



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102590000 B

(45) 授权公告日 2013. 12. 25

(21) 申请号 201210038994. 7

科技 I 辑》. 2011, (第 11 期),

(22) 申请日 2012. 02. 21

审查员 张艳艳

(73) 专利权人 南京航空航天大学
地址 210016 江苏省南京市御道街 29 号

(72) 发明人 傅玉灿 田霖 徐九华 徐鸿钧
丁文锋

(74) 专利代理机构 南京经纬专利商标代理有限
公司 32200

代理人 张惠忠

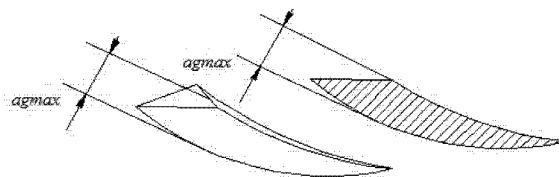
(51) Int. Cl.
G01N 3/56 (2006. 01)

(56) 对比文件
CN 202033261 U, 2011. 11. 09,
RU 2375693 C1, 2009. 12. 10,
US 4472961 , 1984. 09. 25,
程泽. 单颗磨粒超高速磨削镍基高温合金机理
研究. 《中国优秀硕士学位论文全文数据库 工程

权利要求书1页 说明书5页 附图2页

(54) 发明名称
一种单颗磨粒超高速磨削实验方法

(57) 摘要
本发明涉及单颗磨粒超高速磨削实验方法, 用于高仿真超高速条件下砂轮上单颗磨粒磨削过程, 属于研究难加工材料超高速磨削研究领域。方法包括装配实验装置, 制备试样, 控制磨轮走向, 判断试样等, 本发明提供的一种单颗磨粒超高速磨削实验方法, 能够更好地模拟超高速砂轮上单颗磨粒磨削过程, 通过改变试验的磨削用量参数, 可以很方便地获得不同单颗磨粒切削厚度的磨屑, 通过对磨屑微观形貌的观察研究材料去除机理, 为研究材料成屑过程提供实验支持。



1. 一种单颗磨粒超高速磨削的实验方法,其特征在于:方法如下:

1)、装配好磨轮,根据试件材料的不同选取不同种类,不同粒度,不同形状的超硬磨粒,将超硬磨粒固定在磨轮安装到磨削机上;

2)、试样制备:采用砂平磨试件表面,用石墨砂轮抛光,保证表面粗糙度 Ra 不大于 $0.4\mu m$,便于对刀;

3)、在磨削之前确定单颗磨粒切屑未变形切厚,其范围为 $0.01\sim 10\mu m$,设定磨削深度,磨削深度不能超过镶块上磨粒出露高度的三分之二,设定磨轮线速度,磨轮线速度与实际超高速磨削线速度相同;

4)、启动磨削机床开始首次磨削作业,控制磨轮在试样表面以螺旋线轨迹进行磨削,在试样表面形成一定深度的切屑,磨轮返回初始位置;

5)、磨削机床对试样进行再次磨削作业,控制磨轮螺旋线轨迹沿第一次磨削路径行进,在行进过程中磨轮沿轴向运动,在第一磨削切屑基础上磨出一道偏移的磨削切屑,控制磨削机轴向进给速度以保证两次螺旋磨削轨迹的螺距小于磨粒粒径,两次螺旋线轨迹的角度为大于 0° 小于 5° ;

