

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.
G01N 29/04 (2006.01)



[12] 发 明 专 利 说 明 书

专利号 ZL 01809751.0

[45] 授权公告日 2006 年 3 月 1 日

[11] 授权公告号 CN 1243978C

[22] 申请日 2001.10.4 [21] 申请号 01809751.0

[30] 优先权

[32] 2000.10.13 [33] US [31] 09/688,304

[86] 国际申请 PCT/US2001/031537 2001.10.4

[87] 国际公布 WO2002/031487 英 2002.4.18

[85] 进入国家阶段日期 2002.11.19

[71] 专利权人 芝加哥桥梁及钢铁公司

地址 美国伊利诺伊州

[72] 发明人 R·W·克鲁齐克

审查员 周 英

[74] 专利代理机构 上海专利商标事务所有限公司

代理人 吴明华

权利要求书 1 页 说明书 8 页 附图 6 页

[54] 发明名称

奥氏体焊缝的超声波探伤方法及设备

[57] 摘要

用来自动对奥氏体材料焊缝进行超声波探伤的一组双元件的传感器，它是通过使用一焊缝的示意图来构造的。焊缝被划分成若干区域，并为检测各个区域选择各自的传感器。使用一个蠕变波传感器来检测最上的区域，使用一个纵波传感器来检测一个下部的区域。纵波传感器连接到一个计算机处理器以完成“双重任务”：它与一套选通和增益调整设置一起使用以处理发送声波的直接反射，并与另一套选通和增益调整设置一起使用以处理该声波的非直接、模式转换了的反射。选通设置通过从示意图中测量声波路径长度来确定。使用测试板材来确定灵敏度设置，并确认各个传感器有足够的域宽度。

1. 一种用来探测带有在焊缝金属与一对板材结合处具有热影响区域的奥氏体焊缝中的缺陷的设备，它包括：

- (1) 一个可沿着焊缝纵向移动的支架；
- (2) 一个在支架上构造成向焊缝金属和热影响区域的上部分传输第一声波的蠕变波传感器；
- (3) 一个在支架上构造成向焊缝金属和热影响区域的下部分传输第二声波的第二传感器；
- (4) 一个编程的处理器，它编制有第一套用来获得和分析第二声波的直接反射的增益调整和选通设置以及第二套用来获得和分析第二声波的非直接反射的增益调整和选通设置。

2. 如权利要求 1 所述的设备，其特征在于：至少诸传感器中的一个是一个频率为 2 至 4 兆赫的纵波传感器。

3. 如权利要求 1 所述的设备，其特征在于：它还包括一个位置编码器。

4. 如权利要求 1 所述的设备，其特征在于：每个传感器有一个安装在支架相对一侧上的相配的传感器。

5. 一种用来探测在焊缝金属连接一对板材处具有热影响区域的奥氏体焊缝中缺陷的方法，该方法包括以下步骤：

- (1) 提供一个带有一个蠕变波传感器和一个第二传感器的支架；
- (2) 将支架连接到一个具有用于第二传感器的第一和第二增益调整和选通设置的处理器上。
- (3) 将从蠕变波传感器来的第一声波传输到焊缝金属和热影响区域的上部分中，并且将从第二传感器来的第二声波传输到焊缝金属和热影响区域的下部分中；以及
- (4) 使用第一套增益调整和选通设置来获得和分析第二声波的直接反射，使用第二套增益调整和选通设置来获得和分析第二声波的非直接反射。

奥氏体焊缝的超声波探伤方法及设备

技术领域

本发明涉及焊缝的检测，更具体地是涉及结构中焊缝的超声波探伤。

背景技术

在结构中，通常用焊缝来连接结构板。焊缝不仅能用普通铁素体钢制成，还可以用高镍含量的金属制成。普通铁素体钢焊缝材料固结为相对较均匀的结构。而高镍含量的焊缝金属则固结为面心立方体（奥氏体）晶状结构，这种结构通常具有细长的（枝晶的）晶粒结构。

人们以前已知道超声波测试（UT）可用来检测普通铁素体钢焊缝的缺陷。在滚动推车上安装了一组单元件的传感器，推车沿着一条铁素体钢焊缝行进（通常为管道的环焊缝）。传感器连接到能进行焊缝快速检测的计算机处理数据收集系统。

但不幸的是，奥氏体焊缝的枝晶状结构使它们用超声波探伤要困难得多。结构的细长晶粒易于折射超声波信号，并在收集的数据中产生高强度的噪声。因此，奥氏体焊缝的超声波探伤就受到局限。

