



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101069990 B

(45) 授权公告日 2012. 11. 21

(21) 申请号 200710126631. 8

(22) 申请日 2007. 05. 08

(30) 优先权数据

11/430, 943 2006. 05. 09 US

(73) 专利权人 必能信超声公司

地址 美国康涅狄格州

(72) 发明人 S·考德威尔 W·小莫罗

H·麦克奈尔 S·拉托纳

(74) 专利代理机构 北京市柳沈律师事务所

11105

代理人 沙捷 丁艺

(51) Int. Cl.

B29C 65/16 (2006. 01)

B23K 26/06 (2006. 01)

B23K 26/04 (2006. 01)

G02B 6/00 (2006. 01)

(56) 对比文件

US 2004/0012844 A1, 2004. 01. 22, 权利要求书、说明书第 11, 57, 309-324 段、说明书附图。

US 2004/0012844 A1, 2004. 01. 22, 权利要求书、说明书第 11, 57, 309-324 段、说明书附图。

审查员 齐宏毅

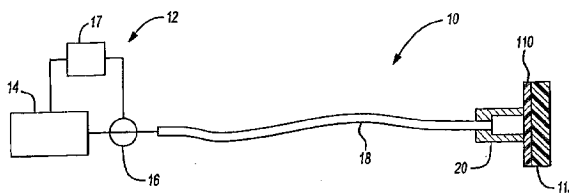
权利要求书 2 页 说明书 5 页 附图 3 页

(54) 发明名称

用于激光塑料焊接的自动部件反馈补偿

(57) 摘要

本发明提供了一种用于控制激光源的反馈控制系统。该反馈控制系统包括输出激光能量的激光源和检测激光能量的光学传感器。光学传感器输出响应于激光能量的测量量的测量信号。该系统进一步包括接收激光能量并将激光能量引导到预定位置的光学器件。该光学器件将激光能量的第一部分朝光学传感器反射。控制器接收来自光学传感器的测量信号并计算激光能量的第一部分的量。然后控制器调节激光源以校正与从光学器件反射的激光能量的第一部分相关的损耗, 以便在预定位置处获得预定量的激光能量。



1. 一种用于控制激光源的反馈控制系统,所述反馈控制系统包括:

输出激光能量的激光源;

检测所述激光能量的光学传感器,所述光学传感器输出响应于所述激光能量的测量量的测量信号;

接收所述激光能量并将所述激光能量引导到预定位置的光学器件,所述光学器件进一步将所述激光能量的第一部分朝所述光学传感器反射;和

接收来自所述光学传感器的所述测量信号的控制器,所述控制器计算所述激光能量的所述第一部分,所述控制器调节所述激光源以校正从所述光学器件反射的所述激光能量的所述第一部分,以在所述预定位置处获得预定量的激光能量;

其中所述预定位置是布置在透射部件和吸收部件之间的焊缝,所述透射部件和所述吸收部件中的至少一个部件反射和/或吸收所述激光能量的第二部分;并且

所述控制器计算所述激光能量的所述第二部分,所述控制器调节所述激光源以校正从所述透射部件和所述吸收部件中的至少一个部件反射的和/或在所述透射部件和所述吸收部件中的至少一个部件中吸收的所述激光能量的所述第二部分。

2. 如权利要求1所述的反馈控制系统,其中所述光学器件是波导。

3. 如权利要求1所述的反馈控制系统,其中所述光学器件是光导纤维。

4. 如权利要求1所述的反馈控制系统,其中所述控制器记录来自所述激光源的初始功率级输出和来自所述光学传感器的初始信号,并且在待焊接部件被定位以便进行焊接时进一步记录来自所述激光源的部件功率级输出和来自所述光学传感器的部件信号,所述控制器通过将所述测量信号乘以一个系数来确定补偿信号,所述系数为所述初始信号除以所述初始功率级输出所得的商与所述部件信号除以所述部件功率级输出所得的商之比,所述控制器使用所述补偿信号来调节所述激光源。

5. 如权利要求1所述的反馈控制系统,其中所述激光源输出用于将第一部件焊接到第二部件上的激光能量,并且控制所述激光源包括以下步骤:

