[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl[7]
B23K 28/00
B23K 10/02

[12] 发明专利说明书

[21] ZL 专利号 01121458.9

[45] 授权公告日 2005 年 2 月 16 日

[11] 授权公告号 CN 1189285C

[22] 申请日 2001.6.7 [21] 申请号 01121458.9
[30] 优先权
[32] 2000. 6. 7 [33] JP [31] 170000/2000
[32] 2000. 9.19 [33] JP [31] 283127/2000
[71] 专利权人 住友石炭矿业株式会社
地址 日本东京
共同专利权人 诹访热工业株式会社
[72] 发明人 宫坂好人 鸨田正雄 唐泽均 西山文毅
审查员 王 伟

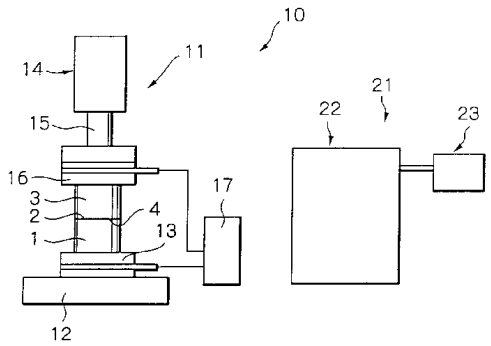
[74] 专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专利商标事务所
代理人 王彦斌

权利要求书 2 页 说明书 13 页 附图 5 页

[54] 发明名称 电接合方法和装置以及接合的部件组件

[57] 摘要

本发明公开一种新颖的电接合方法和装置，这种方法和装置利用脉冲激发熔接法例如火花等离子体熔接法或热压接合法的工艺，可以克服与先有技术相关的缺点。 按照本发明，用于通过接合表面接合许多待接合部件的电接合装置包括：一对供电电极 13、16，该电极可与部件接触、使电流通过部件；连接于该一对供电电极的电源 17，用于向供电电极输送直流电流或脉冲电流中的至少一种电流；加压装置 14，用于向该对电极的各个电极施加压力，以便向接合表面施压，其中，将一对部件夹压在供电电极之间，并在该一对部件受到预定压力作用的同时将电源的直流电流或脉冲电流中的至少一种电流加在该对部件上，从而使该对电极接合起来，不采用石墨作的模具。



ISSN1008-4274

1.一种电接合方法，包括以下步骤：

放置多个待接合部件的接合表面，使得上述表面彼此对接，不用石墨作的模子；

在上述部件上施加预定量压力的同时将脉冲电流或将结合的直流电流和脉冲电流加在上述部件上，使得上述部件接合，所述接合尚未达到其完全接合强度；

在要求温度及气氛下通过相互热扩散热处理上述接合的部件，使之达到与部件本身强度相等的完全接合强度。

2.如权利要求 1 所述的电接合方法，其特征在于，上述接合表面是镜面。

3.如权利要求 1 所述的电接合方法，其特征在于，上述接合表面是粗表面。

4.如权利要求 1～3 中任一项所述的电接合方法，其特征在于，上述多个部件基本上是用相同材料制造的。

5.如权利要求 1～3 中任一项所述的电接合方法，其特征在于，上述多个部件基本上是用不同材料制造的。

6.如权利要求 1～3 中任一项所述的电接合方法，其特征在于，还包括以下步骤：使三个或以上的待接合的上述部件串联配置，使得上述几个部件的多个对接合表面可以相接合。

7.如权利要求 1～3 中任一项所述的电接合方法，其特征在于，上述加在上述部件上的压力被控制在等于或低于 50MPa。

8.如权利要求 1～3 中任一项所述的电接合方法，其特征在于，上述热处理在惰性气氛中进行。

9.如权利要求 1～3 中任一项所述的电接合方法，其特征在于，上述热处理的温度范围被控制到等于或低于待接合部件最低熔点的 85％的温度。

10.一种电接合装置，用于将多个待接合部件的接合表面接合起来

并且不使用石墨作的模子，上述装置包括:

电接合机具，包括：一对供电电极，可与上述部件接触，从而使电流流过该部件；电源，连接于上述一对供电电极，以便向上述供电电极输送脉冲电流或输送结合的直流电流和脉冲电流；加压装置，用于加压上述一对电极中的各个电极，使电极压着上述接合面加压，其中，上述多个部件被夹压在上述供电电极之间，并在受到预定压力作用的多个部件上加上上述电源的脉冲电流或加上结合的直流电流和脉冲电流，由此进行接合而不用石墨作的模子，所述接合尚未达到其完全接合强度；