人们发现双元件、纵波的传感器能用来有效地检测奥氏体焊缝。但，与单元件、剪切波的传感器不同，双元件传感器集中在一个特定的距离中，并且所提供的信息涉及的范围无法像单元件传感器所覆盖的范围那样宽。因此，奥氏体焊缝的线性扫描（linear scanning）就局限于操作者只对一条焊缝的特殊部分感兴趣的情况，如焊缝金属和母板金属之间的熔合线。

当操作者对检测焊缝的整个体积都感兴趣的话，传统上就使用一种“光栅扫描(rastering)”的方法。在这样的方法中，操作者通过手动地向着焊缝然后离开焊缝滑动传感器来在焊缝的整个厚度上探查缺陷。要改变从传感器发出并穿过焊缝不同部分的声波就必需相对焊缝横向地移动传感器。光栅扫描是一个慢且而不方便的方法。看来似乎已经有人在为了自动进行超声波探伤而

在支架上安装双元件传感器方面做了一些工作。但是，确定提供可靠结果的传感器组列仍是困难的。

因此，当必须对奥氏体焊缝的全部体积进行检测时，那些熟悉本技术领域的人士一般选择摒弃超声波探伤问题而依靠 X 射线照相检测。例如存储诸如液化天然气之类的低温液体的箱罐一般是通过奥氏体对接焊缝连接板材来现场构造的，这些奥氏体对接焊缝就需要 100% 的焊缝缺陷检测。这样的焊缝传统上是用暴露于危险级别的辐射的照相胶片来检测。这样的 X 射线照相检测是安全方面的一个潜在危险，并且有时是控制着这样箱罐装配进度的一个耗时的步骤。

发明内容

设计出一种方便地构成用来自动进行奥氏体焊缝超声波探伤的双元件传感器组列的有效新方法。这种新的组列促进了奥氏体焊缝的超声波探伤的应用，并使其成为替代 X 射线照相检测的具有吸引力的方法。

本发明发现可以通过使用一所要鉴别（screen）的焊缝的剖面示意图来容易地构造一有效的传感器组列。传感器的位置和声波路径绘制在示意图上，并接着划分成至少两个检测区域。为每个检测区域选择传感器壳体的尺寸和声波路径，并测量从传感器位置到热影响区域边界的最长和最短声波路径长度。选择在最短和最长声波路径长度处都提供足够灵敏度的聚焦点距离。从示意图确定传感器的投射距离和选通设置（gate setting）。然后使用测试板材来确定传感器增益调整设置（gain setting）和确认其具有足够的域宽度。这样做是尤为有效的：选择蠕变波（creep wave）传感器来检测焊缝金属和热影响区域的上部分；为另一传感器选择两套获得和选通设置，一套设置用来获得和分析从传感器的直接声波反射，另一套设置用来增益调整和分析该声波的非直接反应。为了这样做，对处理器进行编程以使其如同信号是从两个不同的传感器传来地那样对该传感器传来的信号进行分析。

应用无损检测专业领域的标准，我们发现，在奥氏体焊缝中的机械缺陷和故意的焊接错误都能被这些方法和设备可靠地探测出来。

附图简述

通过参照附图会对本发明有更好的理解，在这些附图中：

图 1 是根据本发明构造的一个支架的平面图；

图 2 是图 1 所示支架用来检测一条焊缝时的剖面图；

图 3 是图 2 的局部放大图；

图 4—8 所示是与本发明的方法一起使用的示意图的实施例；以及

图 9 和 10 是表示与本发明一起使用的测试板的横剖面图。

具体实施方式

图 1 和 2 示出了支架 10 的一个实施例，该支架 10 可有效地用于奥氏体焊缝的自动超声波探伤。所示的支架包括一个框架 12、若干磁性轮 14、一个蠕变波传感器 20、一个中间区域传感器 30 以及一个下区域传感器 40。

在使用中，支架骑跨在一条焊缝的纵向上，如图 2 所示。如图所示，焊缝的厚度大于 16 毫米，并且焊缝包括连接一对板材 52 的焊缝金属 50。各块板材有一个从焊缝金属和板材之间的熔合线 51 延伸到板材内的一条边界 56 的热影响区域 54。

如图 3 所示，蠕变波传感器 20 构造成沿着一条上声波路径 22 向焊缝金属 50 和热影响区域 54 的上部 24 发射声波。在所述的本发明实施例中，蠕变波传感器有一个 40×40 毫米的壳体，它到所要检测的焊缝中心线的隔开间距 26 为 33 毫米，且其频率为 2 至 4 兆赫。也可以使用其它的传感器来检测焊缝金属和热影响区域的上部，但使用一个蠕变波传感器是较佳的。

