



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101687280 B

(45) 授权公告日 2013. 08. 07

(21) 申请号 200880021925. 7

(22) 申请日 2008. 04. 24

(30) 优先权数据

102007029787. 6 2007. 06. 27 DE

(85) PCT申请进入国家阶段日

2009. 12. 25

(86) PCT申请的申请数据

PCT/EP2008/003297 2008. 04. 24

(87) PCT申请的公布数据

W02009/000356 DE 2008. 12. 31

(73) 专利权人 通快机床两合公司

地址 德国迪琴根

(72) 发明人 J-M·韦克 A·米利希 U·里特尔

(74) 专利代理机构 永新专利商标代理有限公司
72002

代理人 侯鸣慧

(51) Int. Cl.

B23K 26/04 (2006. 01)

(56) 对比文件

JP 4295711 A, 1992. 10. 20,

JP 63108985 A, 1988. 05. 13,

US 5574225 A, 1996. 11. 12,

CN 1644297 A, 2005. 07. 27,

CN 1939644 A, 2007. 04. 04,

审查员 张永锋

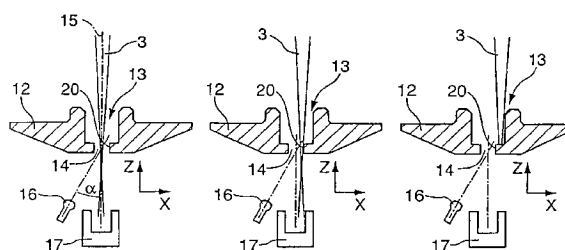
权利要求书2页 说明书9页 附图3页

(54) 发明名称

用于检测激光束在物体的棱边上的接触点的方法和激光加工机

(57) 摘要

本发明涉及一种用于检测聚焦的脉冲激光束 (3) 在物体 (12) 的棱边 (20) 上的接触点的方法, 所述棱边 (20) 优选形成在物体 (12) 的孔 (14) 上, 该方法包括以下步骤: a) 使激光束 (3) 相对于一棱边 (20) 在至少一个空间方向上优选与激光束轴 (15) 成直角地运动, 直至所述激光束 (3) 扫过所述棱边 (20), b) 测量在激光束 (3) 的运动过程中由所述激光束 (3) 光声地产生的声学振动, 和 c) 通过分析处理测得的声学振动来检测所述激光束 (3) 在所述棱边 (20) 上的接触点。如果所述激光束 (3) 在第一空间方向 (X) 上完全扫过所述孔 (14), 则能够检测到所述激光束 (3) 在所述孔 (14) 的棱边 (20) 上的两个相对置的接触点并且由此确定所述激光束 (3) 在所述孔 (14) 中的应有位置。本发明还涉及一种激光加工机, 其包括位于激光加工头上的激光加工喷嘴 (12), 在所述激光加工机上可以执行上述方法。



1. 用于检测聚焦的脉冲激光束(3)在物体(12,21)的棱边(20,22)上的接触点(B1至B6)的方法,该方法包括以下步骤:

a)使激光束(3)相对于棱边(20,22)在至少一个空间方向(X,Y)上与激光束轴(15)成直角地运动,直至所述激光束(3)扫过所述棱边(20,22),

b)测量在激光束(3)的运动过程中由所述激光束(3)光声地产生的声学振动,和

c)通过分析处理测得的声学振动来检测所述激光束(3)在所述棱边(20,22)上的接触点(B1至B6)。

2. 如权利要求1的方法,还包括以下步骤:

调节所述激光束(3)的焦点(F)在激光束轴(15)的方向上的位置,并且,重复所述步骤a)至c)。

3. 如权利要求1或2的方法,在该方法中,为了检测所述棱边(20,22)上的接触点(B1至B6),与位置相关地测量在所述棱边(20,22)上在侧沿(19a,19b)中上升的振动功率,并且,将所述接触点(B1至B6)对应于最大振动功率(M1,M2)的给定的百分比。

4. 如权利要求1或2的方法,在该方法中,所述棱边(20,22)形成在物体(12,21)的孔(14,23)上,所述激光束(3)在第一空间方向(X)上完全扫过所述孔(14,23),其中,检测在所述孔(14,23)的棱边(20,22)上的两个相对置的接触点(B1,B2 ;B5,B6),并且,借助检测到的两个接触点(B1,B2 ;B5,B6)确定所述激光束(3)在孔(14,23)中的实际位置或应有位置(S1,S3)。

5. 如权利要求4的方法,在该方法中,在确定了位于所述两个接触点(B1,B2 ;B5,B6)之间的中心上的应有位置(S1 ;S3)之后,使所述激光束(3)运动到所述应有位置(S1 ;S3)。

6. 如权利要求4的方法,在该方法中,由所述两个接触点(B1,B2 ;B5,B6)之间在第一空间方向(X)上的间距和另外两个接触点(B3,B4)之间在第二空间方向(Y)上的间距确定所述孔(14,23)的横截面尺寸。

7. 如权利要求4的方法,在该方法中,由所述激光束(3)从运动的起始点(SP)直至所述两个相对置的接触点(B1,B2)的相应运动路程确定所述激光束(3)的直径。

8. 如权利要求1的方法,其特征在于,所述棱边(20,22)构造在激光加工喷嘴(11)的喷嘴体(12)中的孔(14,23)上。

9. 如权利要求1的方法,在该方法中,所述激光束(3)相对于位置固定的棱边(20,22)运动,其方式是一个在射束通路上设置在所述棱边(20,22)前面的光学聚焦装置(10)倾斜和/或横向于激光束轴(15)地移动,和/或,至少一个在射束通路上设置在所述棱边(20,22)前面的转向镜(9.1,9.2)倾斜或者改变所述转向镜(9.1,9.2)的曲率半径。

10. 如权利要求1的方法,在该方法中,借助至少一个声学传感器(16,16')测量所述振动。

11. 如权利要求10的方法,在该方法中,所述至少一个声学传感器(16,16')为麦克风(16)。

12. 如权利要求1的方法,在该方法中,在分析处理所测得的振动时,将所述振动的特性与脉冲激光束(3)的特征量进行比较。

13. 如权利要求1的方法,在该方法中,在保护气体下进行所述运动和所述测量。

14. 如权利要求1的方法,在该方法中,由在射束通路中设置在喷嘴体(12)之后的物体

(21) 产生所测得的振动。

15. 如权利要求 14 的方法,其特征在于,所述物体(21)为板状。

16. 如权利要求 14 的方法,在该方法中,为了确定所述激光束(3)的聚焦位置(FL),改变所述激光束(3)的焦点(F)和板状物体(21)之间沿着所述激光束(3)的激光束轴(15)的间距。

17. 如权利要求 14 的方法,在该方法中,这样地选择所述物体(21)的材料,使得该材料比所述喷嘴体(12)的材料吸收更多的激光功率。

18. 激光加工机(1),包括:

位于激光加工头(4)上的激光加工喷嘴(11),脉冲的、聚焦的激光束(3)穿过所述激光加工喷嘴(11)的孔(14),其中,所述激光束(3)和所述孔(14)可相对于彼此在至少一个第一空间方向(X,Y)上与激光束轴(15)成直角地运动,直到所述激光束(3)扫过一个物体(12,21)的棱边(20,22),