热处理装置，用于在要求温度及气氛中通过相互热扩散热处理上述接合的部件，使之达到与部件本身强度相等的完全接合强度。

11.如权利要求 10 所述的电接合装置，其特征在于，还包括连接于上述热处理装置的惰性气体供应源，用于将惰性气体输送到上述热处理装置。

12.一种接合部件组件，其特征在于，所述组件是用权利要求 1-9 中所述的电接合方法接合多个部件形成的。

13.一种如权利要求 12 所述的接合部件组件，其特征在于，接合部件组件由多个接合部件组成，这些部件的接合表面被加工成镜面。

14.如权利要求 12 或 13 所述的接合部件组件，其特征在于，上述部件上形成流体通道，上述接合部件的上述组件是用作塑料模具的基件。

电接合方法和装置以及接合的部件组件

本发明涉及用直流电流和/或脉冲电流接合两个部件的接合和熔接方法以及其装置，还涉及采用这一方法接合的部件组件，具体涉及接合方法和装置以及采用这一方法接合的部件组件，在这种方法中，将许多待接合的部件放置成使其待接合的表面彼此对接，然后将脉冲电流和/或直流电流，换言之，将脉冲电流或直流电流的至少二者之一加在该部件上，使得这些部件的待接合表面首先利用例如脉冲激发熔接方法或热压接合法暂时接合起来，这种熔接方法包括火花等离子体熔接过程，然后热处理上述暂时接合的部件，使其形成永久接合。

实际上已应用各种常规方法来接合许多要求接合的部件。众所周知的方法包括:（1）高温焊接法，在这种方法中，待接合的区域用燃烧器、电弧放电等装置加热，然后将助焊材料（即焊条）熔化沉积在部件上，由此实现接合，这种助焊材料具有与部件相同的或相似的材料特性;（2）钎焊，钎焊和高温焊接不一样，采用其材料不同于待接合部件材料的钎焊焊料（Cu、Ag等的合金或非晶形金属），将这种焊料在惰性气氛中例如真空、氮气或氩气中熔化在部件的接合表面之间，这样便可通过上述钎焊焊料金属使这些部件接合;（3）点焊，点焊是用一对电极夹住一对很薄的金属板，然后在电极间通以电流，由此进行焊接。

虽然如上述（1）的焊接操作可以包括将惰性气体例如氮气或氩气注入到加热部分而防止部件被氧化的作业，但是因为在这种方法中应用焊条作助焊材料，使助焊材料沿接合表面的外周沉积在部件上（即形成填料），由此将许多部件焊接在一起，所以在需要接合部件的整个表面时便不适合使用这种高温焊接。另外高温焊接具有以下缺点：(a)必须用助焊部件；(b)必须预先从部件的接合部分上除去一定量材料，以便使熔化的焊条可以沉积在上面；(c)焊接部件必须进行后处理或加

工，因为焊条的熔化物质不可能准确沉积到要求的部分上；(d)需要培训人员，学会如何控制加热温度或焊接温度，使得已接合部件的金属成分不发生改变；(e)还需要培训人员，使其能够掌握冷却温度和速度，使得焊接部分不发生焊接裂纹；(f)不可避免地造成除焊接部分外的总的热形变以及焊接部分体积的增加；(g)难于进行不同材料部件的接合；(h)由于高温焊可能改变特性，所以这种接合不能应用于特殊金属例如 SUS。

虽然上面（2）中所述的钎焊其有利之处在于，它将中介的钎焊焊料放在整个接合表面上，而且可以在低于上述高温焊接的温度下完成接合，但它仍然存在一些缺点，包括：(j)得到的接合强度不会超过钎焊焊料的强度；(k)在钎焊时会发生钎焊焊料的溢出，因此在焊接部分必须进行后加工；(l)由于钎焊焊料的溢流，因而不能在要求区域内准确地接合部件；(m)难以在外观上获得均匀的焊接；(n)在外周的焊接强度特别不均匀，因为纤焊焊料容易从四周流出；(o)不能用于一些材料例如不锈钢（SUS）的接合。

另外，虽然如上面（3）所述的点焊可以在一对电极之间在短时间内产生热能，并且可以在短时间内焊接很小区域，但它仍然具有一些缺点、例如：(p)只能焊接薄板材料部件；(q)焊接后的变形很大；(r)由于只进行局部焊接，所以焊接面积极小；(s)由于是局部焊接，所以焊接后变形相当大。

再则，上述接合方法只适用于金属部件之间的接合，不适合于金属部件和非金属部件或非金属部件之间的接合。

另一方面，已提出了另一种接合方法，这种方法利用了热压接合原理，即将直流电流加在在预定压力作用下的待接合部件上，由此完成接合；还已知一种火花等离子体热熔接合法（SPS），这种方法利用直流脉冲，将脉冲电流加在部件上而实现接合，应用 SPS 技术的接合法其缺点在于，待接合的部件需要放在一个用石墨作的模具中，并在模具中进行接合，这使得方法很复杂，另外，对要接合的部件形状存在许多限制，而且不能获得充分强的焊接。如日本专利申请公告 No.

