[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.
B23K 26/20 (2006.01)
E01D 19/12 (2006.01)
B23K 103/04 (2006.01)

[12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200880003166.1

[43] 公开日 2009 年 12 月 9 日

[11] 公开号 CN 101600533A

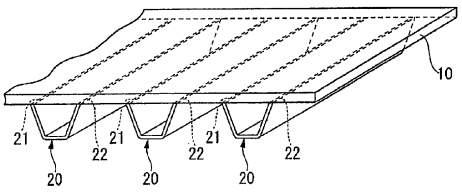
[22] 申请日 2008.2.15
[21] 申请号 200880003166.1
[30] 优先权
[32] 2007. 2.15 [33] JP [31] 034826/2007
[32] 2007. 4. 4 [33] JP [31] 098323/2007
[32] 2008. 1.30 [33] JP [31] 018968/2008
[86] 国际申请 PCT/JP2008/052531 2008.2.15
[87] 国际公布 WO2008/099922 日 2008.8.21
[85] 进入国家阶段日期 2009.7.24
[71] 申请人 株式会社 IHI
地址 日本东京都
[72] 发明人 猪濑幸太郎 齐藤史朗 神林顺子
山冈弘人 杉野友洋 川口勋
[74] 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司
代理人 温大鹏
权利要求书 2 页 说明书 10 页 附图 12 页

[54] 发明名称

加劲板以及加劲板的制造方法

[57] 摘要

一种加劲板，该加劲板是将多个与钢板(10)一起形成闭合截面结构的加劲材料(20)焊接在上述钢板(10)的表面上而成的加劲板，从上述闭合截面结构的外侧对上述加劲材料(20)的与上述钢板(10)抵接的缘部从既定方向照射既定输出的激光(L)，而以既定焊接速度进行激光焊接，从而将上述加劲材料与上述钢板(10)接合。 使加劲材料对钢板的焊接质量提高，且使疲劳强度也提高。



1.一种加劲板，该加劲板是将多个与钢板一起形成闭合截面结构的加劲材料焊接在上述钢板的表面上而成的加劲板，其特征为，

上述加劲材料的与上述钢板抵接的缘部从上述闭合截面结构的外侧被从既定方向照射既定输出的激光而以既定焊接速度被激光焊接，从而使上述加劲材料与上述钢板接合。

2.如权利要求1所述的加劲板，其特征为，上述加劲材料的上述缘部以与上述钢板的表面大致平行地对置的方式形成，且被激光焊接在上述钢板上。

3.如权利要求1所述的加劲板，其特征为，上述加劲材料是箱形截面肋，与纵长方向垂直的截面的形状大致形成为U字状。

4.如权利要求1所述的加劲板，其特征为，取代上述激光焊接，借助并用激光焊接和电弧焊接的激光/电弧复合焊接来进行焊接。

5.一种加劲板的制造方法，该加劲板的制造方法是将多个与钢板一起形成闭合截面结构的加劲材料焊接在上述钢板的表面上而成的加劲板的制造方法，其特征为，

从上述闭合截面结构的外侧对上述加劲材料的与上述钢板抵接的缘部从既定方向照射既定输出的激光而以既定焊接速度进行激光焊接，从而将上述钢板与上述加劲材料接合。

6.如权利要求5所述的加劲板的制造方法，其特征为，在上述激光焊接之前，以与上述钢板的表面大致平行地对置的方式形成上述加劲材料的上述缘部。

7.如权利要求5所述的加劲板的制造方法，其特征为，在上述激光焊接中，使用通过平面镜使由凸透镜聚光后的激光弯折的弯折型激光焊接装置，且借助该弯折型激光焊接装置沿着上述钢板的表面照射激光，从而将上述加劲材料与上述钢板接合。

8.如权利要求5所述的加劲板的制造方法，其特征为，在上述激光焊接中，使用通过抛物线镜或者球面镜使激光聚光及弯折的弯折型激光焊接装置，且借助该弯折型激光焊接装置沿着上述钢板的表面照射激光，从而将上述加劲材料与上述钢板接合。

9.如权利要求5所述的加劲板的制造方法，其特征为，在与上述激光焊接同时或者邻近的工序中，借助并用电弧焊接的激光/电弧复合焊接来

进行焊接。

10.如权利要求 5 所述的加劲板的制造方法，其特征为，在上述激光焊接或者上述激光/电弧复合焊接中，使用填充焊丝。

11.如权利要求 5 所述的加劲板的制造方法，其特征为，在上述激光焊接或者上述激光/电弧复合焊接中，使用与底面钢板没有间隙的坡口形状。

12.如权利要求 5 所述的加劲板的制造方法，其特征为，在上述激光焊接或者上述激光/电弧复合焊接中，应用于底面钢板为曲面的结构。

加劲板以及加劲板的制造方法

技术领域

本发明涉及一种加劲板以及加劲板的制造方法。

本申请主张基于2007年2月15日向日本国专利局申请的日本特愿2007－034826号、2007年4月4日申请的日本特愿2007－098323号、以及2008年1月30日申请的日本特愿2008－018968号的优先权，在此引用其内容。

背景技术

作为桥梁等的底板材料，有混凝土材料等各种材料，而作为其中之一已知有钢桥面板。钢桥面板主要由钢板（瓦垄钢板）构成，但因为仅仅通过瓦垄钢板不能够充分地确保所需的强度，所以通常作为在下表面配设有加劲材料（肋）的加劲板而构成。

对于加劲材料，除了带状的板钢之外，有被称为箱形截面肋等的截面V字状或者U字状的钢材。将这些加劲材料以一定的间隔并列而与瓦垄钢板的下表面接合，从而构成加劲板。

在此，箱形截面肋的两端的缘部借助电弧焊接而与瓦垄钢板接合，以使其与瓦垄钢板形成闭合截面结构。

作为上述那样的加劲板的变形例，有非专利文献1所示的多层板。该夹层板以下述方式制作：以形成闭合截面结构的方式将多个U形肋材并列地配置在瓦垄钢板上，且U形肋材的缘部被电弧焊接在瓦垄钢板上，进而，将底板配材在U形肋材的顶部，借助搭接激光焊接将U形肋材的顶部与底板接合。

另外，作为有关加劲板的焊接技术的现有技术的文献，有由本申请人提出的下述专利文献1。

非专利文献1：

“中厚板激光搭接焊接接头的强度特性和面板制造”日立造船株式会社 北侧 彰一 资料来自“激光讨论会：用于中厚板结构体的激光技术的应用” 社团法人 日本焊接协会 ＬＭＰ委员会 召开时间：平成14年8月22日（星期四）～23日（星期五）

