3-5所示,通过对实施例1、对比例1和对比例2多次实施,以实施的的次序为横坐标,以测量的实验数据为纵坐标,以排除检测例1的检测数据的偶然性,以进一步验证检测例1的结论。

[0082] 本发明的核心思路在于,通过利用喷丸在摩擦片齿部预置残余应力和位错,在低温环境中,形变诱导的位错在晶界槽中的湮灭过程被抑制,从而有利于形成更高的位错密度,然后利用超低温与超高应变率耦合,诱导产生高密度堆垛层错缺陷,有效钉扎位错,抑制位错滑移,同时,高密度位错也会诱导更多超细碳化物析出,从而实现材料强化。除此之外,激光冲击强化还进一步深化了材料残余应力层厚度,并且其能够降低喷丸引起的较高的表面粗糙度,促进表面粗糙度分布均匀,从而显著改善材料的疲劳寿命。

[0083] 综上所述,在喷丸和低温激光冲击强化协同作用下,喷丸和低温激光冲击强化达到的效果能够相互进行促进,从而发挥出一加一大于二的效果。

[0084] 以上实施例仅为本申请的示例性实施例,不用于限制本申请,本申请的保护范围由权利要求书限定。本领域技术人员可以在本申请的实质和保护范围内,对本申请做出各种修改或等同替换,这种修改或等同替换也应视为落在本申请的保护范围内。