中间区域传感器 30 构造成沿着一条中声波路径 32 向焊缝金属 50 和热影响区域 54 的中部 34 发射声波。在所述的本发明实施例中，中间区域传感器是一个双元件、70° 的纵波（L 波）传感器，它有一个 40×40 毫米的壳体，它到所要检测的焊缝中心线的隔开间距 36 为 44 毫米，且其频率为 2 至 4 兆赫。也可以使用其它的传感器来检测焊缝金属和热影响区域的中部。

下区域传感器 40（未图示）构造成沿着一条下声波路径 42 向焊缝金属 50 和热影响区域 54 的下部 44 发射声波。在所述的本发明实施例中，下区域传感器是一个双元件、60° 的 L 波传感器，它有一个 40×40 毫米的壳体，它到

所要检测的焊缝中心线的隔开间距 46 为 40 毫米，且其频率为 2 至 4 兆赫。也可以使用其它的传感器来检测焊缝金属和热影响区域的下部。

如图 1 所示，所示的支架还包括一个在支架沿着焊缝的长度移动时监控支架位置的位置编码器 60。传感器 20、30 及 40 与一台计算机 68 相连，该计算机 68 编制了一套为获得和分析传感器传来的直接声波反射的增益调整（灵敏度）和选通设置和第二套用来获得和分析任何由中间区域传感器 30 沿着中间声波路径 32 传来的非直接声波反射的增益调整和选通设置。（下面对这样的非直接反射所取的路径进行讨论。）在本发明所述的实施例中，中间区域传感器具有一 35 毫米起始、25 毫米长的、用来获得和分析从中间传感器传来的直接声波反射的选通设置和一 56 毫米起始、20 毫米长的、用来获得和分析该声波的非直接反射的选通设置。

如图 1—3 所示的支架可用一种相对简单和新颖的方法来构造。

首先估计所要检测的焊缝的厚度和节点细部。然后就准备一焊缝截面的示意图。这样的示意图的一个例子如图 4 中所示。所示的截面垂直于焊缝的中心轴线。如图所示，示意图包括焊缝金属 50 和板材 52 之间的熔合线 51、在板材中的热影响区域 54 的边界 56、焊缝金属 50 的表面外形 58 以及板材 52 的上、下表面 61、62 的图示。图示仅需要接近所要检测的焊缝金属和板材实际特征，但这些图示最好相对准确一些。

然后就在示意图上拟定传感器位置及其可能的传感器声波路径。在图 5 中，使用了三张独自的示意图来表示诸传感器位置和这三个不同的标准的、通常可从市场上购得的传感器 70、71 及 72 的声波路径。对于各个传感器，分别示出了一条 45° 的声波路径 75、60° 的声波路径 76、一条 70° 的声波路径 77 以及一条蠕变波声波路径 78。

接着，在示意图上的焊缝金属 50 和热影响区域 54 被划分成至少两个检测区域。在图 6 中，在图 5 的示意图中添加了的水平划分线 80 以将示意图中的焊缝金属和热影响区域划分成三个等宽度的区域：一个上检测区域 82、一个中检测区域 83 以及一个下检测区域 84。尽管这样是较佳的，但划分线无需是完全水平的或平直的，区域也无需是等宽的。使用现在通常使用的传感器，较佳的是各个区域代表厚度最大约为 8—10 毫米的实际的焊缝金属和热影响

区域，所以对于厚度小于 16 毫米左右的板材，焊缝金属和热影响区域的示意图仅需要被划分成两个检测区域，而对于厚度大于 32 毫米左右的板材，示意图则将被划分成至少四个检测区域。

然后就根据示意图来选择检测各个检测区域的传感器。在选择传感器时，规定各个传感器的壳体尺寸和声波路径的角度。例如，查看图 6 后就会为上检测区域 82 选择一个 40×40 毫米的蠕变波传感器、为中检测区域 83 选择一个 40×40 毫米的 70° 纵波传感器以及为下检测区域 84 选择一个 40×40 毫米的 60° 纵波传感器。一般来说，较佳的是为上检测区域使用蠕变波传感器。如图 7 中所示，声波路径 22、32 及 42 以传感器声波路径角 α 、 β 及 γ 引出，以使它们穿过各个检测区域。声波路径与板材顶面 61 相交的点就确定传感器位置 63、64 及 65。较佳的是每个区域引出的声波路径横穿过那个检测区域内的各热影响区域 54 的边界 56，但这不是必需的。下检测区域 84 的引出声波路径 42 就没有横穿过下检测区域内的热影响区域的边界 56。但是，引出线仅代表声波路径的中心线。由于从传感器发出的声波实际上覆盖了一较宽的区域，因此引出线在紧靠的附近区域中就足够了。较佳的是，选择传感器壳体的尺寸以使传感器不会在检测焊缝时触碰到焊缝金属 50。这样来设置壳体尺寸和隔开间距 26、36 及 46 就无需在检测前磨光焊缝。