专利文献1：日本特开2006－224137号公报

但是，在电弧焊接中，在焊接后焊接金属产生热收缩，因此在瓦垄钢板以及箱形截面肋内会产生拉伸残留应力（焊接残留应力），存在由于该焊接残留应力而导致部件的组装精度降低，或部件的拉伸强度、压缩强度或者疲劳强度降低的问题。

此外，在箱形截面肋的闭合截面结构部的焊接中，只能够从闭合截面结构部的外侧进行焊接作业，在电弧焊接这样的闭合截面结构部时，若要防止焊穿（焊接过度），则存在在レ形或者J形坡口的顶端、即闭合截面结构的内侧的根部产生局部没有焊接的部分（焊接残留部）的问题。即，在电弧焊接中，不能够精密地管理熔融范围，所以若要防止焊穿就会产生焊接残留部。

如此，若在瓦垄钢板以及箱形截面肋内产生焊接残留应力、且在闭合截面结构的内侧的根部存在焊接残留部，则因为应力集中于瓦垄钢板的焊接残留部稍上方附近等，在瓦垄钢板的焊接残留部稍上方附近容易发生裂纹。若瓦垄钢板发生裂纹，则存在疲劳强度急剧地降低而容易导致疲劳破坏的问题。此外，因为焊穿会使焊接质量降低，所以不希望其发生。

另一方面，作为加劲板的制作中的激光焊接，有在上述非专利文献1的多层板中将两个部件冲裁而进行焊接的搭接激光焊接，但在箱形截面肋的缘部对瓦垄钢板的的接合中，以往不使用激光焊接。

发明内容

本发明鉴于上述情形而完成，目的在于实现加劲材料对钢板的焊接质量的提高及疲劳强度的提高。

为了解决上述课题，在本发明中，第1方案是一种加劲板，该加劲板是将多个与钢板一起形成闭合截面结构的加劲材料焊接在上述钢板的表面上而成的加劲板，其特征为，上述加劲材料的与上述钢板抵接的缘部从上述闭合截面结构的外侧被从既定方向照射既定输出的激光而以既定焊接速度被激光焊接，从而使上述加劲材料与上述钢板接合。

此外，第2方案在上述第1方案所述的加劲板中，上述加劲材料的上述缘部以与上述钢板的表面大致平行地对置的方式形成，且被激光焊接在上述钢板上。

第3方案在上述第1或者2方案所述的加劲板中，上述加劲材料是箱

形截面肋，与纵长方向垂直的截面的形状大致呈U字状。

进而，在本发明中，第4方案在上述第1～3的任意一个方案所述的加劲板中，取代上述激光焊接而通过并用激光焊接和电弧焊接的激光/电弧复合焊接来进行焊接。

此外，第5方案是一种加劲板的制造方法，该加劲板的制造方法是将多个与钢板一起形成闭合截面结构的加劲材料焊接在上述钢板的表面上而成的加劲板的制造方法，其特征为，从上述闭合截面结构的外侧对上述加劲材料的与上述钢板抵接的缘部从既定方向照射既定输出的激光，而以既定焊接速度进行激光焊接，从而将上述钢板与上述加劲材料接合。

此外，第6方案在上述第5方案所述的加劲板的制造方法中，在上述激光焊接之前，以与上述钢板的表面大致平行地对置的方式形成上述加劲材料的上述缘部。

此外，第7方案在上述第5或者第6方案所述的加劲板的制造方法中，在上述激光焊接中，使用通过平面镜使由凸透镜聚光后的激光弯折的弯折型激光焊接装置，且借助该弯折型激光焊接装置沿着上述钢板的表面照射激光，从而将上述加劲材料与上述钢板接合。

此外，第8方案在上述第5～7的任意一个方案所述的加劲板的制造方法中，在上述激光焊接中，使用通过抛物线镜或者球面镜使激光聚光并弯折的弯折型激光焊接装置，且借助该弯折型激光焊接装置沿着上述钢板的表面照射激光，从而将上述加劲材料与上述钢板接合。

此外，第9方案在上述第5～7的任意一个方案所述的加劲板的制造方法中，在与上述激光焊接同时或者邻近的工序中，借助并用电弧焊接的激光/电弧复合焊接将上述加劲材料与上述钢板接合。

此外，第10方案在上述第5～9的任意一个方案所述的加劲板的制造方法中，借助使用了填充焊丝的上述激光焊接或者上述激光/电弧复合焊接将上述加劲材料与上述钢板接合。

此外，第11方案在上述第5～10的任意一个方案所述的加劲板的制造方法中，利用与底面钢板没有间隙的坡口形状将上述加劲材料与上述钢板接合。

此外，第12方案在上述第5～11的任意一个方案所述的加劲板的制造方法中，应用于底面钢板为曲面的结构而将上述加劲材料与上述钢板接合。

根据本发明，因为借助激光焊接或者激光/电弧复合焊接将加劲材料的缘部与钢板接合，所以例如通过适当地设定激光的输出、照射方向、焊接速度而能够消除焊穿及焊接残留部的产生。从而能够实现加劲材料对钢板的焊接质量的提高，并且能够实现疲劳强度的提高。

附图说明

图 1 是表示本发明的一实施方式的加劲板的构成的立体图。

图 2 是将图 1 所示的加劲板的局部放大且将上下反转的立体图。

图 3 是沿着图 2 中的Ａ－Ａ线的剖视图。

图 4 是表示用于本发明的一实施方式的激光焊接的弯折型激光焊接装置的构成以及其使用状态的示意图。

图 5 是表示本发明的一实施方式的箱形截面肋的缘部的形状的示意图。

图 6 是表示本发明的一实施方式的钢桥面板的制造工序的说明图。

图 7 是表示本发明的另一实施方式的弯折型激光焊接装置的构成及其使用状态的示意图。

图 8Ａ是表示本发明的另一实施方式的箱形截面肋的外观的立体图。

图 8Ｂ是表示本发明的另一实施方式的箱形截面肋的外观的立体图。

图 8Ｃ是表示本发明的另一实施方式的箱形截面肋的外观的立体图。

图 8Ｄ是表示本发明的另一实施方式的箱形截面肋的外观的立体图。

图 9Ａ是说明本发明的另一实施方式的激光/电弧复合焊接的剖视图。

图 9Ｂ是说明本发明的另一实施方式的激光/电弧复合焊接的俯视图。

图 10 是本发明的另一实施方式的激光/电弧复合焊接的说明图，是图 9Ａ的要部放大图。

图 11Ａ是表示在上述图 10 中与激光Ｌ的照射角度θ对应的熔融部的状态的图，表示激光Ｌ的照射角度θ为 10 度以上的情况。

图 11Ｂ是表示在上述图 10 中与激光Ｌ的照射角度θ对应的熔融部的状态的图，表示激光Ｌ的照射角度θ不足 10 度的情况。

图 12Ａ表示在上述图 10 中Ｚ瞄准位置为 5mm 以下（较低）时的熔融部的状态。

图12B表示在上述图10中Z瞄准位置比5mm大（较高）时的熔融部的状态。

图13是本发明的另一实施方式的激光/电弧复合焊接的说明图，是图9B的要部放大图。

附图标记说明

10 瓦垄钢板
20 箱形截面肋
20 肋
21 缘部
22 缘部
30 激光焊接装置
31 光源
32 凸透镜
33 平面镜
34 激光射出口
35 壳体
40 激光焊接装置
41 光源
43 曲面镜
44 激光射出口
45 壳体
a 箭头
L 激光
M 焊枪
t1 既定板厚
t2 既定板厚
W 填充焊丝
X 距头部的距离
Y 焊接方向
θ 照射角度