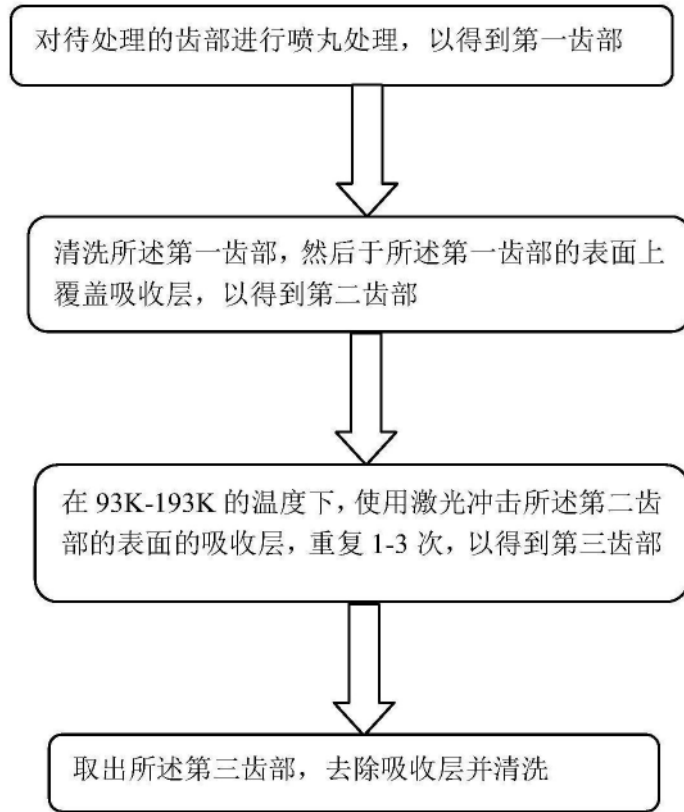


图1

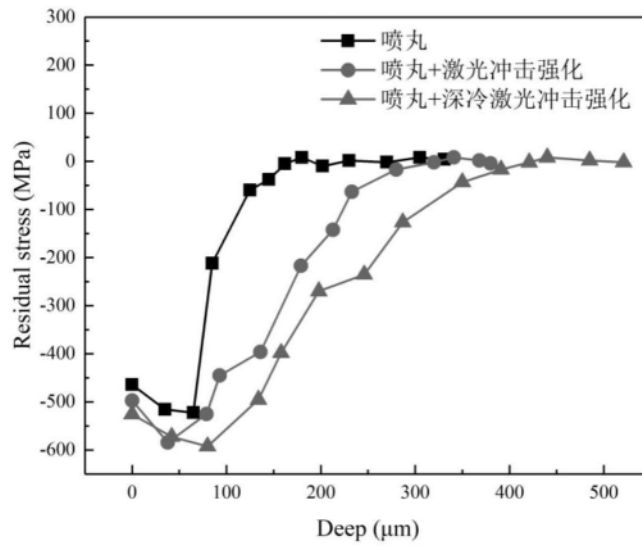


图2

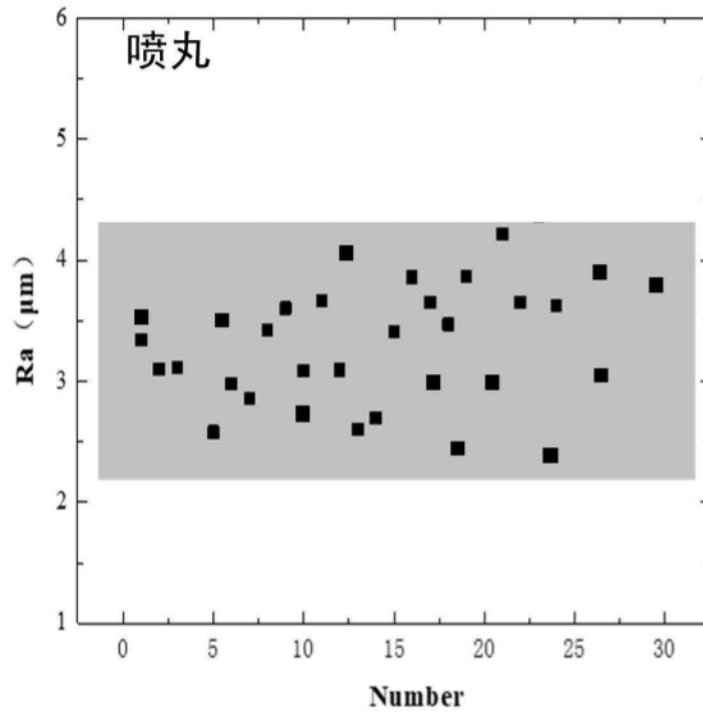


图3

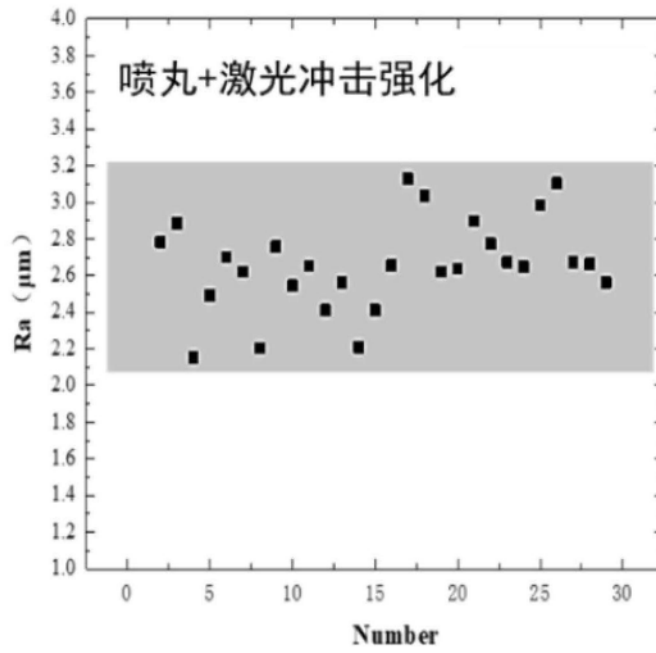


图4

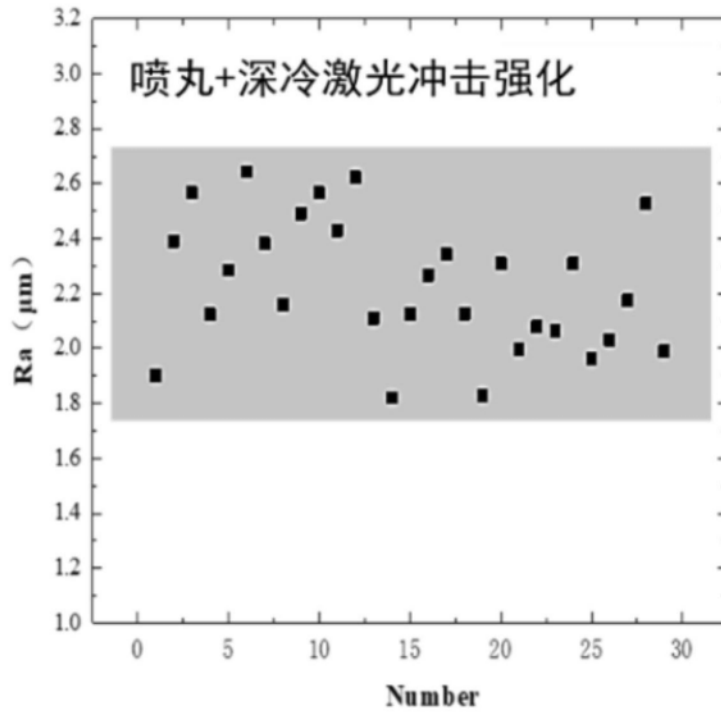


图5