接着，为各个传感器确定一个聚焦点距离。首先，测量从声波路径与板材顶面相交处的传感器位置 63、64 及 65 到各个传感器的检测区域的检测极限点 90 的最短和最长的声波路径长度。如图所示，检测极限点位于从该传感器位置出发的声波路径与热影响区域 54 的边界相交的位置上。或者，检测极限点也可以放置在声波路径进入检测区域的点或在某中间或类似的点上。在本发明的所示实施例中，蠕变波传感器 20、中间区域传感器 30 以及下区域传感器 40 的最短和最长声波路径长度分别为 16 毫米和 47 毫米、35 毫米和 60 毫米以及 36 毫米和 60 毫米。

然后，为各个传感器选择一个聚焦点距离，这个聚焦点距离要能在该传感器的最长声波路径长度和最短声波路径长度上都提供足够的灵敏度。较佳的是通过选择至少为最长声波路径长度一半和不超过最短声波路径长度两倍的聚焦点距离来保证足够的灵敏度。在所述的本发明实施例中，蠕变波的传感

器、中间区域的传感器以及下区域的传感器的聚焦点分别在 24 毫米和 32 毫米、30 毫米和 70 毫米以及 30 毫米和 72 毫米之间。

各个传感器的隔开间距可直接从示意图上量得。在图 7 中，从焊缝金属 50 的中心线至传感器位置 63、64 及 65 测量隔开间距 26、36 及 46。也可以使用其它的参考间距。所示蠕变波传感器 20、中间区域传感器 30 以及下区域传感器 40 的隔开间距分别为 33 毫米、44 毫米以及 40 毫米。

然后为各个传感器选择选通设置。对于直接反射的信号，较佳的是用所测得的最短声波路径长度来作为各个传感器的起始选通设置，以及选择与测得的最短和最长声波路径长度之间的差值相等的长度选通设置。在所示的实施例中，这就得到了分别为 16 毫米和 31 毫米、35 毫米和 25 毫米以及 36 毫米和 24 毫米的直接反射的信号蠕变波传感器、中间区域传感器以及下区域传感器起始选通设置和长度选通设置。

也可为从一个或多个传感器传来的非直接反射信号设上选通设置。在图 8 中，用三条边的长度确定了一个“往返”的声波路径长度，这三条边是：从传感器位置 64 沿着声波路径 32 到在焊缝金属 50 中心线处的第一反射位置 92 的第一边 91、从第一反射位置到两板材 52 中一块的下表面上的模式转换位置 94 的第二边 93 以及从模式转换位置回到传感器位置的第三边 95。由于所示的 70° 纵波传感器对以约 32° 角到达它的剪切波尤为敏感，所以在图示中第三边以约 32° 的角度引出。其它传感器对其它角度的剪切波最为敏感，较佳的是不同的传感器以不同的角度引出边。类似地，第一反射位置可以设在沿着第一边的其它点处。但较佳的是，它落在焊缝金属或至少一个热影响区域内。当测量往返声波路径长度时，第三边的长度应乘以一个合适的乘数以计入模式转换后的横波边 95 速度不同的因素。在图 8 中，边 91、93 及 95 的实际长度分别为 40 毫米、26 毫米及 36 毫米。将第三边的长度乘上 1.8 就得到了往返路径的总有效长度 131 毫米。往返路径的有效长度的一半就是非直接反射信号的有效直接长度 66 毫米。

较佳的是通过减小这个往返有效长度约 10 毫米（或大致焊缝金属和热影响区域宽度的一半）以有效地覆盖所示实施例所关心的区域，来设置获得这样的非直接反射信号的起始选通设置。在所示的实施例中，这就得到了一个 56

毫米的用于从传感器传来的非直接反射声波的起始选通设置。用于非直接反射信号的长度选通设置较佳的是通过加倍 10 毫米的长度来得到。因此在图 8 中，用于从传感器传来的非直接反射信号的长度选通设置是 20 毫米。