平 11－158514 中公开的，已知另一种利用火花等离子体熔接技术的接合方法。然而此方法也存在上面缺点，因为它只适用于具有粗表面的部件，所以在进行接合时，便需要进行预粗糙化表面的加工，这种方法的应用受到限制，它不适合例如镜面等的接合，并且难于得到充分强的接合。而且即使将常规热压接合法用于接合大体积部件而不进行任何改进，也很难获得充分强的接合。

本发明的目的是提供一种新型电接合方法和装置，这种方法和装置可以克服与先有技术相关的上述缺点，并利用脉冲激发熔接工艺例如火花等离子体熔接工艺或热压接合工艺，而且可以提供由上述方法和装置接合的部件组件。

本发明的另一目的是提供一种电接合方法和装置，这种方法和装置通过将直流电流或脉冲电流中的至少一种电流加在许多彼此待接合的部件上而在接合区域上实现快速牢固地接合，还提供用上述方法和装置接合的部件组件。

本发明的再一目的是提供一种电接合的方法和装置，这种方法和装置即使对于分别用不同材料作的部件也能容易而牢固地进行接合，而且还提供用这种方法和装置接合的部件组件。

本发明的再一目的是提供一种电接合方法和装置，这种方法不仅能接合金属部件，而且还能在金属部件和非金属部件之间，或者在非金属部件之间进行接合，而且还提供用这种方法和装置接合的部件组件。

本发明的再一目的是提供一种电接合的方法和装置，这种方法和装置即使在形状彼此不同的接合表面之间进行接合时也能相当容易和可靠地应用接合工艺，同时还提供用这种方法和装置接合的部件组件。

本发明的再一目的是提供一种电接合方法和装置，这种方法和装置可以达到接合后形变最小的接合，并且还提供用这种方法和装置接合的部件组件。

本发明的电接合方法包括以下步骤：放置许多待接合部件的接合表面，使其彼此对接，不用石墨作的模具；将选自直流电流和脉冲电

流的至少一种要求电流加在上述部件上，同时在部件上施加要求量的压力，使部件暂时接合在一起；在要求的温度条件下对上述暂时接合的部件进行热处理。

在上述电接合方法中，上述接合表面可以是镜面或粗糙面。另外，上述许多部件可用基本相同的或不同的材料制作。第三，在上述电接合方法中，三个或以上待接合的上述部件可以串联配置，使得可以在这些部件的多对接合表面上进行接合。第四，在上述电接合方法中，加在上述部件上的上述压力不超过 50MPa，可以在惰性气氛中进行热处理，并且可在可控的温度下进行上述热处理，可将温度控制到等于或低于待接合部件最低熔点的 85% 的温度。另外，可应用定位销，以达到接合表面的定位精度。

在本申请中公开的另一发明提供了一种电接合装置，用于将许多彼此待接合部件的相应接合表面接合起来，上述装置包括电接合机具，该电接合机具包括：一对能够与上述部件接触的供电电极，因而可将电流加在部件上；电源，连接于上述一对供电电极，以便向上述供电电极提供直流电流或脉冲电流中的至少一种电流；加压装置，用于压着上述接合面，向上述一对电极的各个电极加压，其中上述一对部件被夹压在上述供电电极之间，由此可在受到要求压力作用的部件上加上上述电源输出的直流电流或脉冲电流中的至少一种电流，从而使其接合而不用石墨作的模具；上述电接合装置还包括热处理装置，用于在要求的气氛下热处理由所加电流暂时接合的部件，该热处理装置还包括连接于上述热处理装置的惰性气体源，以便将惰性气体输送到该热处理装置。

在本申请中公开的另一发明提供了用电接合方法接合许多部件形成的接合部件组件，其中需对上述许多已暂时接合的部件进行热处理，该暂时接合部件是使电流通过上述部件形成的。

已接合部件的上述组件由许多其接合表面已被加工成镜面的部件组成。

图 1 是透视图，示出两个要用本发明电接合方法接合的部件；

图 2 是侧视图，示出本发明电接合装置的原理结构；

图 3（A）和 3（B）是透视图，分别示出本发明实施例 1 和 2 中待接合的圆棒；

图 4（A）、4（B）、4（C）和 4（D）是透视图，示出本发明电接合方法的例示应用例；

图 5 是透视图，示出用本发明电接合方法形成的塑料齿轮的模具；

图 6 是透视图，示出图 5 所示模具拆开的相应部件，示出在相应部件上形成的槽、通孔和连通道的相对位置；

图 7 是本发明又一电接合装置的侧视图；

图 8 是沿图 7 的 A－A 线截取的横截面图，示出供电电极上部件的排列。

下面参考附图说明本发明的实施例。

如图 1 所示，在此实施例中首先加工两个待接合的部件（为简便起见以下称作部件）1 和 3。这两个部件可以是相同材料作的部件或不同材料作的部件。各个部件 1 和 3 的待接合面即接合面 2 和 4 最好是平的，但也可以是具有相同曲率的曲面，只要表面之间不形成间隙。这些接合表面 2 和 4 可以粗糙的（具有可按日本工业标准定义的光洁度∇排列的表面粗糙度），但镜面是最好的，因为在镜面时两个部件的接合强度变得更大，而且由这种接合产生的形变更小。

随后将部件 1 和 3 彼此叠置在一起，使接合面彼此对接，接着将部件 1 和 3 配置在电连接装置 10 的一对供电电极之间。在此实施例中，电接合装置 10 包括电接合部分 11 和热处理部分 21。该电接合部分包括：下部供电电极 13，用已知方法通过绝缘部件固定在底座 12 上，使得该电极与上述底座 12 电绝缘；液压缸 14，配置在底座 12 的上面，用已知方式固定，相对于底座 12 是固定的；上部供电电极，用已知方式经绝缘部件固定于液压缸 14 的活塞杆 15 的端部（在图中为下端），使得该电极与活塞杆 15 电绝缘。电极 13 和 16 最好用石墨制作。