至少一个声学传感器(16,16'),用于测量在所述激光束(3)的运动过程中光声地产生的声学振动,和

分析处理装置(18),该分析处理装置被设计成通过分析处理所测得的振动来检测所述激光束(3)在所述棱边(20,22)上的接触点(B1,B2 ;B5,B6)。

19. 如权利要求 18 的激光加工机,其特征在于,所述至少一个声学传感器(16,16')为麦克风(16)。

20. 如权利要求 18 的激光加工机,还包括一个自动化的运动装置(B),用于使在射束通路中设置在所述喷嘴体(12)前面的光学聚焦装置(10)横向于所述激光束(3)倾斜和/或移动。

21. 如权利要求 20 的激光加工机,在该激光加工机中,所述运动装置(B)设置在激光加工机(1)的激光加工头(4)中或者在激光加工机(1)的校准站(7)上,所述激光加工头(4)能够被带到所述校准站(7)中,以便确定所述激光束(3)相对于所述棱边(20,22)的实际位置或应有位置(S1至S3)和/或应有聚焦位置(FL),并且以便使所述激光束(3)运动到所述应有位置(S1至S3)和/或应有聚焦位置(FL)。

22. 如权利要求 18 至 21 之一的激光加工机,还包括一个物体(21),该物体(21)在射束通路上设置在喷嘴体(12)之后。

23. 如权利要求 22 的激光加工机,其特征在于,所述物体(21)为板状。

24. 如权利要求 22 的激光加工机,其特征在于,所述物体(21)具有一个形成在板状物体(21)的孔(23)上的棱边(22)。

25. 如权利要求 18 至 21 之一的激光加工机,还包括一个射束陷阱(17),用于保护所述声学传感器(16)免受散射光。

26. 如权利要求 18 至 21 之一的激光加工机,在该激光加工机中,所述声学传感器(16)设置在所述喷嘴体(12)上或者在一个空间方向(X)上相对于激光束轴(15)错位地定位在射束通路之外并且以相对于激光束轴(15)的角度(α)定向。

用于检测激光束在物体的棱边上的接触点的方法和激光加工机

技术领域

[0001] 本发明涉及一种用于检测聚焦的脉冲激光束在物体棱边上的接触点的方法,该棱边优选地形成在物体的孔上,还涉及一种具有位于激光加工头上的激光加工喷嘴的激光加工机。

背景技术

[0002] 在激光加工机中,需要尽可能精确地识别激光束在激光加工喷嘴内部的实际位置(XY 位置)和激光束相对于工件表面的聚焦位置(Z 位置)或者使激光束对准,也就是说将激光束定位在相对于喷嘴孔和/或相对于工件表面的应有位置上。为此可以检测激光束在喷嘴孔的棱边上的接触点或者在其它的适当定位的物体的棱边上的接触点。

[0003] 激光束相对于激光加工喷嘴的应有位置通常位于喷嘴孔的中心。在现有技术中,所述对准通常人工地进行。为此,在喷嘴孔上粘贴胶带并且用小的激光功率在胶带上烧出一个孔。射束位置从喷嘴中心的偏移通过肉眼和放大镜来确定。带有校准螺钉的相应的定位单元被用于修正射束位置,借助该定位单元能够在 X 方向和 Y 方向上改变激光束在喷嘴孔的与喷嘴轴线成直角地延伸的 XY 平面中的位置。该过程是不精确的、耗时的并且由于需要人工干预而不适合自动化的工艺流程。

[0004] 由 US 5,574,225 和 JP 04295711A 已知用于借助两个或者更多的声学传感器来确定脉冲激光束的位置的装置和方法,这些声学传感器具有相对于板状的光学元件的精确位置,该板状的光学元件设置在射束通路上。该脉冲激光束通过光声效应在光学元件中激发出声波,该声波被声学传感器检测到。时间上错置地进入到这些声学传感器中的信号的相位差用作激光束相对于延伸经过光学元件的中心的激光束的偏差的尺度。为了射束的准确对准,在 US 5,574,225 和 JP 04295711A 中描述的装置需要这些声学传感器的非常精确的定位。

[0005] 为了确定激光束的聚焦位置,即射束焦点相对于工件表面的位置,已知了各种不同的方法。在 JP 63108985A 中描述了一种应用光声效应的方法。在激光加工机的激光加工头沿着射束的传播方向运动时,工件上的射束直径发生变化。原则上,工件上的射束直径小,则产生的声学信号的强度就大,反之亦然。如果焦点落在工件的平面中,则材料表面上的激光斑点的直径最小且光声信号的强度最大。如果在分析处理声学信号时检测到最大强度,则焦点位于工件的平面中并由此确定聚焦位置。

发明内容

[0006] 本发明的目的是提供一种开头所述类型的方法和激光加工机,其允许检测激光束在一个优选形成于激光加工喷嘴的或工件的孔上的棱边上的接触点并由此允许以简单且可自动化的方式使激光束对准。

[0007] 按本发明,该目的通过包括以下步骤的方法实现:a)使激光束相对于一棱边在至

少一个空间方向上优选与激光束轴成直角地运动,直至所述激光束扫过所述棱边,b) 测量在激光束的运动过程中由所述激光束光声地产生的声学振动,和 c) 通过分析处理测得的声学振动来检测所述激光束在所述棱边上的接触点。接触点的位置坐标随后可以存储在存储装置中,该存储装置例如构造在控制单元中。

[0008] 为了检测激光束的接触点,按本发明利用了光声效应。沿着基本上与喷嘴轴线的方向相应的传播方向(Z方向)穿过喷嘴孔的脉冲激光束在喷嘴体中的孔内部或者向着棱边或者说在(测试)工件的孔内部在与该传播方向垂直的平面(XY平面)中移动,直到该激光束出现在通常金属的喷嘴体或者工件上并且在那里产生一个声波,该声波可以被声学传感器、优选麦克风接收。因此,对于按本发明的方法,只需要一个传感器,该传感器的精确定位并不起决定性作用。通过按本发明的方法确定激光束在棱边上的接触点的坐标。此外,在知道激光束运动之前起始点的位置坐标的情况下,确定激光束直到接触到棱边时的路程,由此也确定了射束在XY平面中的延伸尺寸。

[0009] 如果在调节了激光束在激光束轴的方向(Z方向)上的聚焦位置之后重新执行按本发明的方法,则允许通过多次重复来确定激光束相对于棱边在Z方向上的形状(射束聚焦)和最小的射束直径的位置。以这种方式检测激光束相对于激光加工喷嘴的孔或者相对于工件的聚焦位置。

[0010] 在按本发明的方法的一种优选变型中,为了检测在棱边上的接触点,与位置相关地测量在棱边的边缘上在侧沿中(Flanken)上升的振动功率并且使所述接触点对应于最大振动功率的给定的百分比,例如50%。在理想情况下,只要激光束无接触地通过孔或者从棱边旁经过,则麦克风接收不到任何信号。只有当激光束开始擦过孔的边缘并由此擦过棱边时,随着接触份额的增加,观察到的信号强度上升,这可作为特征曲线中的侧沿识别,在该特征曲线中,声学功率与位置相关地分布。