具体实施方式

以下，参照附图说明本发明的一实施方式。首先，图1是表示本实施方式的加劲板的构成的立体图。图2是将图1所示的加劲板的局部放大且使上下反转的立体图。图3是沿着图2的A－A线的剖视图。

另外，加劲板被用于船的甲板及结构物等的多种用途，在此，举例说明将加劲板用于例如桥梁的钢桥面板的情况。

钢桥面板（加劲板）通过以一定的间隔将多个箱形截面肋20（加劲材料）配置在瓦垄钢板10（钢板）的一面上而构成。瓦垄钢板10是既定板厚t1（例如12mm）的钢制的平板。箱形截面肋20是将既定板厚t2（例如6～8mm）的钢制的平板进行弯曲加工而成的截面U字状的型钢。

图4是表示激光焊接装置30（弯折型激光焊接装置）的构成以及其使用状态的示意图。如该图所示，激光焊接装置30具有光源31、凸透镜32、平面镜33、收纳这些各部31～33且形成有激光射出口34的壳体35。光源31是发出激光L的部件。凸透镜32是使激光L聚光的部件。平面镜33是反射激光L的部件。

图5是表示箱形截面肋20的一对的缘部21、22的形状的示意图。图6是表示钢桥面板的制造工序的说明图。以下，参照这些附图详细地说明钢桥面板的制造工序。

首先，如图5所示，将箱形截面肋20的一对的缘部21、22形成为与瓦垄钢板10的要抵接的面大致平行地对置的形状。接着，将箱形截面肋20的一对的缘部21、22抵接在瓦垄钢板10的面上（图6的箭头a）。

接着，激光焊接装置30从瓦垄钢板10和箱形截面肋20形成的闭合截面结构的外侧在箱形截面肋20的全长（图6的箭头b）上照射激光（图6的c），从而将箱形截面肋20的各缘部21、22激光焊接在瓦垄钢板的面上。并且，对箱形截面肋20的两缘部21、22实施激光焊接，从而将箱形截面肋20与瓦垄钢板10接合，从而制造钢桥面板。

如图4所示，激光焊接装置30通过凸透镜32将光源31发出的激光L聚光，且通过平面镜33将由凸透镜32聚光后的激光L反射，从而使激光L的行进方向弯折，从激光射出口34射出激光L。并且，该激光焊接装置30射出的激光L被照射在瓦垄钢板10上的箱形截面肋20的缘部21、22附近，从而将箱形截面肋20与瓦垄钢板10接合。另外，在箱形截面肋20的缘部21、22附近根据需要与激光L一起供给金属丝W。

在上述激光焊接装置 30 进行激光焊接时，适当地设定激光 L 的输出、照射位置、照射方向、焊接速度、金属丝 W 的供给速度。由此，能够使焊穿不会发生，并且能够将焊接残留部减少到 0. 5mm 左右。

此外，使用作为弯折型激光焊接装置的激光焊接装置 30，从而能够使激光 L 弯折成自由的角度（例如 90° 左右），能够沿着瓦垄钢板 10 的面照射。由此，能够容易地将激光 L 照射在瓦垄钢板 10 上的箱形截面肋 20 的缘部 21、22 附近。

进而，本实施方式的焊接是不基于电弧焊接的焊接，所以不会产生由基于电弧焊接的焊接后的焊接金属的热收缩导致的焊接残留应力。从而，不会发生由焊接残留应力导致的部件的组装精度的降低、以及部件的拉伸强度和压缩强度或者疲劳强度的降低。

并且，如本实施方式这样，若在不发生焊接残留应力且焊接残留部少的状态下将箱形截面肋 20 焊接在瓦垄钢板 10 上，则会减少焊接残留部中的应力集中，所以能够降低瓦垄钢板 10 的焊接残留部稍上方附近的裂纹产生程度。因此，根据本实施方式，在箱形截面肋 20 的缘部 21、22 向瓦垄钢板 10 上的焊接中，能够消除焊穿的发生且将焊接残留部缩小到极限，从而能够实现焊接质量的提高，并且能够抑制瓦垄钢板 10 的裂纹的产生且使疲劳强度提高。

另外，在上述实施方式中，使用了如图 6 所示的激光焊接装置 30，而在实施时，也可以使用如图 7 所示的激光焊接装置 40（弯折型激光焊接装置）。激光焊接装置 40 具有：光源 41、具有抛物面状或者球面状的反射面的曲面镜 43、收纳这些各部 41、43 且形成有激光射出口 44 的壳体 45。

这样的激光焊接装置 40，借助曲面镜 43 使光源 41 所发出的激光 L 聚光且反射，从而使激光 L 的行进方向弯折，而从激光射出口 44 射出激光。

此外，在上述实施方式中，作为箱形截面肋 20 而使用截面 U 字状的型钢，而在实施时，箱形截面肋也可以是如图 8 所示那样的截面 V 字状及截面半圆形、截面梯形、截面四边形等其他的截面形状的型钢。进而，在上述实施方式中，令加劲材料为箱形截面肋 20，而在实施时，也不一定是与瓦垄钢板 10 一起形成闭合截面结构的型刚，例如将 I 型钢等立设在瓦垄钢板 10 上的情况，也能够良好地应用本发明。

并且，在上述实施方式中，令钢板为瓦垄钢板 10，且作为加劲板的一例说明了钢桥面板，而在实施时，钢板并不限定于瓦垄钢板 10，加劲板也不限定于钢桥面板，只要是在钢板上配置了加劲材料的加劲板，就能够良好地应用本发明。