6)、根据轨迹可知,第二次螺旋线所形成的切屑,其变形前厚度符合所要实现的单颗磨粒未变形切厚。

一种单颗磨粒超高速磨削实验方法

技术领域

[0001] 本发明涉及单颗磨粒超高速磨削实验方法,用于高仿真超高速条件下砂轮上单颗磨粒磨削过程,属于研究难加工材料超高速磨削研究领域。

背景技术

[0002] 单颗磨粒磨削实验是研究材料磨削机理,模拟复杂磨削过程的重要手段,旨在通过合理的计算,设计单颗磨粒与工件相对运动的实验装置,使得单颗磨粒在工件表面划过并形成划痕,从而研究砂轮上单颗磨粒与工件的相互作用过程。研究单颗磨粒磨削过程对分析磨削过程中的力、温度,材料的成屑机理以及砂轮地貌对工件加工表面质量的影响具有重要的指导意义,对磨削过程控制提供依据。磨削是机械制造中最重要的加工形式,是通过砂轮上的磨粒与工件相互作用来实现材料去除的。根据几何干涉关系,磨削过程中砂轮上每颗磨粒所切除的切屑,在其未被切除前被称为未变形切屑,其形状如图 1 所示。为模拟单颗磨粒去除材料的过程,由此产生了单颗磨粒磨削实验。上世纪八十年代 Ohbuchi Y. 与 Matsuo T. 开创了单颗磨粒划擦实验的先例,随后,众多学者不断改进其实验装置及方法,目的就是为了获得与图 1 所示相同的磨屑形状。

[0003] 建立高仿真性的单颗磨粒磨削试验对于研究切屑变形过程,单位磨削力,尺寸效应,磨粒磨损过程,磨削比能等磨削领域中的众多基础性问题都具有重要现实意义。

[0004] 传统的单颗磨粒磨削的缺点是未能真正模拟单颗磨粒真实磨削状态,只是划擦实验,成屑过程并非理论上“削”的过程,传统的单颗磨粒回转式划擦试验其运动轨迹所形成的未变形切屑形状是穹形,对称结构(如图 2 所示),而本发明的单颗磨粒磨削理论计算的切屑形状为楔形,即磨粒在工件表面作用为轨迹是摆线形状,如图 3 所示,其更符合 M. C. Shaw 提出的单颗磨粒未变形切屑形状,即更符合实际,其有利的证据是同粒度磨粒,同样用量条件下,前者其单颗磨粒切屑的厚度远远大于后者切屑厚度,更远远小于理论计算的单颗磨粒未变形切屑厚度。另外将磨粒抽象为规则的几何形状,不能反映真实磨粒的多刃性及切削刃形状复杂性。

[0005] 此外,传统单颗磨粒划擦实验都是在低速条件下,对于超高速条件下尤其是难加工材料(钛合金、高温合金,复合材料等)的单颗磨粒磨削实验装置与方法却鲜为人知,超高速磨削技术是先进制造技术的发展方向与研究前沿,同时难加工材料的超高速磨削技术是目前磨削领域研究的热点,为此,设计及完善超高速条件下高仿真性的单颗磨粒磨削实验装置及实验方法已成为研究难加工材料超高速磨削工作者所要面临的重要课题。

发明内容

[0006] 本发明提供了一种一种单颗磨粒超高速磨削的实验方法,解决上述单颗磨粒磨削实验无法模拟单颗磨粒真实磨削状态,不能反映真实磨粒的多刃性及切削刃形状复杂性。

[0007] 本发明采用如下技术方案:

[0008] 本发明所述的一种单颗磨粒超高速磨削的实验方法,其特征在于:方法如下:

[0009] 1)、装配好磨轮,根据试件材料的不同选取不同种类,不同粒度,不同形状的超硬磨粒,将超硬磨粒固定在磨轮安装到磨削机上;

[0010] 2)、试样制备:采用砂平磨试件表面,用石墨砂轮抛光,保证表面粗糙度 Ra 不大于 $0.4\mu\text{m}$,便于对刀;

[0011] 3)、在磨削之前确定单颗磨粒切屑未变形切厚,其范围为 $0.01\sim 10\mu\text{m}$,设定磨削深度,磨削深度不能超过镶块上磨粒出露高度的三分之二,设定磨轮线速度磨轮线速度与实际超高速磨削线速度相同;

[0012] 4)、启动磨削机床开始首次磨削作业,控制磨轮在试样表面以螺旋线轨迹进行磨削,在试样表面形成一定深度的切屑,磨轮返回初始位置;

[0013] 5)、磨削机床对试样进行再次磨削作业,控制磨轮螺旋线轨迹沿第一次磨削路径行进,在行进过程中磨轮沿轴向运动,在第一磨削切屑基础上磨出一道偏移的磨削切屑,控制磨削机轴向进给速度以保证两次螺旋磨削轨迹的螺距小于磨粒粒径,两次螺旋线轨迹的角度为大于 0° 小于 5° ;