上述液压缸 14 起加压装置的作用，用于向待接合部件加压。为了达到加压装置的作用，上部供电电极可以利用马达和螺杆机构使其上、

下运动，这种马达加螺杆的机构可以取代液压缸 14。上、下供电电极电连接于电源 17。

该电源适合于提供直流脉冲电流。电源 17 包括用于接通和断开电源和供电电极之间电路的内部开关机构（未示出）。该电源一般可提供等于或低于 100V 的电压和高达例如 2000～5000A 的电流。虽然在上述实施例中下电极是固定的而上电极可以移动，但可以以相反方式配置这些电极或可以装配成两个电极均可移动。热处理部分 21 最好是具有已知结构的真空热处理炉。这种真空热处理炉的例子是 Ishikawajima-Harima 重工业有限公司（IHI）售卖的 No.VTTC-324T 或 NVFC-180PT 型热处理炉。或者，电接合部分 11 和热处理部分 21 可以作成一体，装有可挪动的装置，或者可以分开配置。

当用上述装置接合上述部件 1 和 3 时，首先将部件 1 和 3 放置在电极 13 和 16 之间，使接合表面 2 和 4 相互对接，然后起动液压缸 14，用活塞杆 15 沿接近部件 1 和 3 的方向向供电电极 16 加压。这样，使驱使夹在底座 12 和活塞杆 15 之间的一对供电电极 13 和 16 压在部件上，使得一对部件 1 和 3 向相应接合表面加压。可以根据部件的材料适当调节此压力，该压力可以等于或小于 50MPa。当通过供电电极 13 和 16 将电源 17 的预定大小的直流脉冲电流加在同时受该压力作用的部件 1 和 3 上时，两个部件的接合表面 2 和 4 便彼此接合在一起。

虽然这种接合法的详细机理未必清楚，但可以认为，通过接合表面之间产生的等离子体、焦耳热形成的热扩散作用以及电场等形成的电化学扩散作用便可形成这种接合。另一方面，即使在部件 1～3 上只加上要求大小的直流电流时，或在部件 1 和 3 上同时加上直流电流和脉冲电流时，也可以将两个部件 1 和 3 的接合表面 2 和表面 4 彼此接合在一起。从接合强度的观点看在这种条件下两个部件之间的接合是不完全的。因此这种接合状态称作暂时接合，而暂时接合的部件总的称作暂时接合的组件。

暂时接合的组件由暂时接合的部件 1 和 3 组成，随后将该组件放在热处理部分 21 的热处理炉 22 中进行热处理。构成热处理部分 21 的

炉子 22 的内部可以利用气氛控制系统 23 控制其中的惰性气体气氛，该气氛控制系统具有已知结构和作用。执行这种热处理所需的温度和时间取决于材料和部件的尺寸。通过这种热处理，已经暂时接合的两个接合表面之间的接合将变得更完全，由此形成完全接合的组件，具有相当于部件材料强度的接合强度。如上所述，直流电流、脉冲电流或直流电流加上脉冲电流均可作为电流用在本发明的接合方法和装置上，在应用脉冲电流或脉冲电流加上直流电流的情况下，上述方法和装置可称作脉冲激发的接合方法和装置，因为其中一定使用脉冲电流。

例 1

制备两节圆棒，该圆棒用 SUS 304（不锈钢）材料制作、其横截面分别为圆形，直径 20mm 长度 90mm，如图 3（A）所示。加工圆棒的各个接合表面 2a 和 4a 成镜面，然后按上述方式将其放置在电接合装置 10 中。接着，将直流脉冲电流从电源经供电电极加到这些圆棒上，该直流脉冲电流的电压在 3～5V 的范围内，例如在本例 1 中为 3.2V，其电流强度在 1000～2000A 的范围内，例如在本例 1 为 1850A，加电流的时间在 10～30min 范围，例如在本例中为 12min，这样便可以将它们暂时接合起来。然后将该暂时接合的圆棒进行相互扩散的热处理，处理的气氛为惰性气氛，温度在 1000～1100℃之间，例如为 1080℃，处理时间在 30～90min 范围内，例如在本例 1 中为 60min。在完成热处理后，磨床加工已接合圆棒的组件，使其中心部分的平均直径为 15.05mm，并进行抗拉强度试验，试验的标准长度为 40mm。抗拉强度测试的结果表明，最后长度为 52.0mm，拉伸率为 30%，抗拉强度为 551N/mm^2。这一抗拉强度值几乎相当于在同一材料和尺寸的单件部件上得到的抗拉强度。

例 2

制备两个圆棒 1b 和 3b，该圆棒用 SKD61（合金工具钢）制作，每个的横截面均为圆形，直径 20mm，长度 90mm，如图 3（B）所示。将每根棒的接合面 2b 和 4b 加工成镜面，按上述方式将它们放在脉冲激发接合装置 10 上。然后通过供电电极将电源的直流脉冲电流加在这