[0011] 在按本发明的方法中,激光束优选这样地运动,使得该激光束在第一空间方向上、例如在X方向上完全扫过所述孔,即,该激光束出现在喷嘴体上或者工件上的相对置的两个接触点上,这可以通过声学信号的上升(信号侧沿)确定。激光束在此优选沿着第一空间方向上的线运动。替代地,也可以使激光束沿着圆形轨迹或者其它的曲线相对于孔运动,直到该激光束出现在喷嘴体或者工件上的两个相对置的接触点上。在这种情况下,第一空间方向(在该第一空间方向上确定实际位置或应有位置)被确定为这样的线,该线使所述两个接触点彼此相连。

[0012] 如上所述,可以借助于测得的声学信号在第一空间方向上检测所述两个接触点。在知道激光束相对于孔运动过程中的接触点和运动轨迹时,可以确定激光束相对于孔的实际位置。替代地或者附加地,在知道接触点的情况下,也可以确定激光束的应有位置,该应有位置通常落在这两个接触点之间的中心,因为通常希望激光束在所述孔中定心地对准。显然,以上述方式不仅可以确定X方向上的而且可以确定Y方向上的实际位置或应有位置。如果已知两个方向上的应有位置,则激光束可以对准在孔的中心中,优选地也对准在喷嘴中心中。

[0013] 在一种有利的变型中,在确定了优选位于两个接触点之间的中心中的应有位置之后,激光束运动到该应有位置。因此,在确定了两个方向上的应有位置的情况下,激光束可以定位在喷嘴中心中。在运动到喷嘴中心之前,首先根据上述方法确定XY平面的两个空间

方向上的相应应有位置。但是,优选地,首先确定 X 方向上的应有位置并且随后在 X 方向上使激光束在孔中定心。之后才确定 Y 方向上的应有位置并且在该方向上对激光束定心。由此保证:在例如圆形的孔的情况下,该孔在 Y 方向上的总直径用于确定应有值,由此可以提高在检测接触点时的精度并且由此可以提高在确定 Y 方向上的应有值时的精度。

[0014] 尤其地,如果在确定 X 方向上的应有值之前激光束被定位在孔的边缘附近,以至于检测到的两个接触点相互间在 X 方向上具有小的间距,则为了提高所述精度,可以在激光束运动到 Y 方向上的应有位置中之后重新确定 X 方向上的应有位置。在再次确定 X 方向上的应有位置时,在例如圆形孔的情况下,这两个接触点之间较大的间距供使用,这提高了在确定应有位置时的精度。显然,第二方向并不一定必须与第一方向成直角地延伸。而是这两个方向也可以相互间具有例如 120° 或 60° 的角度并且不必与激光加工机的运动轴线(X 或 Y)重合。

[0015] 在知道两个接触点的情况下,要么可以确定孔的直径,优选是喷嘴孔的直径,要么可以在已知孔直径的情况下由激光束从运动起始点至相对置的接触点的相应运动路程确定激光束在第一空间方向上的直径。

[0016] 在一种有利的变型中,从这两个接触点之间在第一空间方向上的间距和另外两个接触点之间在第二空间方向上的间距确定孔的横截面尺寸。尤其是在圆形的喷嘴孔的情况下,以这种方式可以确定孔直径。因此,按本发明的方法作为喷嘴更换之后的可信性控制使用,其中,引入了用于使测得的值与实际直径相关的标定测量。

[0017] 在另一种有利的变型中,激光束相对于位置固定的棱边运动,其中,要么激光加工头运动,要么优选地一个设置在射束通路上的光学聚焦装置尤其是自动地倾斜和/或横向于激光束移动,和/或,至少一个在射束通路上设置在所述棱边前面的转向镜尤其是自动地倾斜或者改变所述转向镜的曲率半径。在横向于激光束移动的过程中,光学聚焦装置在垂直于其光学轴的平面中运动。替代地或附加地,激光束的运动可以通过例如光学聚焦装置之前的最后一个或倒数第二个转向镜的倾斜进行,或者,在激光束保持位置固定的情况下可以移动喷嘴体。为了使激光束焦点沿着激光束轴(在 Z 方向上)运动,优选的是改变设置在光学聚焦装置前面的转向镜的曲率半径。

[0018] 在另一种特别有利的变型中,所述振动借助至少一个声学传感器、优选麦克风测量。该麦克风如此地定向,使得其尽可能只接收光声地产生的声学信号。该麦克风要么接收来自喷嘴体或工件本身的固体声,要么接收来自空气的声学信号。测量装置将麦克风输出的电压信号转换成数字信号。由数字信号计算出频谱(傅里叶分析)并且表示为与频率相关的功率(FFT 功率)。一个或多个其它的声学传感器可以设置用于控制测量或者用于改善精度。

[0019] 在一种优选的变型中,在分析处理测得的振动的过程中,将该振动的特性与脉冲激光束的特征量进行比较。在这种情况下,将测得的振动的特性、尤其是频率和相位与脉冲激光束的脉冲宽度、脉冲频率和相位比较,以便排除错误测量(例如来自驱动装置的干扰噪声)。

[0020] 在另一种优选的变型中,所述运动和测量在保护气体下进行。为了保护光学聚焦装置和喷嘴体,在此可以产生保护气体流动,其中,作为保护气体使用例如氮气。保护气体即便在高的激光功率、尤其是工作功率的情况下也允许执行测量,以至于也可以控制对射

束通路中在喷嘴之前的光学元件的热变化的影响,并且,尤其是可以控制射束位置与光学轴的偏差。

[0021] 在一种特别有利的变型中,测得的振动由一个在射束通路中设置在喷嘴体之后的、优选板状的物体(工件)产生。如果激光束在喷嘴孔的XY平面上移动并且出现在喷嘴孔的边缘上,则在板状物体上可供使用的激光功率小。这导致在该物体中产生的声学信号的强度减弱。显然,在这种情况下,在喷嘴体内产生的声学信号必须被屏蔽,以便能够通过声学传感器仅仅测量到由板状物体产生的信号。

[0022] 在该变型的一种有利的扩展方案中,为了确定激光束的聚焦位置,即为了确定焦点和工件平面之间的间距,激光束的焦点和板状物体之间沿着激光束的传播方向的间距发生变化,如由JP 63108985A在原理上所公开的那样。在物体沿着传播方向运动的过程中,板状物体上的聚焦直径变化。通常,物体上的聚焦直径小会导致所产生的声学信号的强度高,反之亦然。如果焦点落在物体的平面中,则材料表面上的激光斑点的直径最小且光声信号的强度最大。如果在分析处理声学信号时检测到最大强度,则聚焦位置位于板状物体的平面中,由此确定了聚焦位置。以这种方式确定的聚焦位置可以与给定的应有聚焦位置比较,该应有聚焦位置通常这样地选择,使得焦点落在工作平面或工件平面中。如果给定的应有聚焦位置和借助测量检测到的聚焦位置相互偏离,则可以借助测量结果修正聚焦位置。