以初始功率级百分比 $\% P_{initial}$ 启动所述激光源以输出激光能量,并测量所述激光能量作为初始光学反馈信号 $V_{initial}$;

以部件功率级百分比 $\% P_{part}$ 启动所述激光源以输出激光能量,引导作为所述第一部件和所述第二部件中的至少一个部件的激光能量,测量所述激光能量作为部件反馈信号 V_{part} ;

根据以下关系式确定校准控制值 $V_{corrected}$:

$$V_{corrected} = V_{actual} \frac{\left(\frac{V_{initial}}{\% P_{initial}} \right)}{\left(\frac{V_{part}}{\% P_{part}} \right)}$$

其中, V_{actual} 是在实际焊接操作期间测量的反馈信号;以及
响应于所述校准控制值 $V_{corrected}$ 来控制所述激光源。

6. 如权利要求5所述的反馈控制系统,进一步包括:

提供接收来自所述激光源的激光能量并将所述激光能量引导到预定位置的光学器件,

所述光学器件反射所述激光能量的第一部分；以及

以工具功率级百分比 $\% P_{tool}$ 启动所述激光源以输出激光能量，并测量激光能量作为工具反馈信号 V_{part} ，所述工具反馈信号响应于直接从所述激光源接收的激光能量和由所述光学器件反射的所述激光能量的所述第一部分。

7. 如权利要求6所述的反馈控制系统，进一步包括：

提供具有已知的反射率 $R_{substrate}$ 的基板；以及

以基板功率级百分比 $\% P_{substrate}$ 启动所述激光源来向所述基板输出激光能量，并测量激光能量作为基板反馈信号 $V_{substrate}$ 。

8. 如权利要求7所述的反馈控制系统，进一步包括：

根据以下关系式确定所述第一部件和所述第二部件中的至少一个部件的反射率 R_{part} ：

$$R_{part} = \frac{\left(\frac{V_{part}}{\% P_{part}} \right) - \left(\frac{V_{tool}}{\% P_{tool}} \right)}{\left(\frac{V_{substrate}}{\% P_{substrate}} \right) - \left(\frac{V_{tool}}{\% P_{tool}} \right)} \times R_{substrate}$$

9. 如权利要求8所述的反馈控制系统，进一步包括：

根据以下关系式确定补偿控制值 $V_{compensated}$ ，所述补偿控制值补偿由于所述第一部件和所述第二部件中的至少一个部件的吸收而引起的激光能量的损失：

$$V_{compensated} = V_{corrected} \times \frac{1}{(R_{part} + 1)}$$

10. 一种使用如权利要求1所述的反馈控制系统控制激光源的方法，所述激光源输出用于将第一部件焊接到第二部件上的激光能量，所述激光源通过光学器件朝所述第一部件和所述第二部件中的至少一个部件输出激光能量，所述方法包括：

确定与所述光学器件内的反射相关的激光能量的损失量；

确定与离开所述第一部件和所述第二部件中的至少一个部件的反射相关的激光能量的损失量；

确定与所述第一部件和所述第二部件中的至少一个部件内的激光能量的吸收相关的激光能量的损失量；

调节所述激光源的输出以补偿与所述光学器件内的反射相关的激光能量的所述损失，与离开所述第一部件和所述第二部件中的至少一个部件的反射相关的激光能量的损失，以及与所述第一部件和所述第二部件中的至少一个部件内的激光能量的吸收相关的激光能量的所述损失。

用于激光塑料焊接的自动部件反馈补偿

技术领域

[0001] 本公开一般涉及塑料焊接,并更特别地涉及用于激光塑料焊接的自动部件反馈补偿。

背景技术

[0002] 当前,塑料或树脂部件的焊接工艺包括多种技术,这些技术包括超声波焊接、热焊接和最新近的通过透射红外 (TTIr) 焊接。

[0003] TTIr 焊接采用穿过第一塑料部件并进入第二塑料部件的红外线。在当前工艺中,TTIr 焊接能够使用红外激光或者非相干红外线。在当前工艺中,红外激光能够由光导纤维、波导或光波导引导穿过第一塑料部件并进入第二塑料部件。该第一塑料部件经常被称作透射件,因为它通常允许来自激光器的激光束从其中穿过。该第二塑料部件经常被称为吸收件,因为该吸收件通常吸收激光束的辐射能量以在焊接区内产生热量。焊接区内的该热量导致透射件和吸收件被熔化并因此焊接在一起。然而,激光器的控制会是非常困难的,并且当前需要手动调节激光源的输出来达到所期望的激光加热效果。这种手动调节是用试错法执行的,并且会非常费力和费时。