可以通过诸如示于图 9 中的那些测试板材来确定各个传感器合适的增益调整设置。制成图 9 所示测试板材 52'的材料与所要鉴别的焊缝的材料类似，并且其几何形状与所要鉴别的焊缝的几何形状相似（亦即测试板材两厚度和材料上与所要鉴别的焊接的板材类似，具有类似的焊缝金属 50'以及在轮廓上与所要鉴别的焊接的熔合线和边界相似的热影响区域 54'的熔合线 51'和边界 56'）。还有，较佳的是测试板材在测试焊缝中包括经机加工的参考反射体。在图 9 中，反射体包含侧向钻孔 102、103 及 104。各个所选的传感器的实例放置在离测试焊缝金属一个适合距离的位置上，以使其声波路径指向其各个检测区域中的侧向钻孔。在图 9 中，下区域传感器 40 放置成其声波路径 42 指向下检测区域 44'中的侧向钻孔 104。在进行了适当的增益调整设置后，这个传感器就不仅应探测在下检测区域中的侧向钻孔 104，还应探测中间检测区域 34'中的侧向钻孔 103。较佳的是，在从下区域中的侧向钻孔来的信号和从中间区域中的侧向钻孔来的信号之间的响应有一个小于 6 分贝的下跌。我们发现这样的下跌准则可以为许多应用提供足够的域宽度。较佳的是，设定各传感器的增益调整设置使计算机分贝 68 所获得的信号达到所有传感器路径的全屏高度的 80%。同样的一 6 分贝（dB）的增益调整设置，一般能被用作非直接反射信号的增益调整。

在为所有的传感器都建立了增益调整设置之后，就可以组装图 1 所示的支架了。所选择的传感器 20、30 及 40 以它们各自的隔开间距 26、36 及 46 安装在支架上，如图 1 所示。还是如在该图中所见，较佳的是包括各个与传感器相配的传感器 20'、30'及 40'。诸相配传感器较佳的是安装在支架的相对一侧上，以提高鉴别结果的可靠性。配备了一套合适的软件以在检测焊缝时收集、分析以及显示从传感器接收来的数据。在配备软件时，将一个或多个传感器连接到多个通道上是很有效的，在这些通道中，一条设有增益调整和选通设置的通道用于获得和分析从传感器来的直接反射声波，另一条设有增益调整和选通设置的通道则用来获得和分析从传感器来的非直接反射声波。

为了证实支架和软件配备的可靠性，在另一条测试焊缝上测试支架是有效的，如图 10 中所示的一条焊缝。再者，被测试的焊缝应用与所要鉴别的焊缝类似的材料制成，并应有与所要鉴别的焊缝的几何形状相似的几何形状。它还应有入为的缺陷，如侧向钻孔 105、EDM 凹口 107 或者焊接工操作缺陷 109。