[0023] 为了改变聚焦位置并由此改变物体上的聚焦直径,存在以下可能性:用于激光束的光学聚焦装置和/或板状物体可以在激光束的传播方向上行进。替代地或附加地,整个激光加工头在Z方向上行进,而板状物体静止。但是优选的是,调节一个在射束通路上在喷嘴体前面的适应性的转向镜。这样的适应性的转向镜例如在其背面被水冲刷。通过不同的水压来改变该镜的曲率半径并且由此改变焦点。

[0024] 在另一种优选的扩展方案中,板状物体的材料被这样地选择,使得该材料比喷嘴体的材料吸收的激光功率多。如果为板状物体使用一种比喷嘴体的通常金属的材料吸收更多能量的材料,例如陶瓷,则声学信号被加强并且可以以更小的激光功率执行所述测量,以至于喷嘴体遇到的功率小并且由此得到保护。

[0025] 按本发明的方法也能够实现激光束在激光加工喷嘴中的定心,以及检测和调节激光束相对于激光加工喷嘴或者(测试)工件的聚焦位置。当声学信号直接在喷嘴孔的边缘上产生时,该方法允许仅借助于激光加工喷嘴作为测量目标进行定心以及调节聚焦位置。以这种方式不必为了测量而强制性地插入一个特别的物体。

[0026] 在一种激光加工机中实现了本发明,该激光加工机包括:位于激光加工头上的激光加工喷嘴,脉冲的、聚焦的激光束穿过该激光加工喷嘴的孔,其中,激光束和所述孔可相对于彼此在至少一个空间方向上与激光束轴成直角地运动,直到所述激光束扫过一个物体的棱边,所述棱边优选地形成在所述物体的孔上;至少一个声学传感器、优选麦克风,用于测量在所述激光束的运动过程中光声地产生的声学振动;和分析处理装置,该分析处理装置被设计成通过分析所测得的振动来检测所述激光束在所述棱边上的接触点。

[0027] 在一种优选的实施形式中,激光加工机还包括一个优选自动化的运动装置,用于使在射束通路中设置在所述喷嘴体前面的光学聚焦装置倾斜和/或横向于所述激光束移动。该移动可以例如借助步进电机发生,由此同时提供关于运动路程的信息。

[0028] 在另一种有利的实施形式中,该运动装置设置在激光加工机的激光加工头中或者

在激光加工机的校准站上,所述激光加工头被带到所述校准站中,以便确定所述激光束在所述孔中的实际位置或应有位置和 / 或应有聚焦位置并且能够使所述激光束运动到所述应有位置和 / 或应有聚焦位置。在第一种情况下,用作运动装置的步进电机直接安装在激光加工头上在通常的校准螺钉的位置处,使得能够实现激光束相对于喷嘴边缘的自动对准。在后一种情况下,步进电机位于调节主轴上,该调节主轴耦接在位于校准位置的校准站中,激光加工机能够行进到该校准站中以调节射束位置。

[0029] 在一种优选的实施形式中,激光加工机还具有一个优选板状的物体,该物体设置在射束通路上在喷嘴体之后并且优选具有一个尤其形成在所述板状物体的孔上的棱边。如上所述,该物体的材料可以如此地选择,使得该材料比喷嘴体的材料吸收更多的激光辐射,以至于可以在射束功率较小的情况下执行所述测量,由此保护喷嘴体。此外,物体可以具有孔或棱边,使得可以调节激光束相对于该孔或棱边的聚焦位置。

[0030] 在一种有利的实施形式中,激光加工机还包括一个射束陷阱,用于保护所述声学传感器免受散射光影响。该射束陷阱与孔边缘相距适当距离地设置在射束通路中在喷嘴体下方并且吸收激光束,由此保护声学传感器免受激光辐射的破坏。

[0031] 在一种特别优选的实施形式中,所述声学传感器在一个空间方向上相对于激光束轴错位地定位在射束通路之外并且相对于激光束轴成一角度地定向。以这种方式减小了干扰噪声的影响,该干扰噪声不是通过光声效应产生的。但是,声学传感器的定位不仅用于通过相对于喷嘴或相对于板状物体的适宜对准来减弱干扰噪声,而且对测得的强度有决定性的影响。在激光功率不变的情况下,在光学传感器的一定的位置 / 角度下测得的最大值比在其它的位置 / 角度下测得最大值明显更大。特征曲线中的最大值越强,在确定接触点时的精度就越高,因为在这种情况下特征曲线的侧沿更加陡峭。同样在圆形的孔情况下,角度以及空间方向(声学传感器在该空间方向上相对于喷嘴轴错位地定位)对强度最大值有决定性的影响,因为在激光加工机中相对于孔非旋转对称地设置的构件可以影响所述测量。

附图说明

[0032] 本发明的其它优点由说明书和附图得出。同样,以上所述的和尚待进一步说明的特征可以各自应用或者成组地以任意组合应用。所示的和所述的实施形式不应理解为穷尽性的列举,而是具有用于描述本发明的很多示例性的特征。附图中:

[0033] 图 1 示出按本发明的激光加工机的一种实施形式的示意性视图;

[0034] 图 2a, b 示出图 1 的激光加工机的激光加工头的剖面的示意性视图;

[0035] 图 3a-c 示出激光束从初始位置向孔的边缘的第一侧运动的示意性视图;

[0036] 图 4a-c 示出图 3a-c 的激光束向孔的边缘的相对一侧运动的示意性视图;

[0037] 图 5 示出声学功率的测量曲线的示意性视图,该声学功率在图 3a-c 和图 4a-c 中的激光束的运动中产生;和

[0038] 图 6 以俯视图示出激光加工喷嘴的孔的示意性视图,其中激光束的应有位置在孔的接触点之间。

具体实施方式

[0039] 图 1 示出一种激光加工机 1,其带有一个具有多个光学元件 2.1 至 2.5 的光学装

置,该光学装置用于将激光束 3 射束导向到用于加工(未示出的)工件的激光加工头 4 上。为了使激光加工头 4 沿着一个定义了工作平面 5 的加工台在 XYZ 坐标系的第一空间方向 X 上运动,该激光加工头 4 固定在一个可在第一空间方向 X 上行进的滑座 6 上,如通过双箭头所示的那样。该激光加工头 4 还可以沿第二空间方向 Y 在工作平面 5 中行进,其方式是激光加工头 4 沿着滑座 6 移动,如同样通过双箭头所示的那样。该激光加工头 4 能够以这种方式在两个空间方向 X、Y 上在加工台的整个工作平面 5 上移动并且对定位在该加工台上的工件进行加工。激光加工头 4 还可以被带到位于加工台 5 边缘处的校准位置中,在那里设置有一个校准站 7,在该校准站 7 上可以对激光加工头 4 进行校准,如继续在下面详细描述的那样。