接着，参照图 9～图 11B 说明在与激光焊接同时或者邻近的工序中借助并用电弧焊接的激光/电弧复合焊接而进行焊接的情况。如以下说明的那样，在激光/电弧复合焊接的装置中，激光 L 和电弧焊接的焊枪 M 瞄准大致相同目标。此外，对各图中的同一功能部标注相同符号而避免说明的重复。

图 9 是本发明的另一实施方式中的激光/电弧复合焊接的说明图，（a）是剖视图，（b）是俯视图。如图 9（a）、（b）所示，在瓦垄钢板（以下，也称为“底面钢板”或者“钢材”）10 上激光/电弧复合焊接箱形截面肋（以下，也称为“肋”或者“加劲板”）20 时，一边从激光焊接装置 30 的头部到焊接目标隔着距离 X 而照射激光 L 并将电弧焊接的焊枪作用在与照射部接近的位置上，一边向焊接方向 Y 以既定焊接速度进行激光/电弧复合焊接。另外，使激光焊接和电弧焊接的哪一个先进行都可以。

图 10 是本发明的另一实施方式中的激光/电弧复合焊接的说明图，是将图 9（a）的要部 H 放大了的图。如图 10 所示，优选激光 L 的照射角度 θ 为 10 度以上。此外，优选将 Z 瞄准位置设定为较低（例如 5mm 以下）。

在既定输出比 4KW 小时，虽然不易发生焊穿但易于产生焊接残留，而不能实现本方式所要求的焊接质量。此外，在既定输出比 10KW 大时，因为输出相对于钢桥面板的肋厚度而言大，所以可能发生焊穿。

另一方面，在既定焊接速度比 50cm/分钟小时，不能实现焊接速度快的激光焊接的优点。此外，在既定焊接速度比 200cm/分钟大时，可能产生焊接残留。

图 11A 表示与上述照射角度 θ 对应的熔融部的状态，表示激光 L 的照射角度 θ 为 10 度以上时的熔融部 Y1。此外图 11B 表示激光 L 的照射角度 θ 不足 10 度时的熔融部 Y2。激光 L 的照射角度 θ 为 10 度以上时的熔融部 Y1 不发生焊穿，而激光 L 的照射角度 θ 不足 10 度时的熔融部 Y2 发生焊穿。在激光 L 的照射角度 θ 为 10 度以上时，熔深顶端如图示那样地形成在瓦垄钢板 10 内，所以不易发生焊穿，而在激光 L 的照射角度 θ

不足 10 度时，熔深顶端位于瓦垄钢板 10 和肋 20 之间，所以易于发生焊穿。

图 12A 以及 12B 表示与上述 Z 瞄准位置对应的熔融部的状态。图 12A 表示将 Z 瞄准位置设定为 5mm 以下（较低）时的熔融部 Y3，此外图 12B 表示将 Z 瞄准位置设定为比 5mm 大（较高）时的熔融部 Y4。较低地设定 Z 瞄准位置时的熔融部 Y3 不发生焊穿，而较高地设定 Z 瞄准位置时的熔融部 Y4 发生焊穿。在较低地设定 Z 瞄准位置时，因为熔深顶端如图示那样地形成在瓦垄钢板 10 内，所以不易发生焊穿，而较高地设定 Z 瞄准位置时，熔深顶端位于瓦垄钢板 10 和肋 20 之间，所以易于发生焊穿。

图 13 是本发明的另一实施方式中的激光/电弧复合焊接的说明图，是将图 9B 的要部 K 放大了的图。如图 11A 以及 11B 所示，在激光/电弧复合焊接的装置中，激光 L 和电弧焊接的焊枪 M 作为原则而瞄准大致相同的目标，但优选将激光 L 和电弧焊接的焊枪 M 的间隔隔开 0～5mm 而进行焊接。采用该激光/电弧复合焊接的优点有以下两点。

第 1 点优点：能够以填补肋 20 与瓦垄钢板 10 的间隙的方式对应，此时的间隙允许量为以下所述。

1）在激光焊接中，若没有填充焊丝 W，则 0．5mm 左右为极限。

2）在激光焊接中，若具有填充焊丝 W，则 1mm 左右为极限。

3）若是激光/电弧复合焊接，则可以扩大到 3mm 左右。

第 2 点优点，与只采用激光焊接的情况相比，因为存在由电弧焊接带来的热输入，所以能够避免急热/急冷情况的发生。因此，焊接金属的硬度比激光焊接（具有填充焊丝 W）时小。

此外，在电子束焊接及激光焊接中，基本上不添加焊接材料而仅仅使母材熔融而进行接合，而在下述那样的情况中，优选添加焊接材料（以下，称为“填充焊丝”或者“金属丝”）W。

1）在工件的焊接部中存在间隙，且为了稳定的焊道形成而需要填补材料的情况。

2）需要改善焊接金属的清洁度及机械的性能的情况。

3）在进行完全焊透焊接时，在材质为表面焊道容易凹陷的材料（铝合金等）上形成加强焊缝的情况。

此外，在激光焊接中，放入填充焊丝 W 的最大的优点是能够填补加劲板（肋）20 与钢板（底面钢板或者瓦垄钢板）10 的间隙。另外，也能够

用于曲面结构的瓦垄钢板10（未图示）。另一方面，也可以是与瓦垄钢板10没有间隙的坡口形状（参照图5、图7）。

其次，作为激光焊接中的焊接材料的添加方法，如图7所表示局部那样供给填充焊丝W的方法是最常见的。因为在焊接部聚集成束的电子束及激光束都是极小径，所以金属丝W大多使用直径1mm以下的细径金属丝。这样的填充焊丝W经由金属丝导件（未图示）而高精度地送至束照射点，且使其熔融。