发明内容

[0004] 根据本教导的原理,期望控制激光源的输出以确保适当的焊接,并且更特别地,期望通过使用闭环反馈控制来控制激光源的输出。

[0005] 根据本文中提供的说明,更多的适用范围将变得显而易见。应该理解的是,说明书和具体实例仅仅是为了例证的目的,而不是旨在限制本公开的范围。

附图说明

[0006] 本文中描述的附图仅是出于例证的目的,而无论如何不是旨在限制本公开的范围。

[0007] 图 1 是示出通过透射红外 (TTIr) 焊接系统的示意图;

[0008] 图 2 是示出使用闭环反馈控制的通过透射红外 (TTIr) 焊接系统的示意图;

[0009] 图 3 是示出包含本公开的教导的红外焊接机的透视图;并且

[0010] 图 4 是示出具有光电二极管和激光二极管的激光二极管腔的透视图。

具体实施方式

[0011] 下面的说明实质上仅是示例性的,并且并非旨在限制本公开、应用或用途。

[0012] 如图 1 所示,本教导的原理提供了一种用于通过透射红外 (TTIr) 焊接的方法和装置。通常,在 TTIr 焊接中,通过诸如光波导、波导和 / 或光导纤维的光学器件,将红外激光 100 从一个或多个激光源 102 引导到待焊接的塑料部件上。在这点上,第一塑料部件 110 是可透射红外线的,并且因此允许红外线从其中穿过。第二塑料部件 112 是可吸收红外线的。

因此,激光穿过第一透射部件 110 到达第二吸收部件 112,在这里激光被转换成热量并继而在焊缝 114 处熔化塑料,从而使部件焊接在一起。可选地,两个部件都可以是可透射红外线的,在这种情况下,可将一可吸收红外线的介质定位在焊缝 114 处来吸收红外线并将其转换成热量以焊接所述部件。然而,根据本教导的原理,期望控制激光源 102 的输出以确保适当的焊接,并且更特别地,期望通过使用新颖的闭环反馈控制来控制激光源 102 的输出。

[0013] 现在参考图 2,在一些实施例中,在 TTIr 激光塑料同步插入(simultaneous plunge)焊接系统 10 中,采用反馈控制系统 12 来提供反馈信息,以监控激光源 14(可以与激光源 102 类似或相同)下游的激光强度。反馈控制系统 12 包括定位于激光源 14 的下游、但是定位于第一透射部件 110 和第二吸收部件 112 的上游的光学传感器 16,以及控制模块 17。在一些实施例中,光学传感器 16 是光电二极管。控制模块 17 可操作地与光学传感器 16 电气连接,以便接收来自激光源 14 的实时激光强度信息,并且控制模块 17 可操作地与激光源 14 电气连接,以便控制激光源 14 的输出强度。

[0014] 在一些实施例中,可以将光学传感器 16 定位在光导纤维元件 18 和 / 或波导 20 的上游(如图所示),或者也可以将其定位在一个或多个光导纤维元件 18 和波导 20 的下游。换言之,可以将光学传感器 16 定位在激光源 14 和第一透射部件 110 之间的任何位置。然而,在监控之前,应该将激光源 14 校准到设定值。理想地,在没有部件或其它工具就位的情况下执行这种校准过程。在一些实施例中,光学反馈传感器 16 被定位在诸如光导纤维元件 18 和 / 或波导 20 的工具的上游,从而消除了变换部件或工具期间,变换或替换光学反馈传感器 16 或反馈控制系统 12 的需要。

[0015] 本公开的教导通过使用闭环反馈控制来自动补偿 TTIr 焊接系统 10 中的诸如部件和工具之类物体的反射,其中闭环反馈控制使快速和方便地变换工具成为可能。更特别地,本公开的教导允许在反馈控制系统 12 被最初校准之后进行工具变换和部件变换,而不会断开反馈信号或对反馈信号施加相反的影响。