[0040] 脉冲激光束 3 从未示出的激光源出发经过第一镜 2.1 被导向到补偿元件 8,该补偿元件 8 具有两个另外的镜 2.2 和 2.3 并且可在第一空间方向 X 上移动,如通过另一个双箭头所示的那样。通过补偿元件 8 的移动可以保持激光束 3 在激光加工机 1 中的射束路程恒定。在借助两个另外的、设置在滑座 6 中的镜 2.4 和 2.5 使激光束 3 从第一空间方向 X 转向至第二空间方向 Y 之后,激光束 3 进入到激光加工头 4 内,在那里借助第一和第二转向镜 9.1 和 9.2 使激光束 3 从第二空间方向 Y 转向至第三空间方向 Z。第二转向镜 9.2 在此构造为适应性的镜,即:该第二转向镜 9.2 能够改变其形状,以便最终地形成激光束 3。在第二转向镜 9.2 之后,激光束 3 通过用于聚焦激光束 3 的光学聚焦装置 10 出现在激光加工喷嘴 11 的工作平面 5 中的焦点 F 上,如在图 2a, b 中详细地在激光加工头 4 的剖视图中示出的那样。激光加工喷嘴 11 具有一个金属的喷嘴体 12,在该喷嘴体 12 内设置有一个具有圆形孔 14 的喷嘴孔 13,在图 2a, b 中,激光束轴 15 延伸通过该孔 14 的中心。

[0041] 为了确定激光束 3 相对于孔 14 的位置,激光加工头 4 被带至所述校准站 7。如图 3a 所示,在该校准站 7 上如此设置一个作为声学传感器的麦克风 16,使得在激光加工头 4 行进到该校准位置时,麦克风 16 在第一空间方向 X 上相对于激光束轴 15 错位地在喷嘴体 12 之后的射束通路外部且以相对于激光束轴 15 成 30° 的角度 α 定向。为了保护麦克风 16 免受由激光束 3 引起的漫射光影响,激光束 3 被射束陷阱 17 吸收。此外,为了保护喷嘴体 12 免受损害,该喷嘴体 12 被(未示出的)由氮气组成的保护气流保护。

[0042] 为了将激光束 3 定位在喷嘴中心的应有位置上(在圆形的孔 14 的情况下该应有位置与激光束轴 15 在喷嘴中心中的位置重合),需要的是:首先确定第一空间方向 X(以下简称:X 方向)上的应有位置。为此目的,激光束 3 从图 3a 中所示的初始位置沿着正的 X 方向运动,其方式是在图 2 中示出的光学聚焦装置 10 在 X 方向上移动。在该运动过程中,激光束 3 首先接触孔 14 的边缘(见图 3b),随后继续在 X 方向上移动,直到激光束 3 完全出现在喷嘴体 12 上,见图 3c。随后,如在图 4a 中所示,激光束 3 沿着负的 X 方向首先往回运动到初始位置,随后在激光束 3 完全出现在喷嘴体 12 上(见图 4b)之前首先接触喷嘴孔 14 的边缘(图 4b)。因此,在激光束 3 的如图 3a-c 和图 4a-c 所示的运动过程中,该激光束 3 在 X 方向上完全扫过该喷嘴孔 14 并且出现在该孔 14 棱边 20 上的相对两侧上。

[0043] 如果脉冲激光束 3 在以上描述的运动过程中出现在金属的喷嘴体 12 上(见图 3b, c 和图 4b, c),则该激光束 3 在那里激发一个光声波。因此,该脉冲激光束 3 激发一个声学信号,该声学信号的频率相应于该激光束的脉冲频率。对于相应地选择的脉冲频率,声学信号处于听得见的范围内并且可以通过麦克风 16 检测到,其中,激光频率的增加由于惯量而

按期待的那样导致信号强度的降低。但是,空气的气压也直接地因为由激光辐射引起的加热而改变。然而,对于以传统的麦克风进行测量而言,该压力波动通常太弱或者说环境噪声太强。

[0044] 为了从图 3a-c 和图 4a-c 中所示的、激光束在 X 方向上的运动中检测孔 14 的所述接触点(在这些接触点之间可以确定一个应有位置),在激光加工机 1 的分析处理单元 18(见图 1)中将在激光束的运动过程中用麦克风 16 测得的并且被转化为模拟的电压信号的声学振动转化为数字信号。由所述数字信号计算出频谱(傅里叶分析)并且表示为与频率相关的功率(快速傅里叶变换,FFT 功率)。在此,将数字信号的频率和相位与激光束 3 的激光脉冲的脉冲频率和相位进行比较,以便排除错误测量(例如来自驱动装置的干扰噪声)。

[0045] 在图 5 中示出一条在分析处理过程中产生的测量曲线 19,在该测量曲线 19 中,与频率相关的功率 P、也就是说在所述脉冲频率下测得的功率 P 分布在沿着 X 方向的位置上。在分析处理过程中,在多个测量点处测量声学信号的最大声强并且将其表示为与频率相关的功率。如图 5 所示,只要激光束 3 无接触地穿过孔 12,则麦克风 16 接收不到任何信号。只有当激光束 3 开始擦过孔 14 的棱边 20 时,随着接触份额的增加,观察到的信号强度上升,这可作为测量曲线 19 中的侧沿 19a、19b,侧沿 19a、19b 的坡度尤其与麦克风 16 相对于孔 14 的位置有关。当在喷嘴体 12 上出现完整的射束直径时,在继续偏移的过程中测量曲线 19 的信号强度减小。由此在每个侧沿 19a、19b 上形成一个定义的最大值 M1、M2。

[0046] 在所示的例子中,光学聚焦装置 10 在 X 方向上在整个可能的 $\pm 2\text{mm}$ 的调节范围内移动,由此使激光束 3 在该方向上运动,如在图 5 中通过重叠的射束横截面示出的那样。在图 5 所示的测量曲线 19 中,激光束 3 的激光功率为 1.5kW ,而激光束 3 的脉冲频率为 500Hz 。分别以 $90\mu\text{m}$ 的间隔对声学信号进行测量。一旦激光束 3 接触到孔 14 的棱边 20,测量曲线 19 的走向在此示出一个上升,这同样在图 5 中示出。

[0047] 为了确定接触点,在两个测量侧沿 19a、19b 上确定一个位置,在该位置上,相对于各自的最大值 M1、M2 的相对强度具有相同的百分率,其在当前情况下为 50%。这样确定的位置通过孔 14 的、在 X 方向上相对置的第一和第二接触点 B1、B2 识别,见图 6a。作为接触点 B1、B2 在 X 方向上的中点确定用于使激光束 3 在喷嘴中心中定心的应有位置 S1。替代地或者附加地,在知道激光束 3 的接触点 B1、B2 和运动轨迹的情况下,也可以确定激光束 3 相对于孔 14 的实际位置。