[0014] 6)、根据轨迹可知,第二次螺旋线所形成的切屑,其变形前厚度符合所要实现的单颗磨粒未变形切厚。

[0015] 有益效果

[0016] 本发明提供了一种单颗磨粒超高速磨削实验方法,能够更好地模拟超高速砂轮上单颗磨粒磨削过程,通过改变试验的磨削用量参数,可以很方便地获得不同单颗磨粒切削厚度的磨屑,通过对磨屑微观形貌的观察研究材料去除机理,为研究材料成屑过程提供实验支持。

[0017] 观察磨粒磨损状态,了解磨粒与工件间摩擦作用机理;运用精密测力设备可以获得单颗磨粒磨削力数据,为研究尺寸效应,磨削比能提供宝贵的实验数据;同时镶块上可排布多排多颗磨粒,进行多颗磨粒磨削试验,为难加工材料磨削过程中的砂轮地貌设计与磨削用量优化提供可靠依据。

附图说明

[0018] 图 1 是本发明磨削过程中单颗磨粒未变形切屑形状示意图;

[0019] 图 2 是传统单颗磨粒超高速磨削机磨削工作示意图;

[0020] 图 3 是本发明单颗磨粒超高速磨削机磨削工作示意图;

[0021] 图 4 是传统单颗磨粒超高速磨削实验的切削路径示意图;

[0022] 图 5 是本发明单颗磨粒超高速磨削实验的切削路径示意图;

具体实施方式

[0023] 下面结合附图对本发明进一步详细说明:

[0024] 如图所示:一种单颗磨粒超高速磨削的实验方法,方法如下:

[0025] 1)、装配好磨轮,根据试件材料的不同选取不同种类,不同粒度,不同形状的超硬磨粒,将超硬磨粒固定在磨轮安装到磨削机上;

[0026] 2)、试样制备:采用砂平磨试件表面,用石墨砂轮抛光,保证表面粗糙度 Ra 不大于 $0.4\mu\text{m}$,便于对刀;

[0027] 3)、在磨削之前确定单颗磨粒切屑未变形切厚,其范围为 $0.01 \sim 10 \mu\text{m}$, 设定磨削深度,磨削深度不能超过镶块上磨粒出露高度的三分之二,设定磨轮线速度磨轮线速度与实际超高速磨削线速度相同;

[0028] 4)、启动磨削机开始首次磨削作业,控制磨轮在试样表面以螺旋线轨迹进行磨削,在试样表面形成一定深度的切屑,磨轮返回初始位置;

[0029] 5)、磨削机对试样进行再次磨削作业,控制磨轮螺旋线轨迹沿第一次磨削路径行进,在行进过程中磨轮沿轴向运动,在第一磨削切屑基础上磨出一道偏移的磨削切屑,控制磨削机轴向进给速度以保证两次螺旋磨削轨迹的螺距小于磨粒粒径,两次螺旋线轨迹的角度为大于 0° 小于 5° ;

[0030] 6)、根据轨迹可知,第二次螺旋线所形成的切屑,其变形前厚度符合所要实现的单颗磨粒未变形切厚。

[0031] 单颗磨粒的切削轨迹的理论计算是本发明的重点,根据磨削几何学及运动学知识可知:磨削过程中砂轮上一颗磨刃相对于工件的运动轨迹为砂轮圆周运动与工件进给运动二者的复合运动所形成的摆线轨迹,如图 4 示前一个磨刃的切削路径沿工件表面平移的距离 AA' 等于转过相邻切刃间隔时间内的工件平移量 S ,可用工件进给速度 v_w 乘以两次连续切削间隔时间 (L/v) 的积,磨粒的单颗磨粒未变形切屑最大厚度可表示为:

$$[0032] \quad a_{g\max} = 2\lambda \frac{v_w}{v_s} \sqrt{\frac{a_p}{d_s}} \quad (1)$$

[0033] 由上式可知,单颗磨粒磨削实验中,上式的 λ 等于砂轮外圆周长,如果仍采用实际的磨削用量参数,则得到的切屑厚度很大,随着工件进给速度的增大,切屑厚度也随之增大,直到极限值其为单颗磨粒磨削深度,而且磨屑弧长较长,这样的切屑不符合实际磨削形成的磨屑,但是本发明综合逆向与极限思维考虑,当工件以极小的进给速度运动时,形成的切屑厚度尺寸则很小,因此经过计算,采用合理的进给速度可以得到与砂轮磨削的磨屑形状、厚度相同的切屑。