在该领域中，所有超过临界水平的信号都应相对所建立的容许准则进行评估，或进一步通过手工扫描进行评估。该临界水平较佳的是设定在显示器全屏高度的 60% 处。

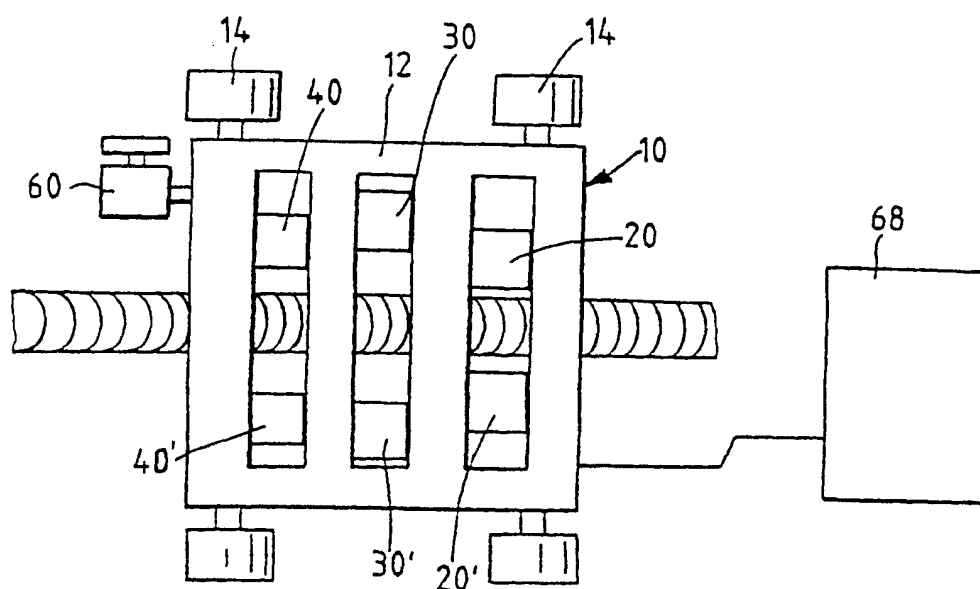


图 1

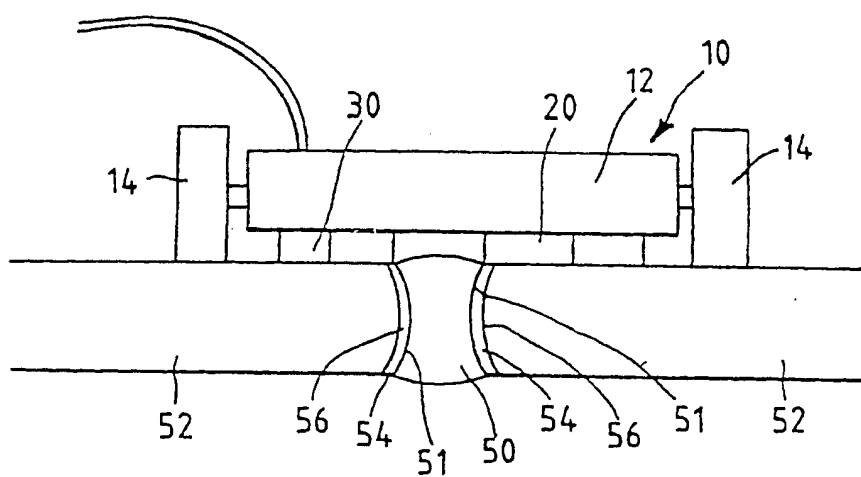
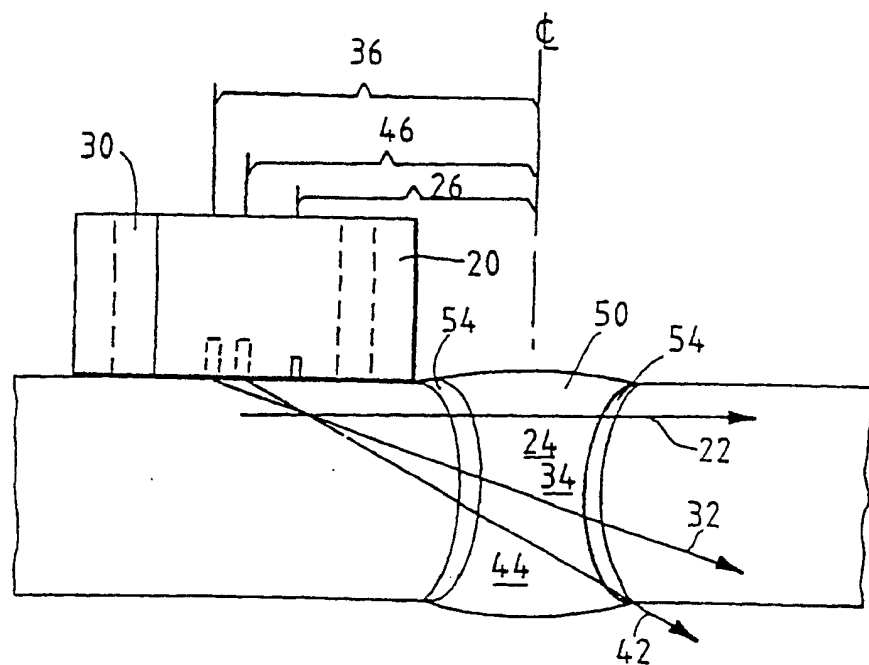