[0048] 在确定了应有位置 S1 之后,激光束 3 运动到该应有位置并且在第二空间方向 Y(以下简称:Y 方向)上重复以上所述的测量过程。在此,检测孔 14 的第三和第四接触点 B3、B4 并且确定第三和第四接触点 B3、B4 之间的中点上的第二应有位置 S2,见图 6b。在激光束 3 运动到该第二应有位置 S2 之后,在理想情况下,该激光束 3 就被定位在孔 14 的中心。然而,在以上情况下,为了确定第一应有值 S1 而提供的、在第一和第二接触点 B1、B2 之间的间隔非常小,以至于可能无法以足够的精度来确定第一应有值。因此,如图 6c 所示,再一次在 X 方向上执行以上所述的测量,其中,得到了第五和第六接触点 B5、B6。通过第五和第六接触点 B5、B6 之间较大的间隔可以确定第三应有位置 S3,该第三应有位置 S3 比 X 方向上的第一应有位置 S1 更精确。

[0049] 在激光束 3 运动到第三应有位置 S3 之后,该激光束 3 最终地对准在孔 12 的中心。

附加地,也可以由检测到的接触点 B1 至 B6 确定圆形的孔 12 的直径,然而为此附加地需要一次标定,在该标定中确定:在与频率相关的最大功率的何种份额下可以最精确地确定所述直径。这样确定的喷嘴直径可以在更换激光加工喷嘴 11 时用于可信性控制。

[0050] 在将激光束 3 对准在激光加工喷嘴 11 的中心之后,确定并调节激光束焦点相对于激光加工喷嘴的位置。为此,从 XY 平面中的起始点 SP 出发,如上所述地检测激光束 3 在喷嘴孔上的一个接触点 (B1 至 B6),该起始点 SP 的坐标存储在控制单元中。为此目的,如图 3a 所示,激光束 3 从起始点 SP 出发沿着正的 X 方向或 Y 方向运动,其方式是图 2a、b 中所示的光学聚焦装置 10 在 X 方向或 Y 方向上移动。在该运动过程中,激光束 3 首先接触到孔 14 的棱边 20,见图 3b,随后继续在 X 方向上移动,直到该激光束 3 完全出现在喷嘴体 12 上,见图 3c。检测到的接触点的坐标同样被存储在控制单元中。由所储存的坐标允许获得从起始点 SP 直至激光束出现在喷嘴孔上的路程,并且由该路程允许获得激光束在 XY 平面中的延伸尺寸。如果从起始点出发在负的 X 或 Y 方向上重复该测量,则以这种方式在喷嘴孔的直径已知的情况下确定激光束的直径。接着,激光束的在 Z 方向上的焦点通过适应性的转向镜 9.2 的曲率半径的变化而移动并且重新执行该测量。因此,在多次重复的过程中,能够相对于喷嘴孔确定激光束的形状,即射束焦散。该 Z 调节(在该 Z 调节中测量射束的最小延伸尺寸或者说最小直径)在此表明:激光束的焦点正好落在喷嘴孔的 XY 平面中。接着,所述焦点按定义地移动到喷嘴孔下方的一个平面中,大多正好移动到工作平面 5 中。聚焦位置的确定不必借助喷嘴体进行,而是也可以以类似的方式在(测试)工件上进行,该工件位于加工平面 5 上并且具有一个定义的棱边或者一个正方形的或圆形的孔,激光束“触碰”所述棱边或孔。然而,将激光加工喷嘴用作测量物提供了如下优点:在射束通路上不必插入任何附加的工件。

[0051] 为了使激光束 3 在 XY 平面中运动,图 2 中所示的光学聚焦装置 10 在 X 和 Y 方向上移动。该运动借助于(未示出的、通过双箭头 B 表示的)步进电机进行,由此同时提供了关于运动路程的信息。该步进电机处于调节主轴上,该调节主轴耦接在图 1 的校准站 7 中,激光加工头 4 必须行进到该校准站中以便调节射束位置。替代地或附加地,激光束可以通过在光学聚焦装置 10 前面的最后一个或者倒数第二个转向镜 9.1、9.2 的倾斜进行偏移。

[0052] 作为将声学传感器设置在喷嘴体 12 之后的射束通路上的替代,该声学传感器也可以直接设置在喷嘴体 12 本身上,以便接收该喷嘴体的固体声。在该情况下有利的是,用于使光学聚焦装置 10 运动的步进电机直接设置在激光加工头 4 上,具体地说设置在常见的校准螺钉的位置上。在此,可以取消调节站的设置,即,校准在原则上可以在加工平面 5 中的任何位置进行,因为除了分析处理装置 18,为此所需的所有部件都设置在激光加工头 4 上。

[0053] 此外,作为以上所述的措施的替代,测量可以通过以下方式进行,即通过在由喷嘴体 12 产生的声学振动的位置处测量由图 2a 中所示的、板状物体 21 发出的声学振动,喷嘴体 12 下方的激光束 3 出现在该物体 21 上。在该情况下,设置有压电传感器 16',该压电传感器设置在物体 21 的背离喷嘴体 12 的一侧上,使得物体 21 屏蔽了由喷嘴体 12 发出的声学振动。

[0054] 在激光束 3 在喷嘴孔 14 的 XY 平面中运动的过程中,只要该激光束 3 出现在孔 14 的棱边 20 上,则板状物体 21 上可供使用的激光功率少,这导致由激光束 3 在板状物体 21

中产生的声学信号强度减弱。为了确定喷嘴中心,激光束 3 向外移动这么长,直到激光束 3 例如一半由喷嘴体 12 屏蔽,因此由板状物体 21 发出的信号的强度也下降到最大值的 50%。在该方法中,可以将这样的材料(例如陶瓷)用于板状物体 21,所述材料比喷嘴体 12 的通常的金属材料吸收的能量多。通过这种方式能够以更小的激光功率执行所述测量,以便保护喷嘴体 12。

[0055] 在使用板状物体 12 的情况下,同样可以附加地检查激光束 3 的聚焦位置 FL。激光束 3 的焦点 F 通常借助光学聚焦装置 10 和适应性的转向镜 9.2 这样地调节,使得该焦点落在加工平面 5 中的应有聚焦位置 FL 上。然而,设置在激光束 3 的射束通路上的光学元件在激光加工机 1 的运行过程中被加热,因此焦点 F 可能从应有聚焦位置 FL 离开。为了检查聚焦位置是否仍然正确,使焦点 F 沿着第三空间方向 Z(以下简称:Z 方向)移动,例如,其方式是调节适应性的转向镜 9.2。原则上,板状物体 21 上的小聚焦直径导致所产生的声学信号的高强度,反之亦然。在焦点 F 的变化过程中,板状物体 21 上的聚焦直径也变化。如果焦点 F 落在板状物体 21 的平面中,则物体 21 上的激光斑点的直径最小并且光声信号的强度最大。如果沿着 Z 方向检测到的最大值在不同于应有聚焦位置 FL 的其它位置上,则焦点 F 必须沿着 Z 方向移动,这例如可以通过适当地调节适应性的镜 9.2 来进行。

[0056] 替代地,如图 2b 所示,在确定喷嘴中心和聚焦位置的过程中,板状物体 21 可以具有一个穿透材料的区域和一个均匀的棱边 22,所述区域大于喷嘴孔 13,所述棱边 22 形成在板状物体 21 中的正方形的或圆形的孔 23 上。在该情况下,在各种不同的聚焦调节中,激光束 3 的聚焦位置 FL 也可以如上所述地通过“触碰”板状物体 21 的孔 23 的棱边 22 来确定。此外,该方法不仅能够确定焦点的位置,而且也能够确定激光束在焦点区域中的形状(射束焦散)。