些圆棒上，脉冲电流的电压在 3～5V 的范围内，例如在此例 2 中为 3.6V，而电流强度在 1000～2000A 的范围内，例如在此例 2 中为 1680A，通电时间在 10～30min 范围内，例如在此例 2 中为 15min，由此将它们暂时接合起来。然后将此暂时接合的圆棒在惰性气氛中进行互相扩散的热处理，处理温度在 1000～1100℃范围内，例如在此例 2 中为 1025℃，处理时间在 30～90min 范围内，例如为 60min，接着进行彻底退火。在完成热处理之后，磨制已接合的圆棒组件，使其中央部分的平均直径为 15.05mm，随后进行抗拉强度试验，其标准长度为 40mm。抗拉强度测试结果表明，最后长度为 46.7mm，拉伸率为 16.8%，抗拉强度为 695N/mm^2。这些抗拉强度值几乎相当于用同样材料和尺寸的单件部件得到的值。

例子 3

类似于例子 2，制备两根圆棒 1b 和 3b，该圆棒用 SKD61（合金工具钢）制作，其横截面分别为圆形，直径 20mm，长度 90mm，将两根棒的接合表面 2b 和 4b 加工成镜面，并按上述方式将它们放在电接合装置 10 上，然后通过供电电极将电源的直流电流加在这两根圆棒上，直流电流的电压在 5～10V 范围内，例如在此例 3 中为 5.4V，电流强度在 800～2000A 的范围内，例如在此例 3 中为 1450A，通电时间在 60～120min 范围内，例如在此例 3 中为 60min，从而将它们暂时接合起来。随后在惰性气氛中对暂时接合的圆棒进行互相扩散的热处理，处理温度在 1000～1100℃范围内，例如为 1025℃，处理时间在 30～90min 范围内，例如在此例 3 中为 60min，接着进行彻底退火。在完成热处理之后，磨制已接合的圆棒组件，使其中央部分的平均直径达到 15.05mm，然后进行抗拉强度试验，试验标准长度为 40mm。抗拉强度测试结果表明，最后长度为 44.6mm，拉伸率为 11.5%，抗拉强度为 685N/mm^2。这些抗拉强度值几乎相当于用相同材料和尺寸的单一部件得到的抗拉强度。

例子 4

类似于例子 2，制备两根圆棒 1b 和 3b、该圆棒用 SKD61（合金

工具钢）制作、每根棒的横截面为圆形，直径为 20mm、长度 90mm，如图 3（B）所示，然后将其各个接合面加工成镜面，并按上述方式将它们放在电接合装置 10 上。然后，通过供电电极将电源的直流电流加在这两根圆棒上，该直流电流的电压在 5～10V 的范围内，例如为 5.4V，电流强度在 500～1000A 范围内，例如在此例 4 中为 800A，通电时间在 10～25min 范围内，例如在此例 4 中为 20min，从而使它们暂时接合起来。然后在惰性气氛中对已接合的圆棒的组件进行互相扩散的热处理，处理温度在 1000～1100℃的范围内，例如为 1025℃，处理时间在 30～90min 范围内，例如在此例 4 中为 60min，然后进行完全退火。在完成热处理之后，磨制接合圆棒的组件，使其中央部分的平均直径达到 15.05mm，接着进行抗拉强度测试，测试标准长度为 40mm。抗拉强度的测试结果表明，最后长度为 45.8mm，拉伸率 14.5%，抗拉强度为 690N/mm^2。这种抗拉强度值几乎相当于用相同材料和尺寸的单一部件得到的抗拉强度。

按照上述只用脉冲电流或用直流电流和脉冲电流二者来进行接合的上述电接合方法，这种接合不仅在相同横截面和相同材料的部件之间是可行的，如参考上述例子说明的，而且在不同材料作的金属部件之间例如在 SKD61 作的部件和铝合金部件之间、在 SUS 304 作的部件和 SUS 402 J2 作的部件之间、在铜合金部件和 SUS 420 J2 作的部件之间以及在 SKH51（高速工具钢）作的部件和 SKD61 作的部件之间也是可行的，另外，在金属部件和非金属部件之间或在非金属部件之间也是可行的，而且不用任何助焊材料或钎焊焊料。

当用不同材制例如金属、陶瓷或塑料制作的部件用本接合方法接合时，具有梯度功能性的部分（即部件特性从部件的一侧到另一侧发生梯度变化）位于部件之间。

另外，在平面图上具有相同形状的两个部件 1c 和 3c 之间，当它们进行交错叠置时，如图 4（A）所示，也可以进行接合，在平面图上具有不同形状的两个部件 1d 和 3d 之间也可以进行接合，如图 4（B）所示。而且，在平面图上分别具有相同形状的部件 1e、2e 和 3e 之间

当其交错叠置时也可以同时进行接合，此时接合发生在多对接合面上，即在接合面 2e 和 6e 之间以及在接合面 7e 和 4e 之间，如图 4(c)所示。另外，如图 4（D）所示，可使任意形状的许多部件 3f 和 5f（本例中为 1/4 圆柱部件 1f）接合在部件 1f 的接合表面 2f 上。在这种情况下，如果所有部件均用相同材料制作，则用上述方法可以制造形状复杂的组件，而不用任何困难的机械加工。当用上述方法接合部件 1f、3f 和 5f 时，在接合区域的周围尤其不会形成任何圆角（倒角），但是如果用机械加工形成如图 4（D）所示的形状，则由于工具加工的内在特性必然会在加工区域形成倒角。不用说，可以采用只用直流电流的同一方式便可接合上述部件。