[0034] 在实际磨削中,单颗磨粒切厚与磨削深度是两个不同的概念。磨削深度相对于整个砂轮而言,是指砂轮的径向进给量。而单颗磨粒切厚是指每一个磨粒去除的单个磨屑的厚度。两个值有各自不同的物理意义与几何意义。

[0035] 如图 5 所示,传统单颗磨粒划擦试验,磨粒切除的磨屑最大厚度等于砂轮的磨削深度,磨屑长度是磨削弧长的 2 倍。而在实际的砂轮磨削过程中,相比于磨削深度,单颗磨粒的切削厚度很小,一般比磨削深度小两至三个数量级,同时磨屑长度也小于两倍磨削弧长,因此单颗磨粒的划擦实验相当于放大了实际磨粒所受的载荷。在如此大的载荷作用下,磨粒在磨削时产生的力、温度、以及材料的去除机理都可能与实际的砂轮磨削相背离。因此,在进行单颗磨粒磨削实验时,为了使获得的实验结论更加接近实际,就必须保证单颗磨粒磨削实验中磨粒的运动轨迹符合砂轮磨削时磨粒的运动轨迹,这也是本课题的创新所在。

[0036] 假设单颗磨粒在工件表面划过两次,并且形成了两道划痕, s 为两道划痕的间距,且:

$$[0037] \quad s = v_w t \quad (2-3)$$

[0038] 式中, t 为磨粒旋转一周所用的时间:

$$[0039] \quad t = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{\pi d_s}{v_s} \quad (2-4)$$

[0040] 若要磨粒的运动轨迹符合实际,即磨粒在工件表面形成连续磨沟且磨屑厚度小于磨削深度,则必须满足:

$$[0041] \quad s < \frac{l}{2} \quad (2-5)$$

[0042] 式中, l 为:

$$[0043] \quad l = 2\sqrt{\left(\frac{d_s}{2}\right)^2 - \left(\frac{d_s}{2} - a_p\right)^2} = 2\sqrt{a_p d_s - a_p^2} \quad (2-6)$$

[0044] 将式 (2-3) 带入式 (2-5) 可得:

$$[0045] \quad v_w \frac{\pi d_s}{v_s} < \sqrt{a_p d_s - a_p^2}$$

$$[0046] \quad v_w < \frac{\sqrt{a_p d_s - a_p^2}}{\pi d_s} v_s \quad (2-7)$$

[0047] 可见,只有当 v_w 和 v_s 满足式 (2-7) 中的关系时,才能使单颗磨粒的运动轨迹更加接近实际,这样得到的试验结果才更加合理。

[0048] 根据上述理论是一种单颗磨粒超磨削实验装置,它由运动机构,单颗磨粒砂轮机构以及测力装置三部分组成。

[0049] 该实验装置的运动机构是用来实现单颗磨粒的复合运动的,其包括超高速旋转主轴、磁性工作台、精密虎钳、工作台纵横进给伺服机构以及主轴上下进给伺服机构,主轴旋转最高转速为 8000rad/min,工作台横向进给速度范围为 5 ~ 30000mm/min,根据不同的磨削用量组合条件,来实现单颗磨粒在工件上以摆线轨迹运动,完成切屑的形成过程,试验可获得单颗磨粒切屑厚度在 0.01325 μm ~ 0.2mm 很宽范围内的切屑。

[0050] 单颗磨粒砂轮包括砂轮基体、单颗磨粒镶块、平衡镶块、单颗超硬磨粒以及砂轮法兰,单颗超硬磨料钎焊于镶块上,平衡镶块与单颗磨粒镶块通过螺钉一顶一压固定于砂轮基体的 V 型槽内,此装配方式提高了镶块在砂轮基体超高速旋转下的抵抗离心力的强度,又起到自定心的作用,同时还具有快装快卸功能,方便进行大量实验和快速观察磨粒形貌;砂轮基体与法兰装配并连接于超高速旋转主轴上;所述测力装置包括 kistler 测力仪、电荷放大器以及数据信号处理 PC 机,测力仪吸合在磁性工作台上,工件装夹于精密虎钳装上,置于测力上。