另外，作为本发明的适用范围，肋20的截面形状为U字形或者圆形等任意的形状都能够对应。

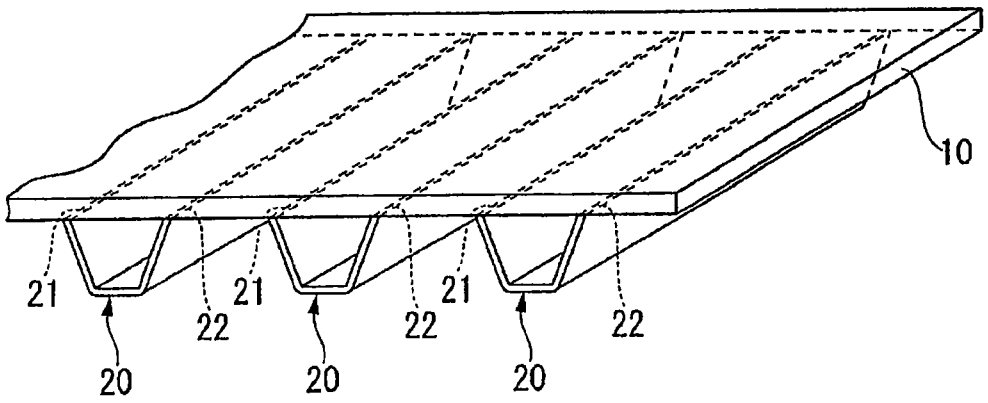


图 1

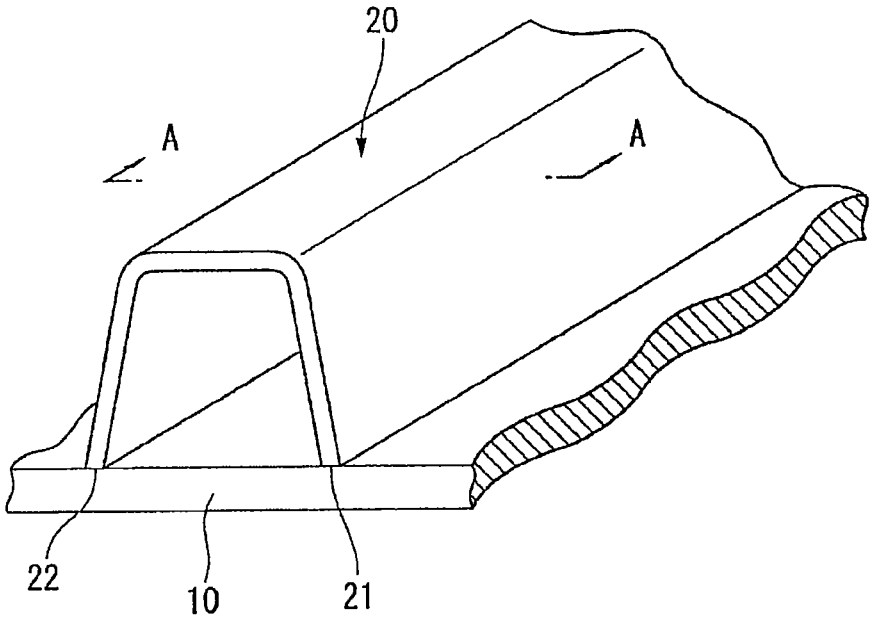


图 2

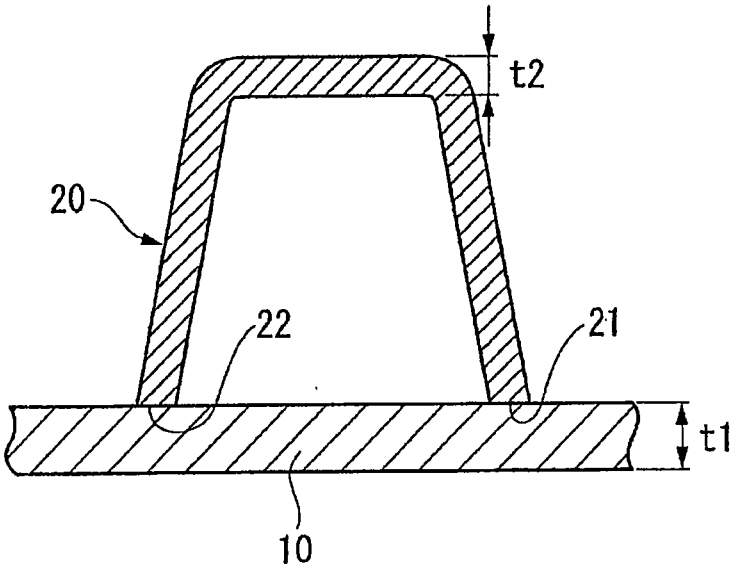


图 3

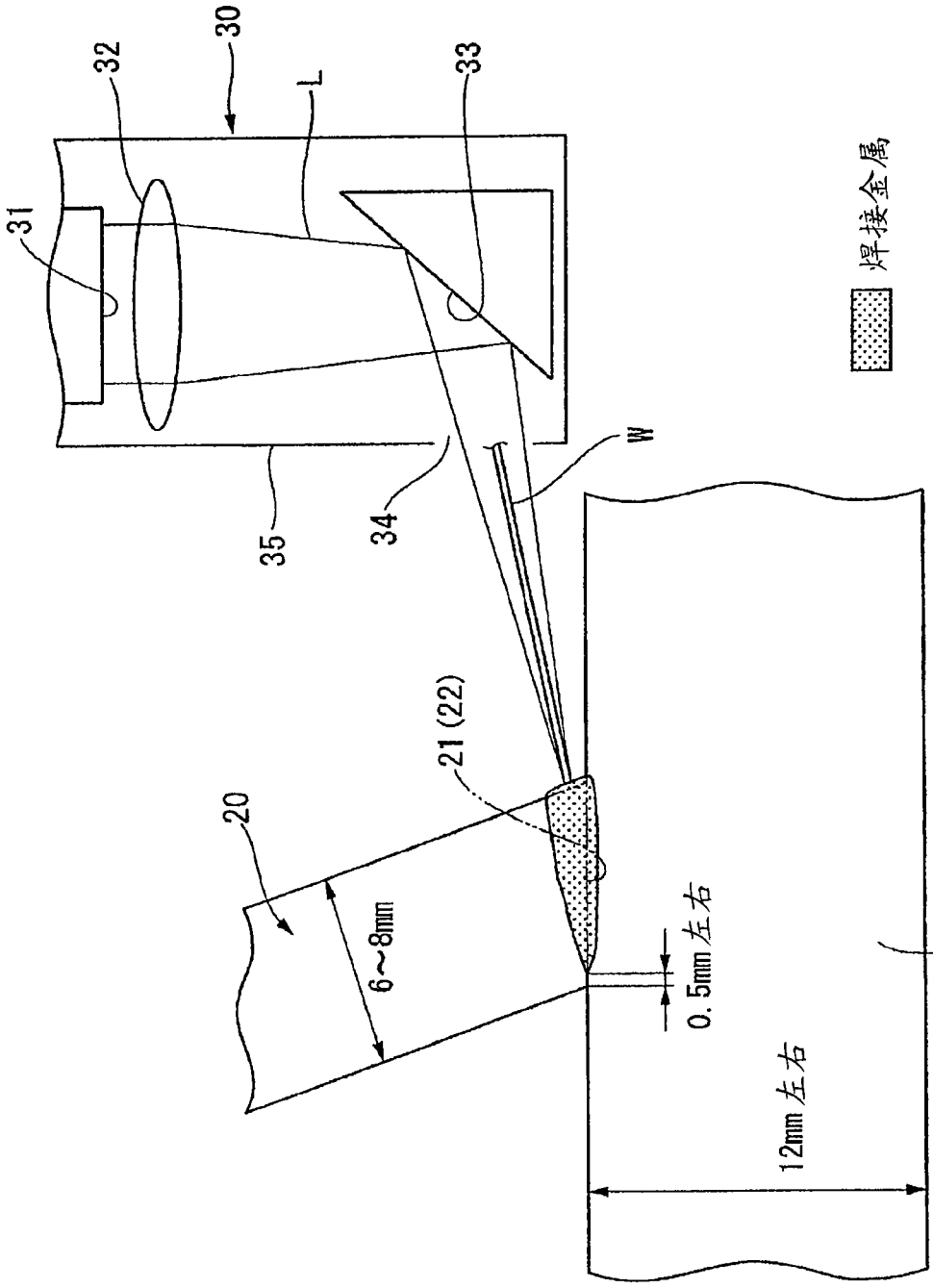


图 4