图 2



3

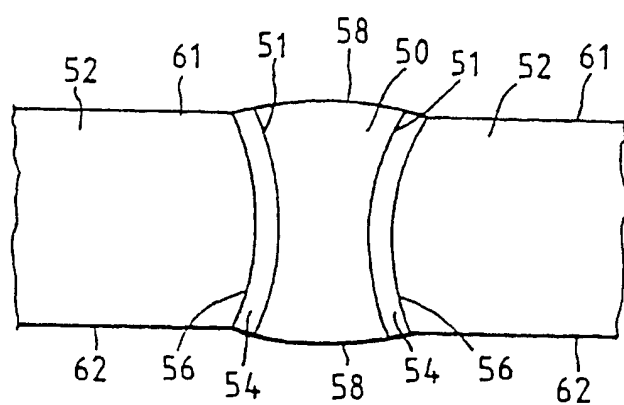


图 4

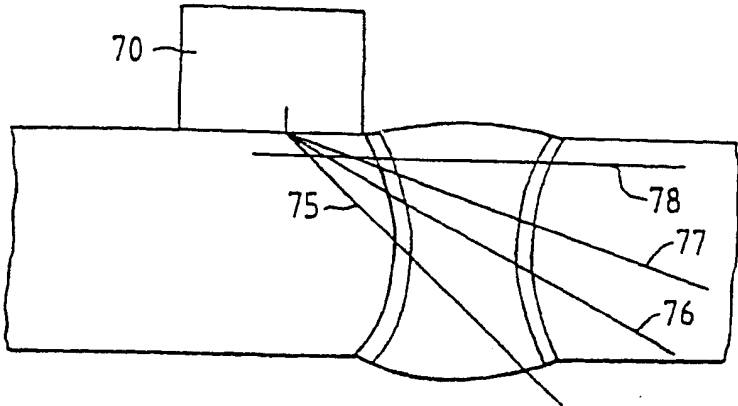


图 5A

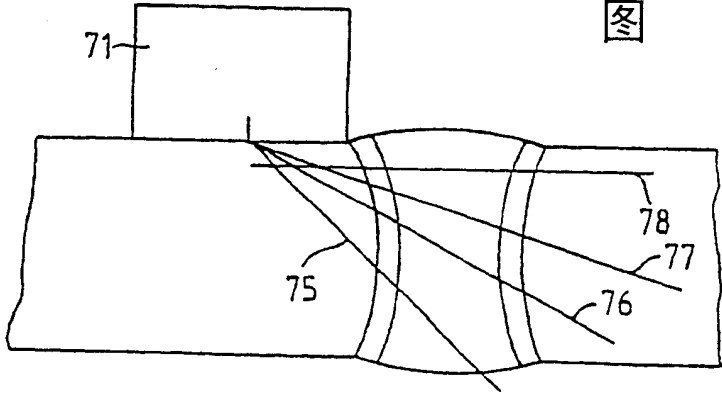


图 5B

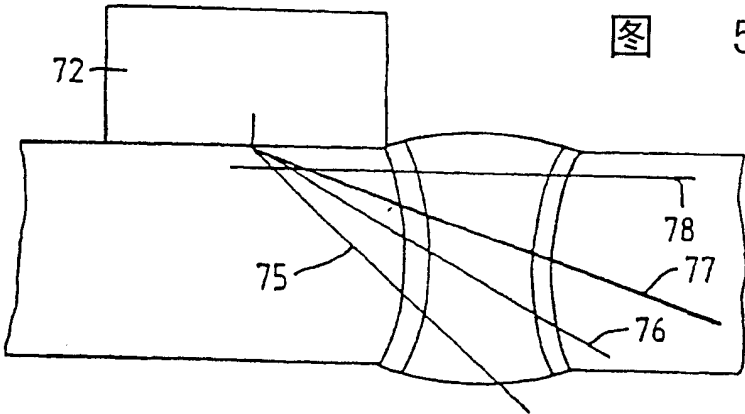


图 5C

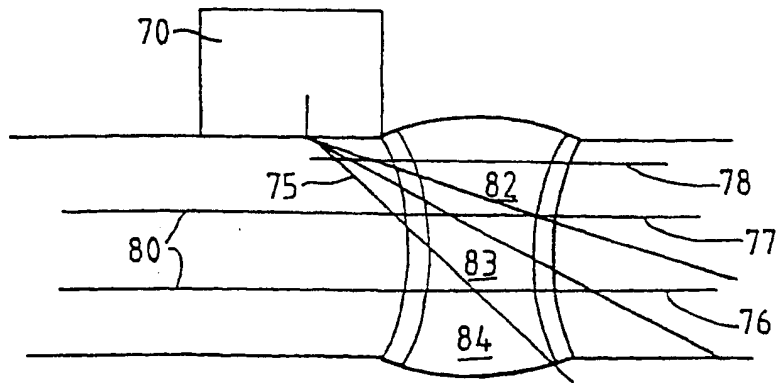