[0051] 镶块外圆面可根据需要排布多排、多颗磨粒,以进行多颗磨粒的磨削实验。

[0052] 对钛合金 TC4 材料进行单颗磨粒超高速磨削实验,

[0053] A 制备 TC4 试件,尺寸为 30mm×20mm×50mm,用 SiC 砂轮磨削 30mm×20mm 的平面,然后用石墨砂轮抛光表面,表面粗糙度达到 0.16 μm 。选取 CBN 磨粒,磨粒型号为 36#,磨粒出露高度为 300 μm ,钎焊于单颗磨粒镶块上,单颗磨粒砂轮的直径为 400mm。

[0054] B 确定单颗磨粒磨削实验方案,为实现不同目的,本试验提供两个试验方案:

[0055] 方案一:实现不厚度磨屑的收集。首先确定要收集的单颗磨粒未变形切屑最大厚度即超高速磨削单颗磨粒磨屑厚 a_{gmax} 为 0.0157 μm ,0.0314 μm 、0.0471 μm ,线速度为 150m/s,则单颗磨粒超高速磨削实验的磨削深度 a_p 为 20 μm ,不超过镶块上磨粒出露高度的三分

之二,砂轮线速度 v_s 为 150m/s,磨粒间距 λ 为砂轮周长 1256mm,则根据单颗磨粒未变形切屑厚度公式解方程得到工件进给速度分别为:10m/min、20m/min、40m/min,

[0056] 磨削时,工件与砂轮之间没有轴向的相对进给,首先选择 10m/min 的进给速度,因此在工件表面会形成笔直的、宽度为磨粒粒径 500 μm ,深度为 20 μm 的磨沟,同时磨屑收集器收集到磨屑厚度为 0.0157 μm 的磨屑,收集完毕清洗收集器。

[0057] 然后进行 20m/min 进给速度的磨削实验,同时工件轴向移动 2mm,以便使之与 10m/min 所形成的磨沟错开,完成磨削后,在工件表面形成另一条与之前平行的一条磨沟,即宽度为磨粒粒径 500 μm ,深度为 20 μm 的磨沟,磨屑收集器则收集到磨屑厚度为 0.0314 μm 的磨屑

[0058] 最后进行 40m/min 进给速度的磨削实验,同样方法形成平行于上次的宽度为磨粒粒径 500 μm ,深度为 20 μm 的磨沟,磨屑收集器则收集到磨屑厚度为 0.0471 μm 的磨屑。

[0059] 方案二:单颗磨粒切屑的形状是楔形,因此方案二是针对如何获取确定的最大未变形切屑厚度的单个磨屑从薄到厚再到薄的切除过程中所形成的磨沟而进行的。首先确定要收集的单颗磨粒未变形切屑最大厚度即超高速磨削单颗磨粒磨屑厚 $a_{g\max}$ 为 0.0157 μm 。因此确定砂轮线速度为 150m/s,则单颗磨粒超高速磨削实验的磨削深度 a_p 为 20 μm ,单颗磨粒磨削实验过程中附加沿轴向的进给运动,即单颗磨粒相对于工件为螺旋线轨迹,控制轴向进给速度以保证螺距小于磨粒粒径,经计算轴向进给速度为 60mm/min。保证两次螺旋线轨迹的角度为 θ ,根据计算, θ 为 0.04° ,则根据轨迹可知,第二次螺旋线所形成的切屑即所要实现的单颗磨粒未变形切屑形状。