[0016] 步骤 1- 为了对 TTIr 焊接系统 10 的反馈控制系统 12 进行初始校准,首先在没有任何工具(即光导纤维元件 18 和 / 或波导 20)或待焊接部件存在的情况下,在开环模式下以初始功率级百分比 $\% P_{\text{initial}}$ 开启激光源 14,其中 $\% P_{\text{initial}}$ 由外部的仪表来验证。在这种条件下,测量来自光学反馈传感器 16 的信号作为初始光学反馈信号 V_{initial} ,将其以电子方式存储并用作基线。该步骤可以在 TTIr 焊接系统 10 最初被制造时执行,或者在其后的任何时间执行,但只需执行一次。

[0017] 步骤 2- 然后,可以在光导纤维元件 18 和 / 或波导 20 就位的情况下,在开环模式下以某个已知的功率百分比级 $\% P_{\text{tool}}$ 开启激光源 14。然后测量光学反馈信号作为 V_{tool} ,并以电子形式将其存储。带有工具情况下的光学反馈信号 V_{tool} ,由于从工具返回的反射光而将高于初始光学反馈信号 V_{initial} 。换言之,当光从激光源 14 输出时,它将沿着光导纤维元件 18 和 / 或波导 20 向下传播。光学反馈传感器 16 将部分地检测到该输出光。然而,光学反馈传感器 16 也将检测到从光导纤维元件 18 和 / 或波导 20 反射回到光学反馈传感器 16 处的一部分光。因此,带有工具情况下的光学反馈信号 V_{tool} ,包括来自激光源 14 的实际输出的光与由于工具而反射回到光学反馈传感器 16 处的光的量的和。该步骤只有在变换工具时才需要执行。

[0018] 步骤 3- 然后可以在工具就位并且将具有已知反射率 R_{mirror} 的反射镜放置在部件

110、112 稍后将被放置的地方的情况下,在开环模式下以全功率级的百分比 $\% P_{\text{mirror}}$ 开启激光光源 14。测量光学反馈作为 V_{mirror} ,并以电子形式将其存储。该步骤只有在更换工具时才需要执行。

[0019] 然而,应该注意的是,在工具就位情况下在开环状态下对光学反馈信号的测量(即步骤 2),以及在工具和反射镜都就位的情况下在开环状态下对光学反馈信号的测量(即步骤 3),都不是为校正传递到部件 110 顶部的激光功率所必需的步骤。然而,这些步骤是为补偿通过部件 110 向下传递到焊缝区 114 的激光功率所必需的。换言之,部件 110 的反射和/或吸收会减小到达焊缝 114 的激光的量,因此,对于这种影响,应该对激光光源 14 进行补偿。

[0020] 步骤 4- 最后,在工具和部件 110、112 都就位的情况下,在开环模式下以全功率级的某个百分比 $\% P_{\text{part}}$ 开启激光光源 14。测量该光学反馈信号作为 V_{part} ,并再一次以电子形式将其存储。可以在新部件的初始部件运行之前执行一次该步骤,或者可以在一系列新的部件之前执行一次该步骤以解决部件批次之间的变化性,或者可以甚至在每个单个的部件之前执行一次该步骤以解决单个部件的变化性。由于只使用了全激光功率的一定的百分比,所以能够将该功率设定在部件 110、112 的焊接阈值之下,从而允许在不牺牲部件 110、112 的完整性的情况下来测量反馈信号。

[0021] 在闭环模式下的实际焊接期间,将反馈信号 V_{actual} 修正为校正值 $V_{\text{corrected}}$,如下所示:

$$[0022] \quad V_{\text{corrected}} = V_{\text{actual}} \frac{\left(\frac{V_{\text{initial}}}{\% P_{\text{initial}}} \right)}{\left(\frac{V_{\text{part}}}{\% P_{\text{part}}} \right)} \quad (1)$$

[0023] 其中:

[0024] $V_{\text{corrected}}$ = 由闭环处理器实际使用的校正的反馈信号;