[0057] 以上述方式可以确定激光束 3 在孔 14、23 内部的射束位置并且使激光束 3 对准在该射束位置中,其中,二者可以自动地进行。附加地,可以检查聚焦位置并且必要时予以修正。可以想到,以上所述的方法并不限于用在激光加工机中,而是也可以有利地用在其它一些装置领域中,在这些装置领域中,应当确定和调节、尤其是对准激光束在任意孔内的位置。

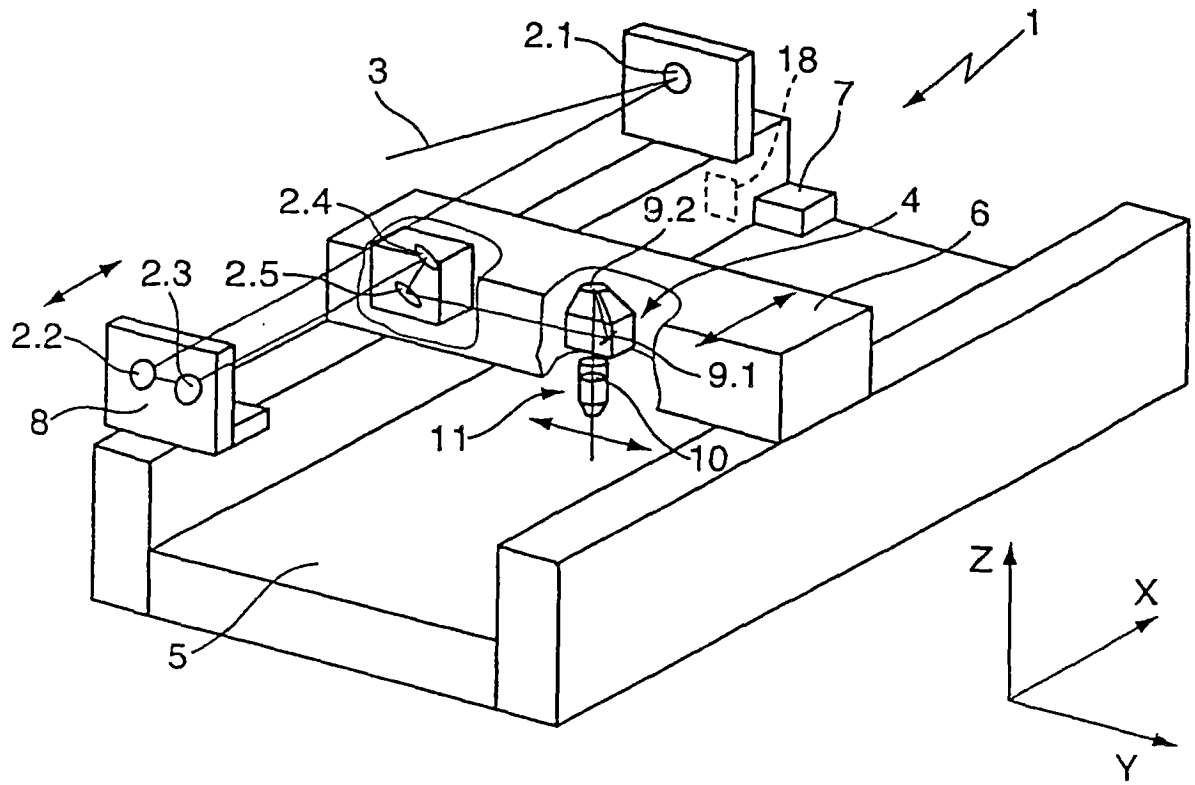


图 1

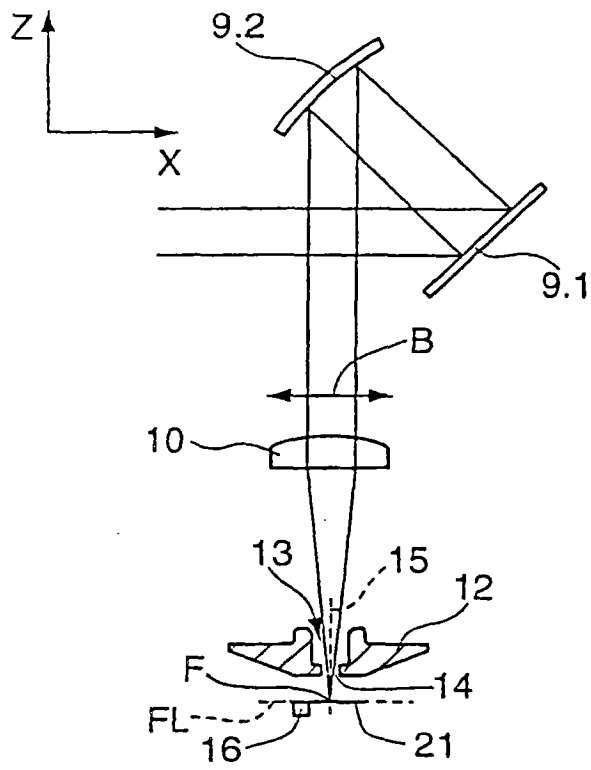


图 2a

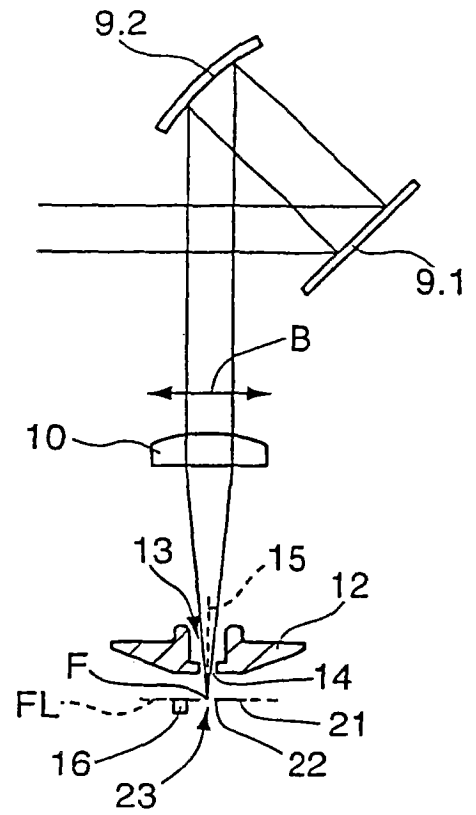


图 2b

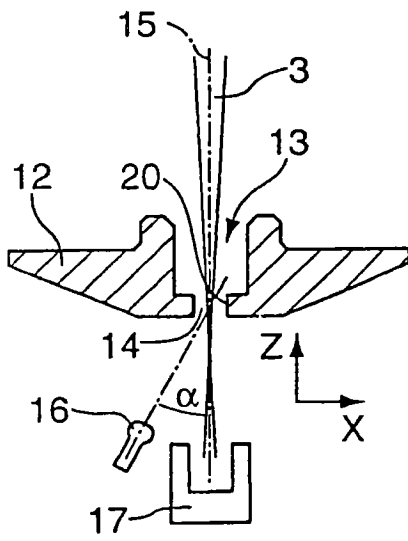


图 3a

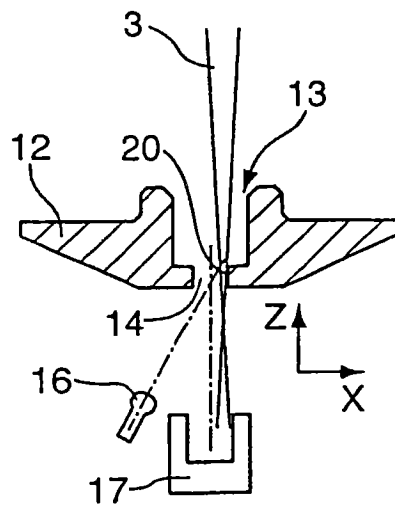