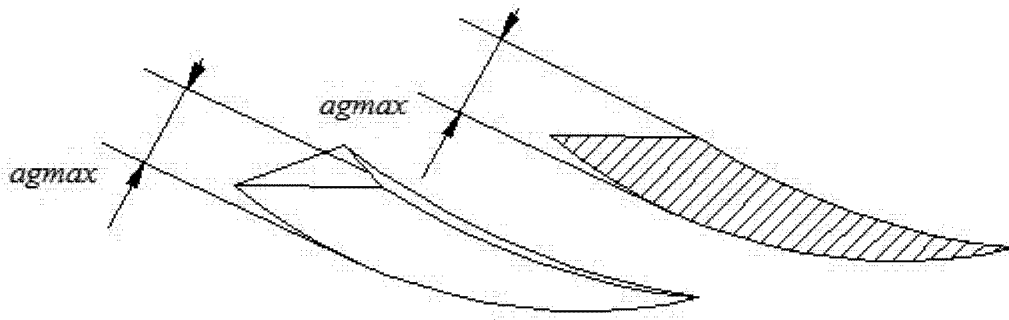


图 1

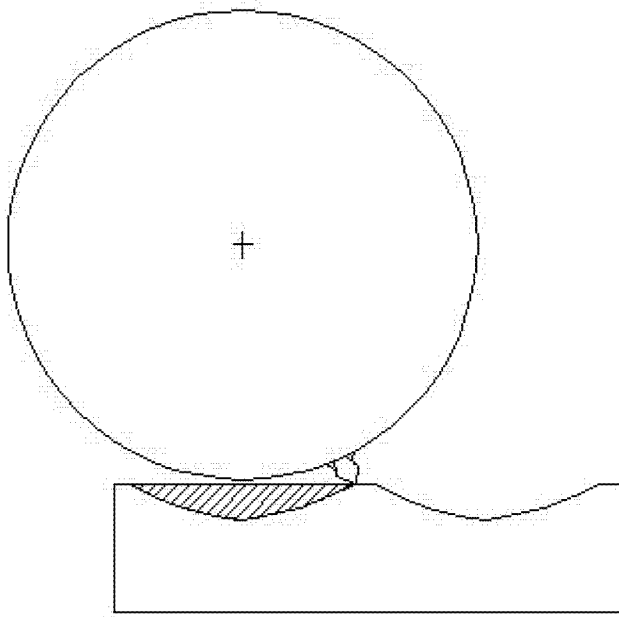


图 2

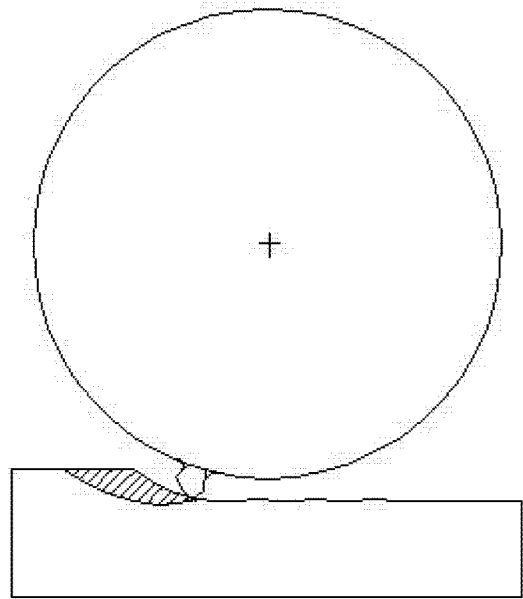