[0025] V_{actual} = 在实际焊接周期期间由光学反馈传感器 16 读取的反馈信号;

[0026] V_{initial} = 在没有工具和没有部件的情况下最初读取的反馈信号;

[0027] $\% P_{\text{initial}}$ = 在没有工具和没有部件的情况下在开环状态下使用的总功率的百分比;

[0028] V_{part} = 在功率为总功率的一定百分比并且带有工具和部件的情况下在开环状态下最初读取的反馈信号;并且

[0029] $\% P_{\text{part}}$ = 在带有工具和部件的情况下在开环状态下使用的总功率的百分比。

[0030] 由闭环处理器使用的校正的反馈值 $V_{\text{corrected}}$,将小于由光学反馈传感器 16 检测到的实际反馈信号 V_{actual} 。实际反馈信号包括附加的虚假的反射信号。校正的反馈消除了附加的虚假的量。这允许闭环控制的激光功率以按照机器的初始校准所指定的已知量被传递到部件的顶部。

[0031] 只需要测量步骤一和四以校正反馈信号,以便已知量的激光功率能够到达部件 110 的顶部。部件 110 具有一定的反射率,使传递的功率中的一部分百分比反射离开位于部件 110 的远端面的焊缝 114。这能够通过步骤二和三得到进一步补偿。在部件 110 的实际反射率已知的情况下,可以提高激光光源 14 的功率以使传递到焊缝 114 处的功率等于所需要的

量（减去激光功率在部件 110 中的任何耗散）。

[0032] 部件的反射率 R_{part} 可以计算如下：

$$[0033] \quad R_{part} = \frac{\left(\frac{V_{part}}{\%P_{part}} \right) - \left(\frac{V_{tool}}{\%P_{tool}} \right)}{\left(\frac{V_{mirror}}{\%P_{mirror}} \right) - \left(\frac{V_{tool}}{\%P_{tool}} \right)} \times R_{mirror} \quad (2)$$

[0034] 其中：

[0035] R_{part} = 部件的反射率；

[0036] R_{mirror} = 已知的部分反射镜的反射率；

[0037] V_{tool} = 在带有工具但没有部件的情况下在开环状态下读取的反馈信号；

[0038] $\%P_{tool}$ = 在带有工具但没有部件的情况下在开环状态下使用的总功率的百分比；

[0039] V_{mirror} = 在带有工具和已知的部分反射镜的情况下在开环状态下读取的反馈信号；并且

[0040] $\%P_{mirror}$ = 在带有工具和已知的部分反射镜的情况下在开环状态下使用的总功率的百分比。

[0041] 由于部件的反射，不仅反馈信号由反射信号增强，而且使更小的激光功率到达焊缝 114。如果根据被反射功率的量来增强激光源 14 的输出功率，则可以对焊缝 114 处由于反射而引起的激光功率的减小进行补偿。达到该新的功率级所必需的新的补偿的反馈 $V_{compensated}$ 为：

$$[0042] \quad V_{compensated} = V_{corrected} \times \frac{1}{(R_{part} + 1)} \quad (3)$$

[0043] 其中：

[0044] $V_{compensated}$ = 由闭环微控制器使用的反馈信号，该闭环微控制器提高到达焊缝 114 的激光功率以补偿部件的反射。

[0045] 现在，在将实际光学反馈 V_{actual} 修正为新的补偿的反馈 $V_{compensated}$ 的情况下，在闭环状态下运行 TTIr 焊接系统 10，以便现在将所需的激光功率自动地传递到焊缝 114。

[0046] 部件 110、112 内的光吸收也会减小到达焊缝 114 的激光功率的量。如果根据被反射功率的量和被吸收功率的量这二者来提高激光源 14 的功率，则来自激光源 14 的到达焊缝 114 的功率将准确地为指定的量。

[0047] 上述等式 (1)、(2) 和 (3) 假定反馈信号与光学传感器 16 上的光冲击成线性关系。如果在一些实施例中响应是非线性的，则可以对光学传感器 16 使用适当的查找表格，以便可以将信号修正为线性响应。