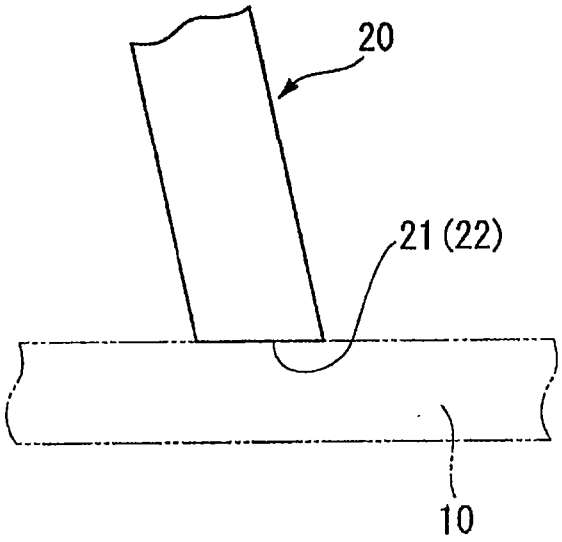


图 5

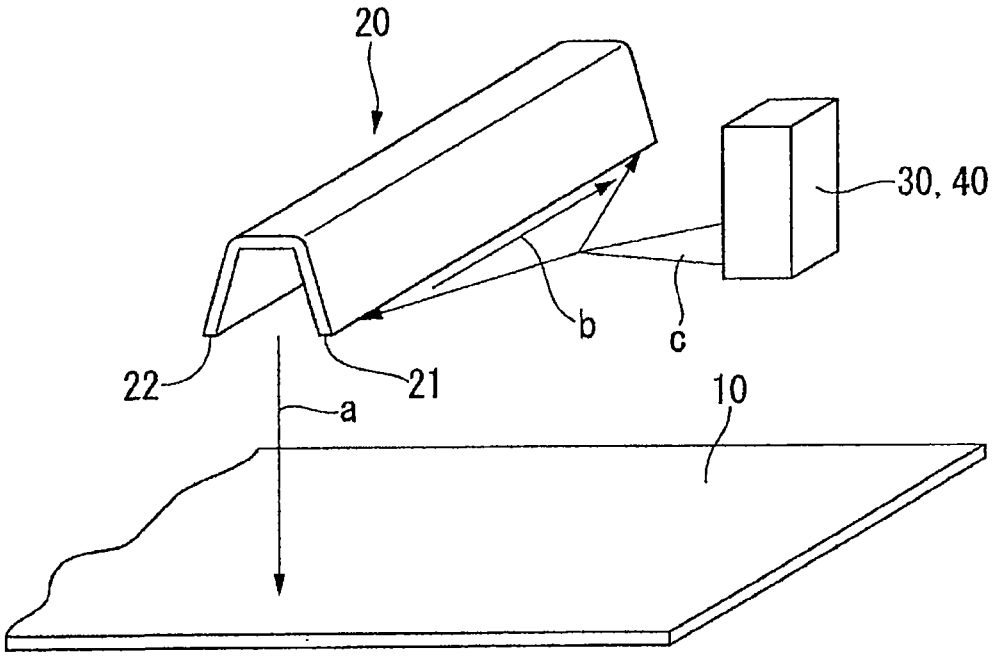


图 6

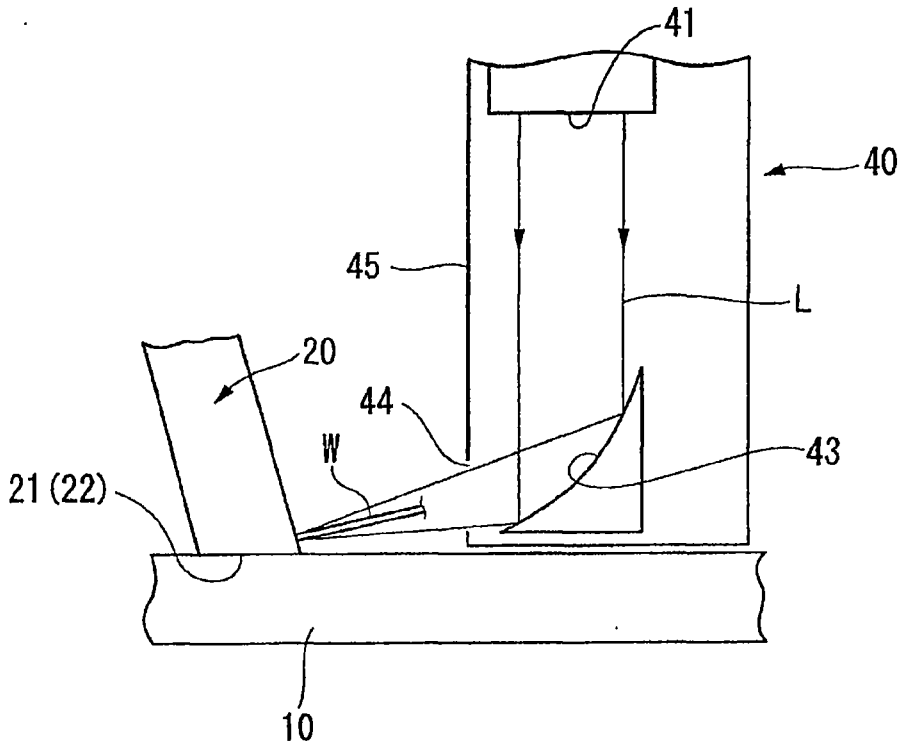


图 7

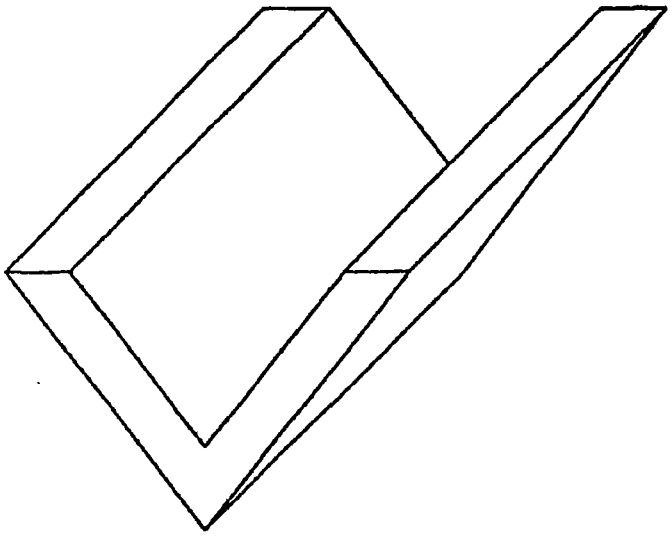


图 8A

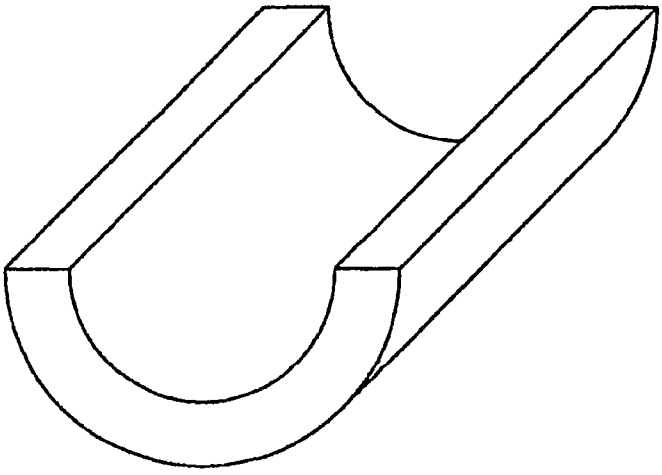


图 8B