图 3

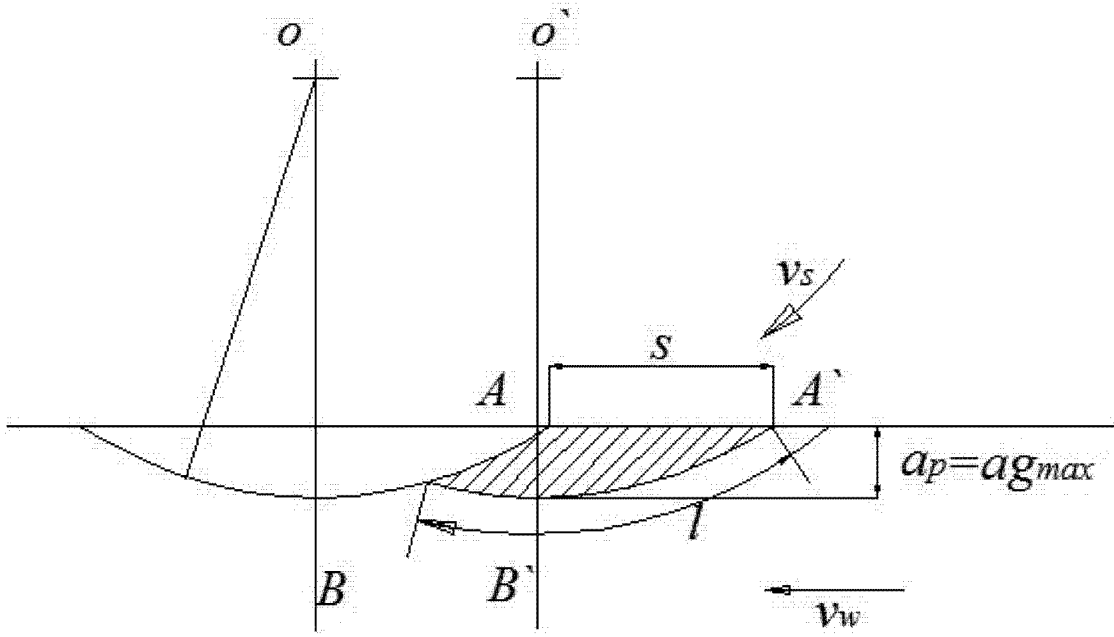


图 4

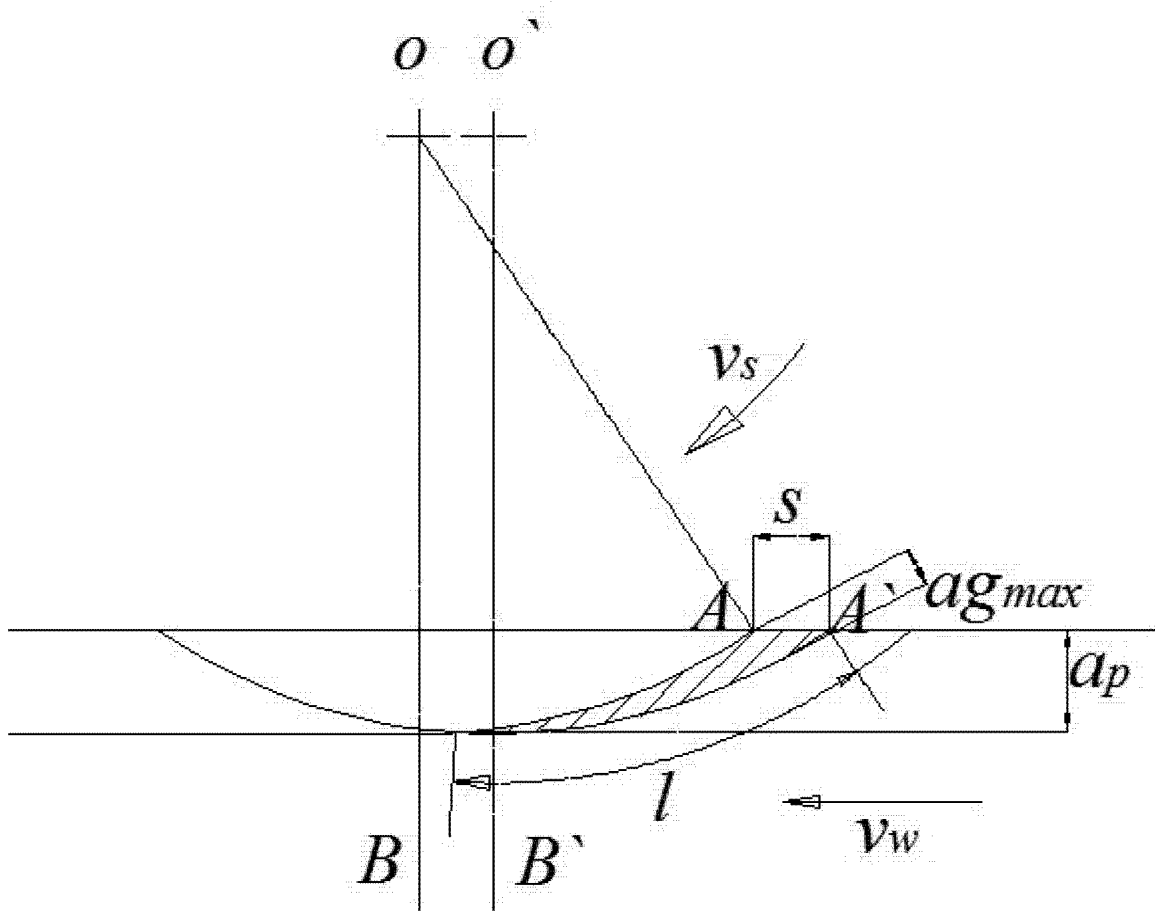


图 5