[0048] 控制激光源 14 的反馈环可以嵌入到电子硬件中，嵌入到机械硬件中，嵌入到固件中，嵌入到软件中，等等。在一些实施例中，软件和固件可以提供实现方面的改善的灵活性。

[0049] 本公开的教导已经在 Branson IRAM L-386FAi 红外激光塑料焊接机（参见图 3）上进行了测试。如图 4 中所示，在激光二极管腔 204 中，通过设置在任何光导纤维和波导工具上游的光电二极管 206 来检测来自激光二极管 202 的光。多个开环反馈信号被记录在存储器中，并且为补偿所需要的用于多个机器状态的控制算法驻留在机器控制器中的软件中。

[0050] 允许对来自光学反馈传感器 16 下游的工具和部件的反射信号进行自动闭环反馈

信号校正具有显著的优点。到达部件的激光源 14 的功率在数量上是已知的,并且该过程是自动的。先前的方法需要费时的反复进行的处理,该处理为手动地调节功率来在闭环系统中达到所期望的功率级,这是因为反馈信号会由于反射离开部件而发生改变。本公开的教导提供了使用精确基线的激光源的自动校准。然后对反馈信号进行补偿以用于该校准。精确基线和闭环控制使得能够可靠地将激光功率传递到焊接区。

[0051] 对本发明的描述实质上仅是示例性的,因此,不脱离本发明的要旨的变更应该落在本发明的范围内。这种变更不应被认为是脱离了本发明的精神和范围。

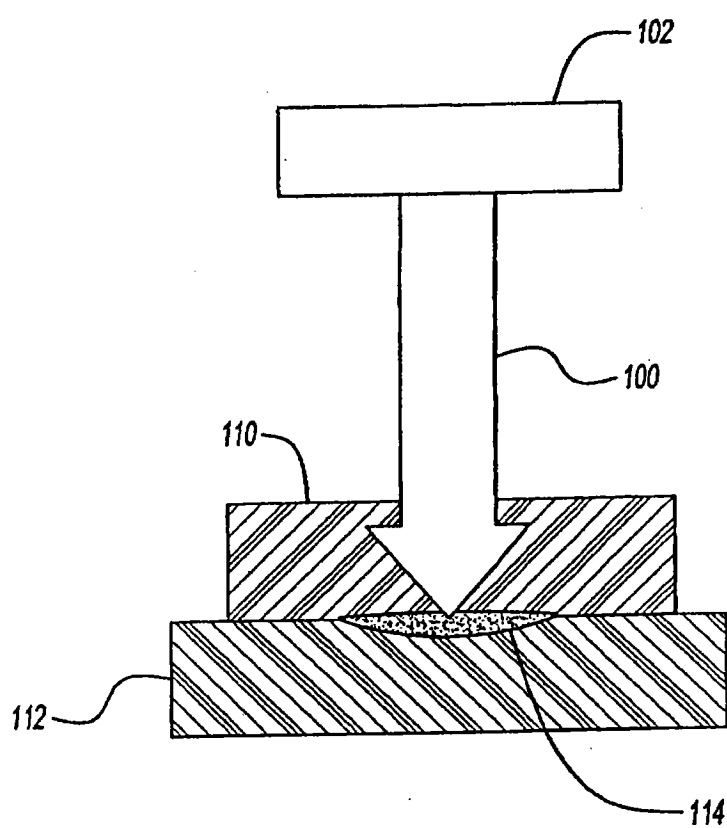


图 1

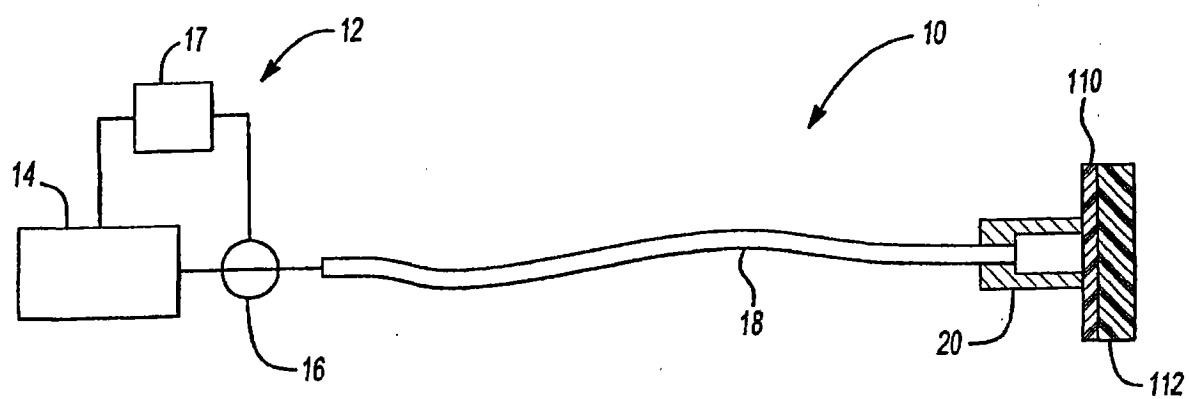


图 2

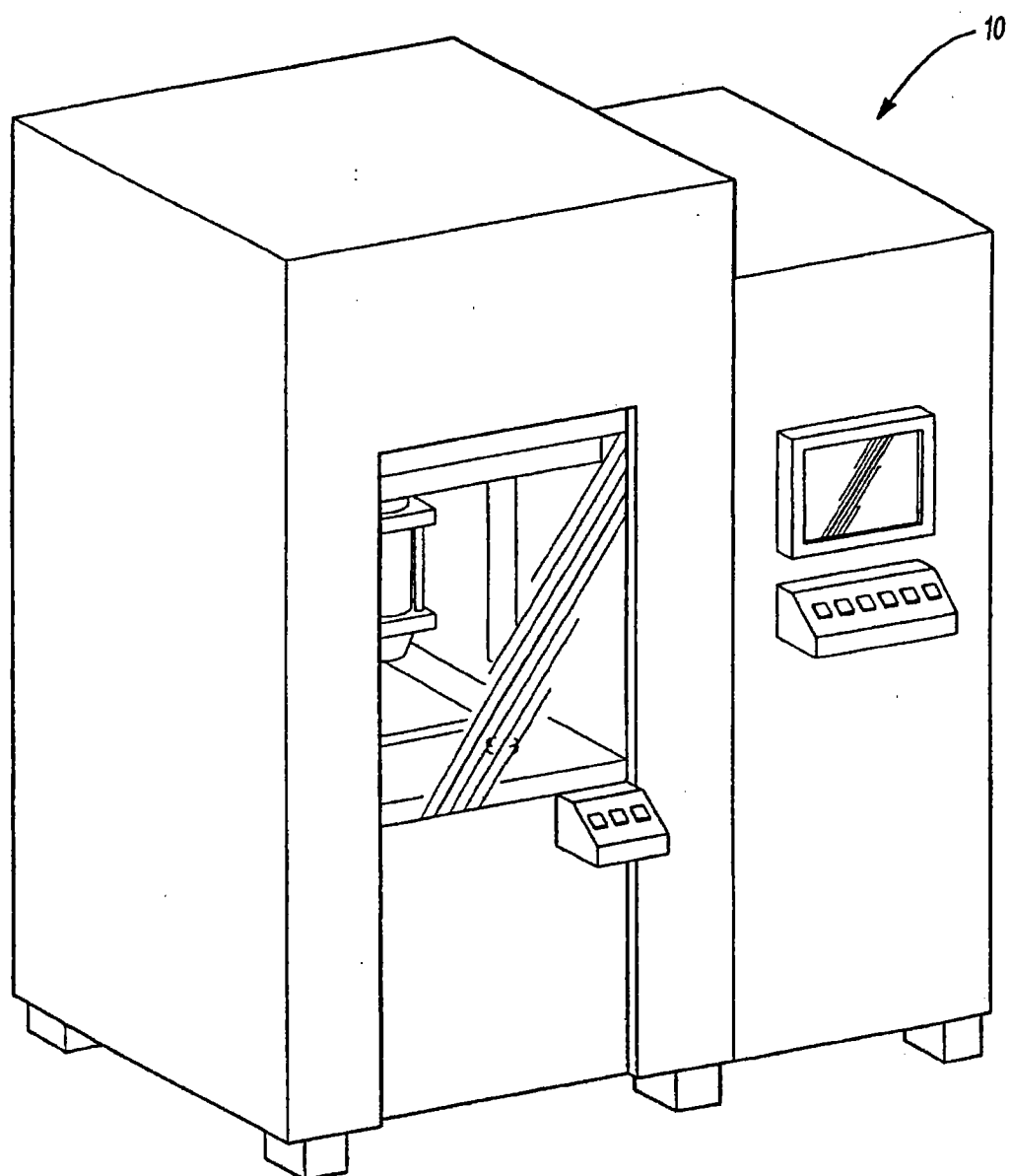


图 3

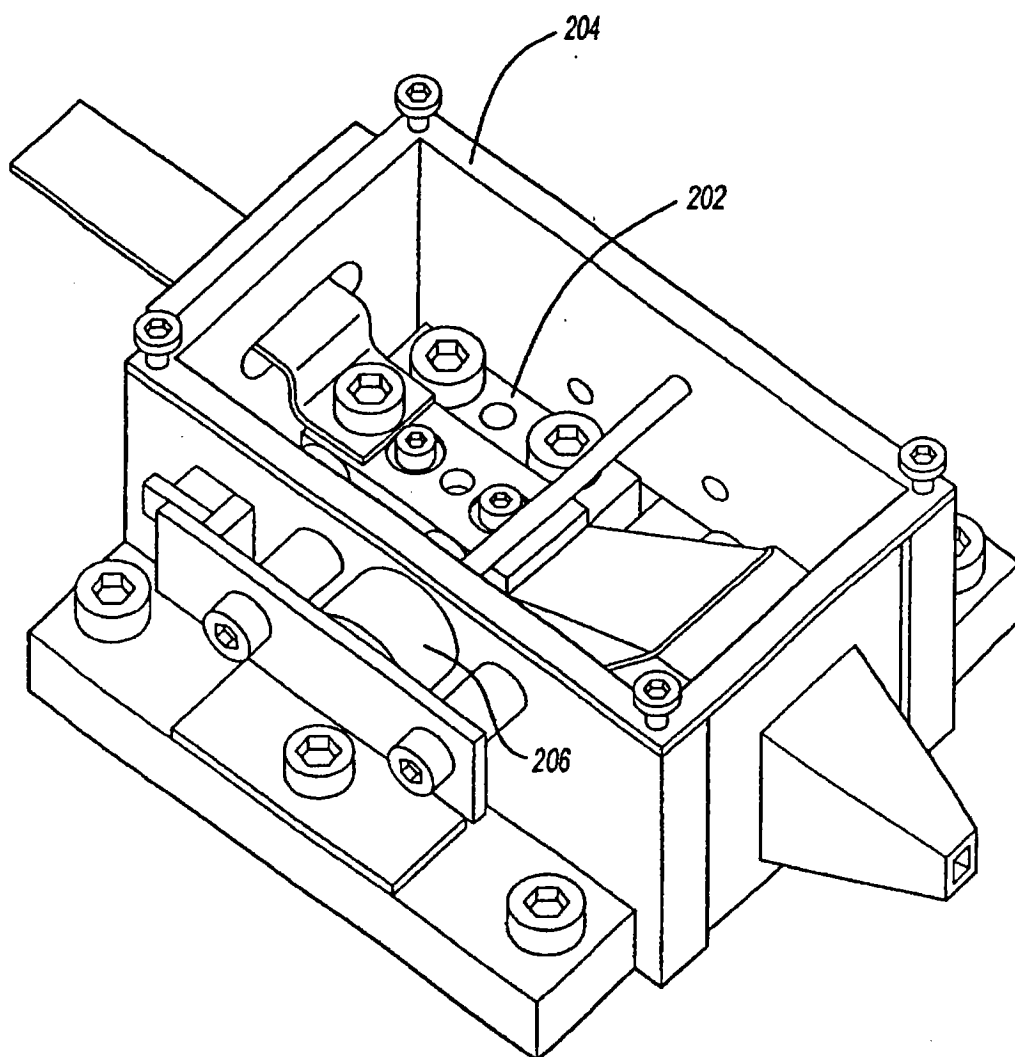


图 4