图 6A

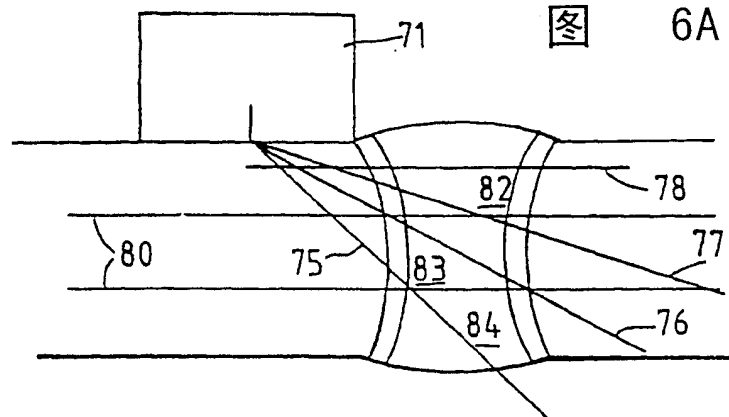


图 6B

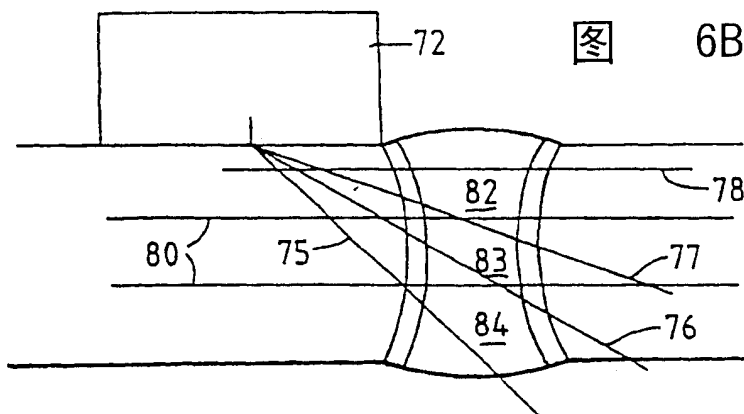


图 6C

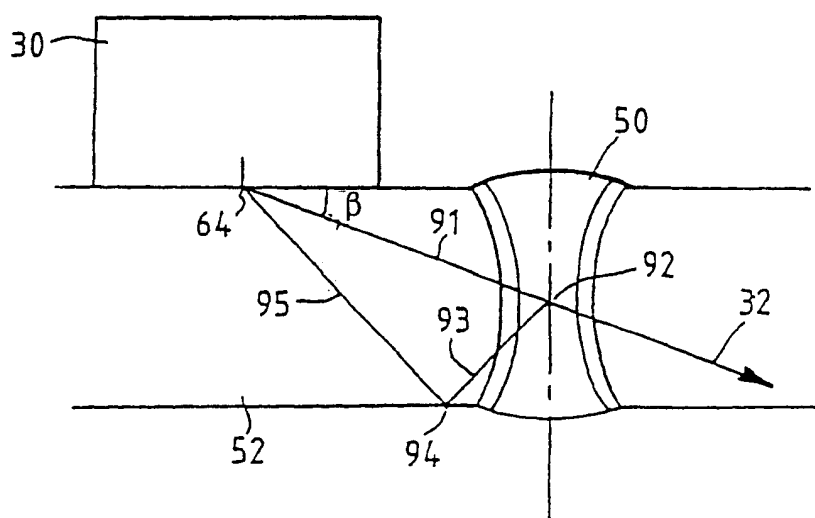


图 8

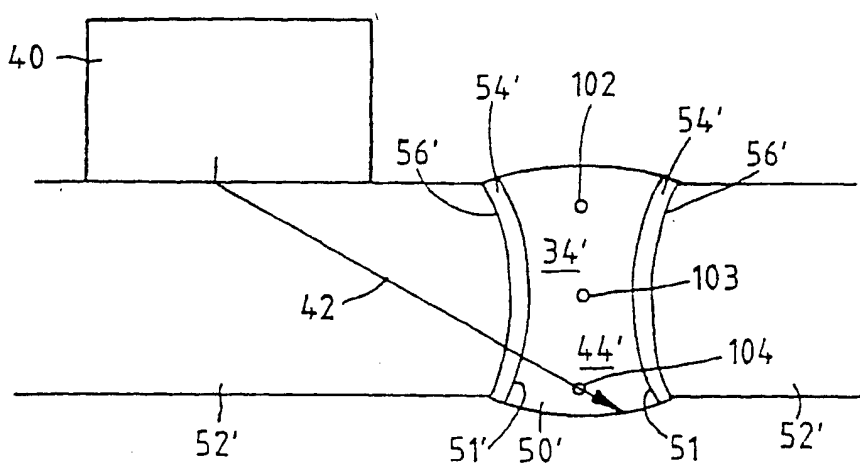


图 9

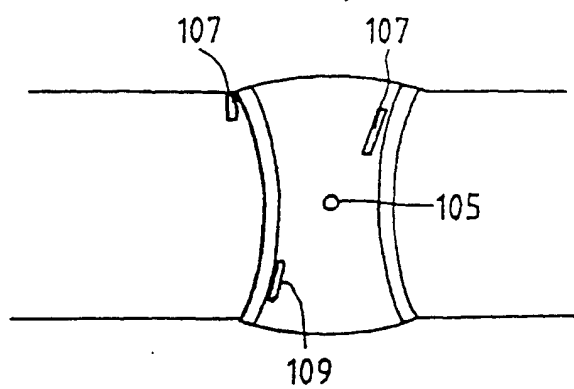


图 10