图 5 和 6 示出用本发明接合方法制作一种特殊制品即塑料齿轮模具的实施例。在此实施例中，预先制备许多分开的部件（此实施例中为四个），使冷却剂通道形成在这些部件内，该通道用于向模具输送冷却剂，在形成冷却剂通道以后，利用本发明的接合方法进行接合。这样便形成模具的整体基件，然后对此基件进行机加工便可形成模具。

塑料模具 100 的基件包括四个部件 110、120、130 和 140，这些部件用 SKD61 材料制作，为圆柱形或圆盘形。最下面部件 110（图 5）的一个面 111（图 6 的顶面）已加工成平的（最好是镜面），并具有形成在该面上的环形槽 113，该槽居中围绕部件轴心。另外，在中间部件 120 和 130 的一侧的面 121 和 131（图 6 中的顶面）也分别加工成平面（最好是镜面），并分别具有在该面上形成的环形槽 123 和 133，这些槽分别居中地围绕部件的轴心。另外，最上面部件 140（图 5）的下表面 142（图 6）以及中间部件 120 和 130 的另一侧的面（图 6 的下表面）也被加工成平的（最好是镜面）。这些槽 113、123 和 133 分别形成在一个圆上，这些圆具有相同尺寸，其圆心位于部件中心轴线上。

各个部件 110、120、130 和 140 分别具有一对定位孔 116、126、136 和 146，这些孔沿直径方向彼此间隔开。这些定位孔配置成彼此对齐，成对的定位孔 126 和 136 的各对孔成形为通孔。部件 110 的各个定位孔 116 从上表面 111 向下延伸预定深度。另外，部件 140 的各个

定位孔 146 从下表面 142 向上延伸预定深度，可以插入定位销而使四个部件就位。

上面两个部件 130 和 140（图 5）分别具有沿环形方向等距间隔开的穿过该部件的四个通孔 137 或 147. 在部件 130 的上表面 131 上形成连通槽 138，该槽从环形槽 133 沿径向方向延伸，以使环形槽 133 和四个通孔 137 中的两个通孔 137 连通，该两个通孔沿直径方向间隔开（图 6 中位于水平方向）. 在部件 120 的上表面 121 上形成连通槽 128，该槽从环形槽 123 沿径向延伸，从而在上表面 121 上形成的环形槽 123 和下表面 132 一侧的四个通孔 137 中的其余两个通孔 137 之间形成连通，该其余两个通孔 137 沿直径方向间隔开（图 6 中为垂直方向）. 在部件 110 的上表面 111 上形成连通槽 118，该槽从环形槽 113 沿径向延伸，以使在部件 120 的下表面 122 上开口的两个通孔 127 连通（上述两个孔在图 6 沿水平方向间隔开）.

将已按上述方式预先机械加工的部件 110、120、130 和 140 按图 5 所示顺序叠置起来，并用定位销（未示出）和定位孔 116、126、136 和 146 使其固定就位，然后用上述电接合方法使它们彼此接合起来，接合成为一个组件，在此方法中，可将脉冲电流或脉冲电流和直流电流二者加在这些部件上，从而形成用作模具的基件. 在用作模具的基件中形成了冷却剂通道，这些通道由环形槽 113、123 和 133、通孔 127、137 和 147 以及连通道 118、128 和 138 组成. 在用作模具的基件 100 的中央部分形成一个通孔（该孔在径向方向位于环形槽的内侧，从而不干扰上述槽），构成模制塑料所需模腔（注入塑料的腔）的芯部件嵌入上述成形为模具的上述通孔中. 应当注意到，本文省去了将上述模具基件作成实际模具的工艺说明，当用上述组件作模具时，用箭头→表示的冷却剂流流过环形槽 123，使其周围受到冷却，而用箭头⇒表示的冷却剂流流过环形槽 113 和 133，从而使其邻近受到冷却. 应当注意到，虽然在上述实施例中环形槽和连通槽只形成在彼此相接合的两个表面中的一个表面上，但是它们可以平面对称地形成在上述各个接合表面上，使得这两分开的部分可以相接合形成一个槽. 另外，在

平面图中槽的形状不限于上述实施例所示的圆形，可以成形为各种各样形状。

虽然在图1和2所示的电接合装置中电接合部分11可以将脉冲电流和直流电流中的至少一种电流加在许多部件上，使这些部件形成暂时接合的组件，然后利用热处理部分21热处理上述一体的暂时接合的组件，使其形成完全接合的组件，但是可以运用批量处理方式成组地热处理许多暂时接合的组件。在要接合的部件相对较小而且需大批量生产时，还可以改变供电电极13g和16g，使其成为具有较大截面的平板部件（圆形或多角形部件），如图7和8所示，因而可在这些电极之间放置许多成对的部件1和3，使得可以一次接合许多部件。

从上述说明可以明显看出，本发明可应用于各种接合，包括集成电路衬板和冷却金属部件的接合、超硬金属和普通金属的接合、铝等制作的部件和防腐或防磨部件的接合、多排凸轮的接合、齿轮和伞齿轮的接合以及轴和齿轮的接合。

按照本发明，可期望获得以下效果:

(a) 接合可以不用任何助焊材料;

(b) 接合可以在整个表面上起作用，而且可以在整个表面上均匀起作用;

(c) 通过将接合表面简单地加工成平的便可以进行接合;

(d) 改进接合表面的平整性便可增加接合强度;

(e) 接合强度可以提高到等于待接合金属部件材料的强度;

(f) 接合完成后只有很小的形变;

(g) 在邻近接合部分的区域不需要例如磨去助焊材料或钎焊焊料这种后处理加工;

(h) 可以在准确部位进行接合;

(i) 可以容易地进行精细部件的接合;

(j) 因为待接合的部件可以在部件已形成完整的零部件以后进行接合，所以利用这种接合工艺可以组装形状复杂的制品;

(k) 这种接合不会损害待接合部件的特性;

(l) 可以容易地接合不同材料作的部件;

(m) 可以在适当控制除接合部分外的其它部分的温度的情况下进行接合;

(n) 可以在一次操作中完成许多不同形状部件的接合。

图 1

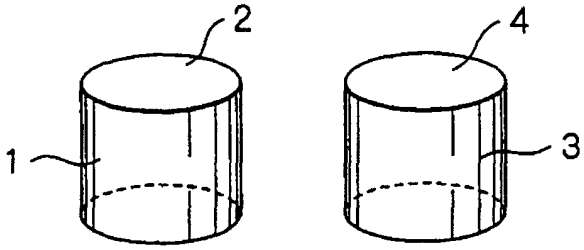


图 2

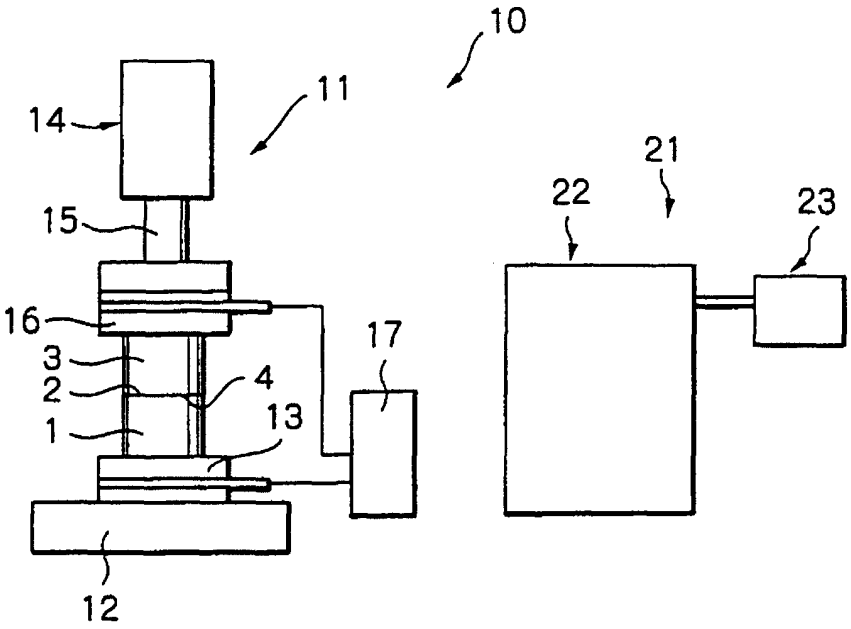
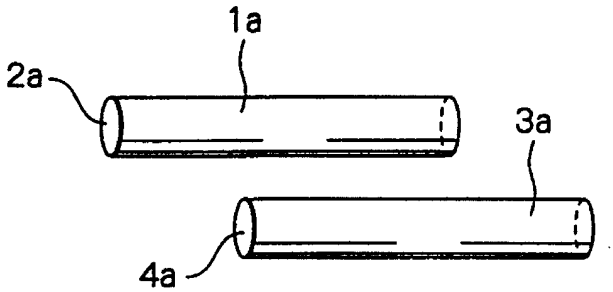