图 3b

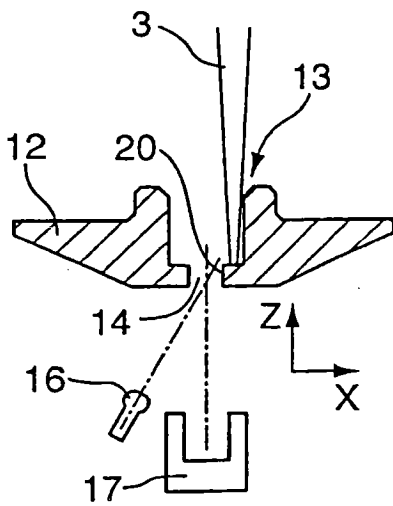


图 3c

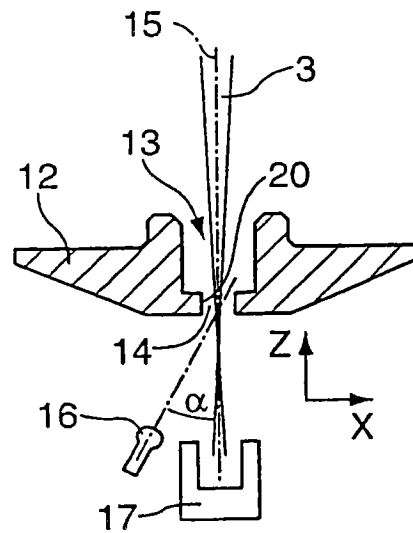


图 4a

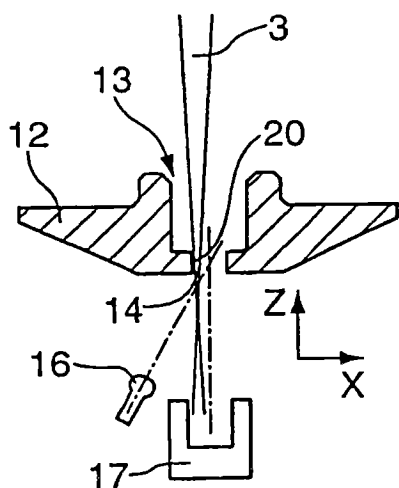


图 4b

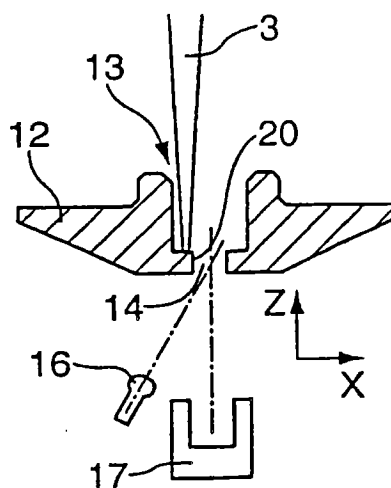


图 4c

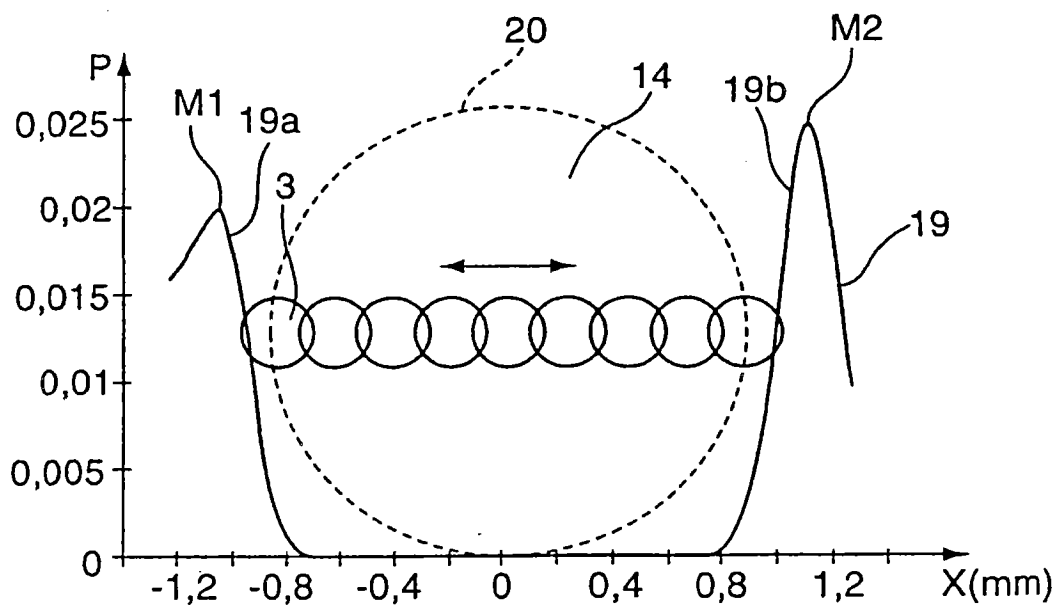


图 5

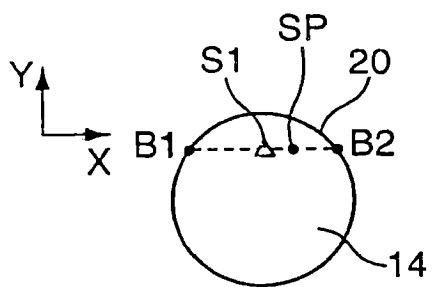


图 6a

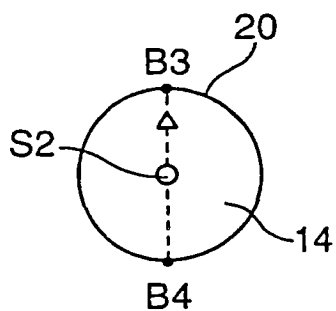


图 6b

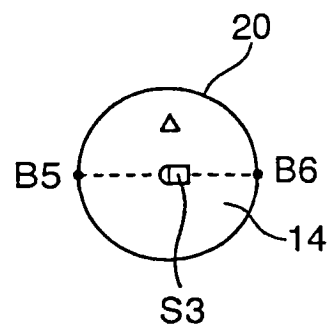


图 6c