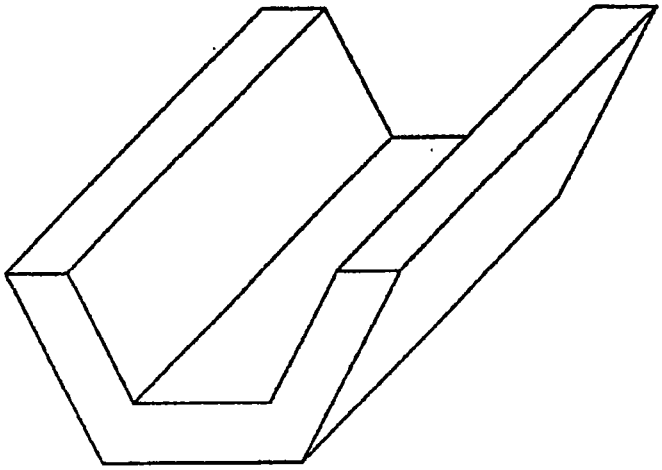


图 8C

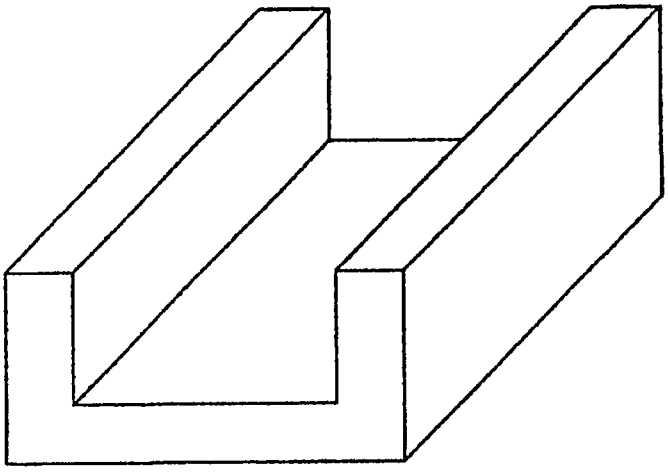


图 8D

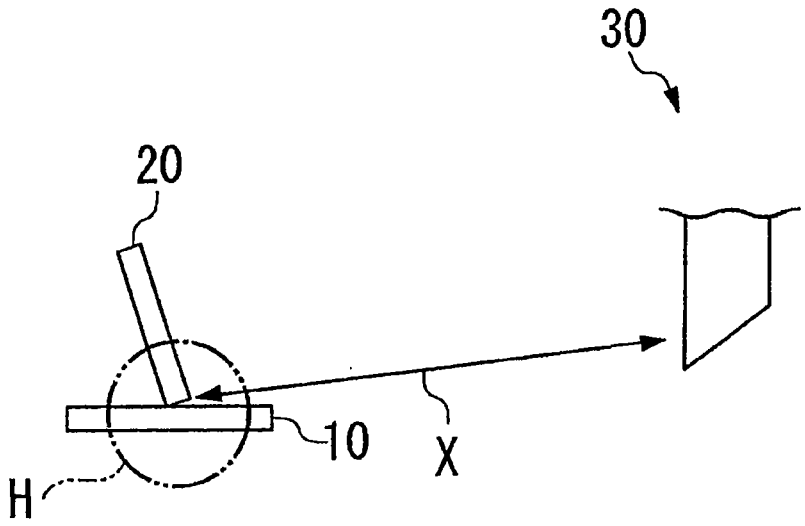


图 9A

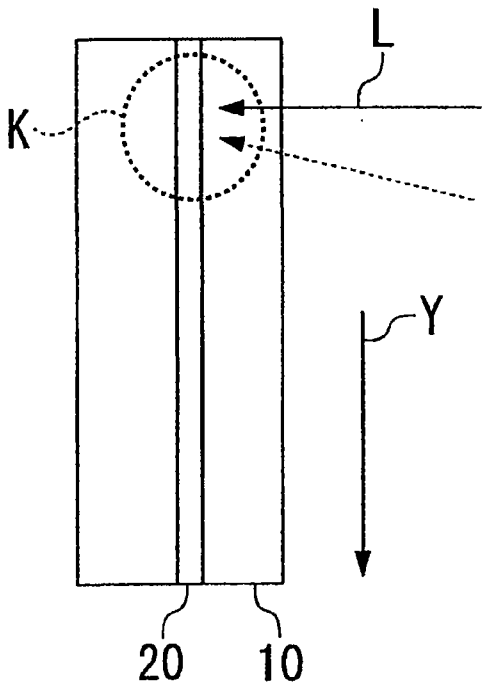


图 9B

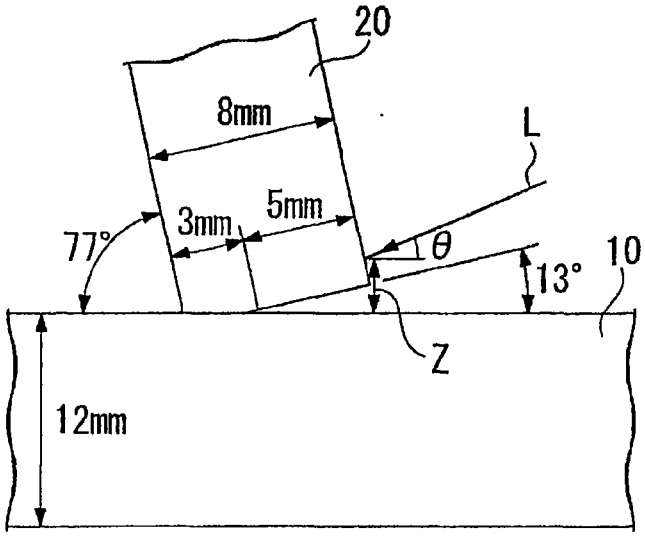


图 10

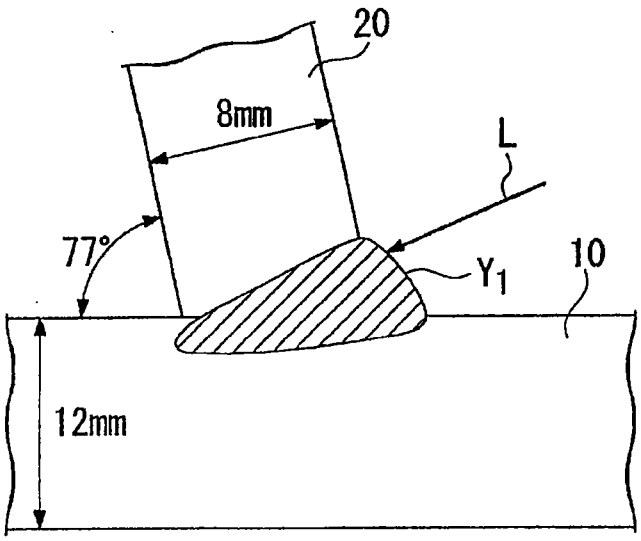


图 11A

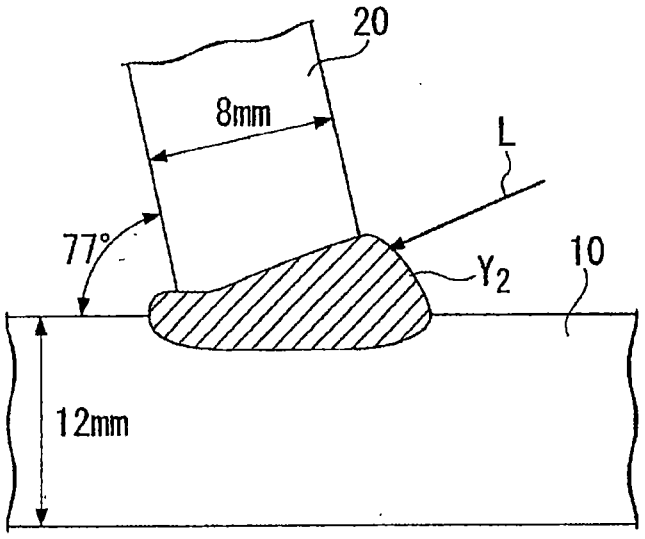


图 11B

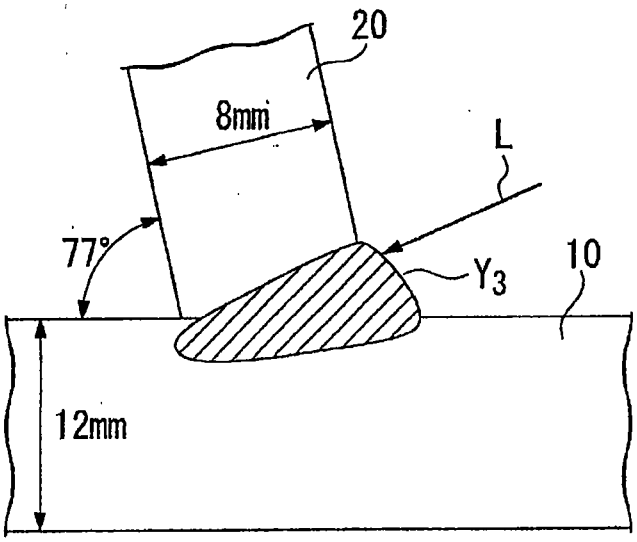


图 12A

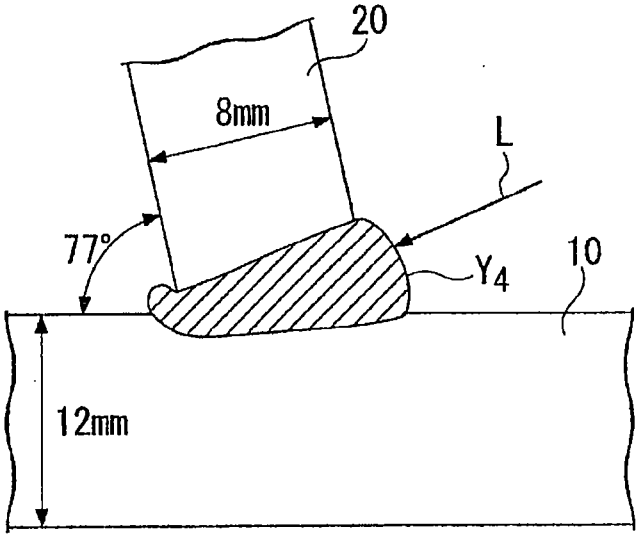


图 12B

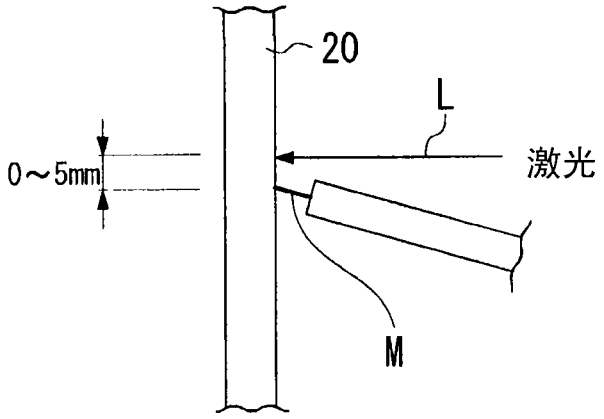


图 13