图 3

〔A〕



〔B〕

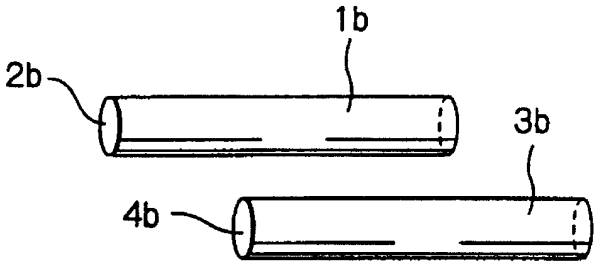


图 4

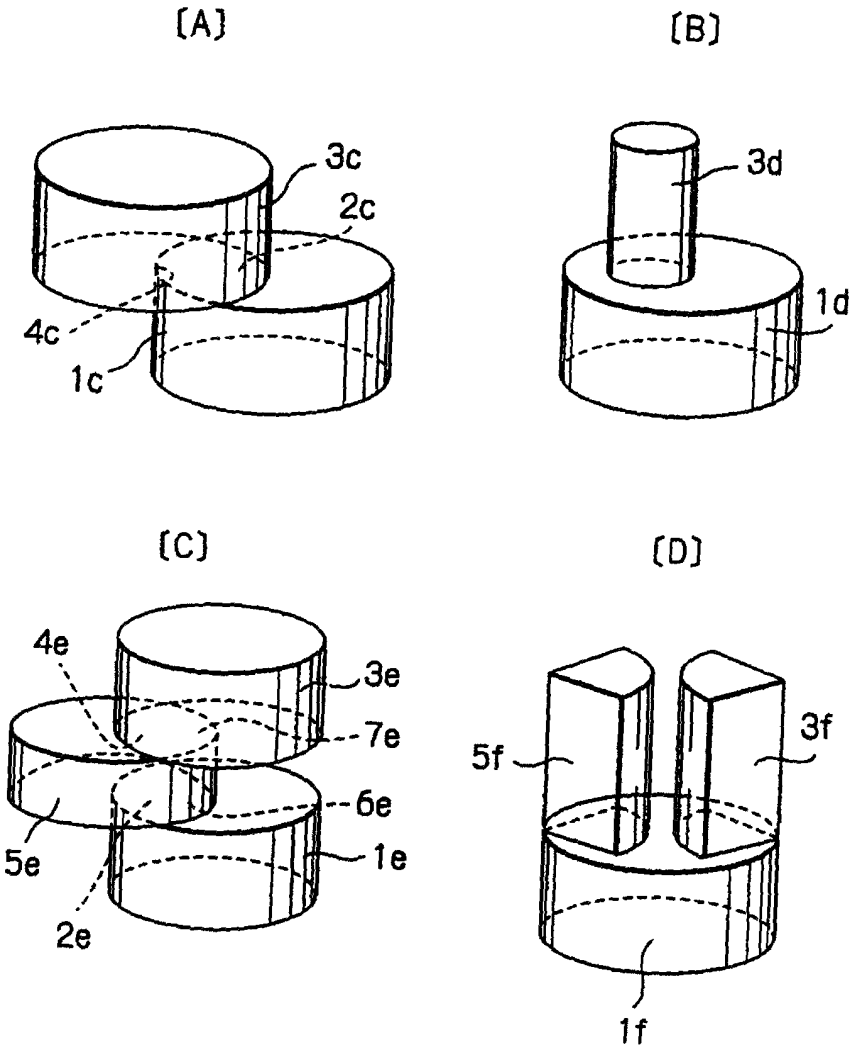


图 5

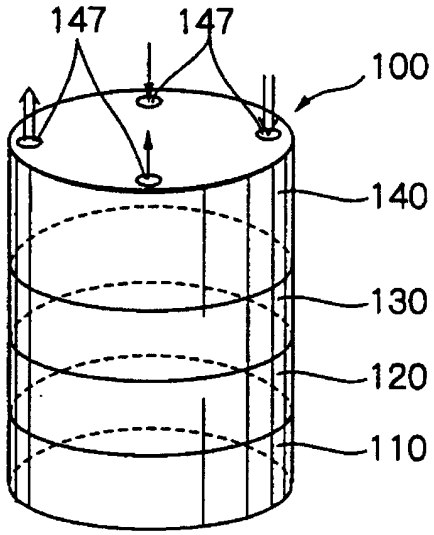

147
147
100
140
130
120
110

图 6

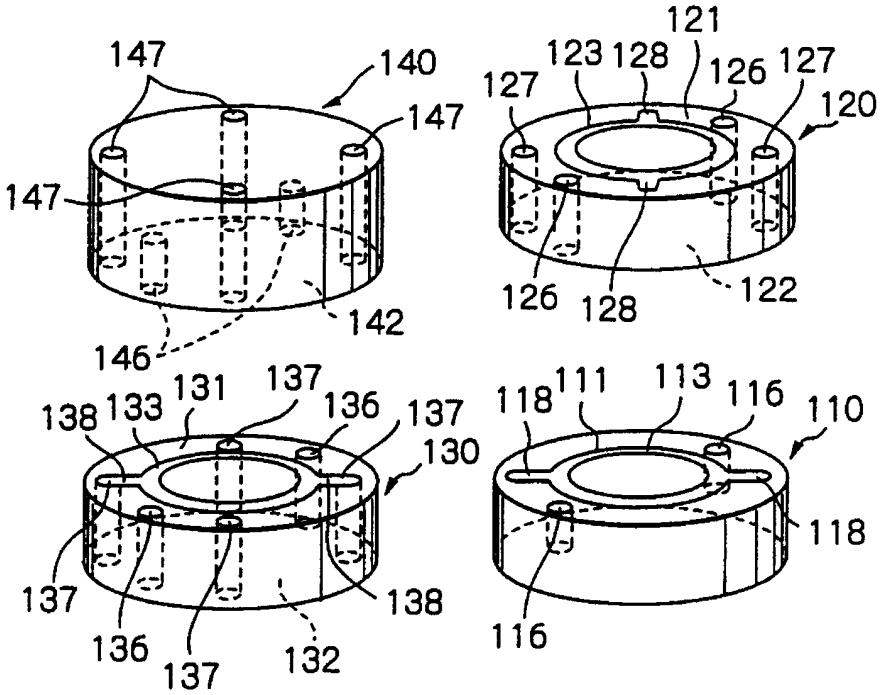

147
140
147
147
142
146
121
123
128
126
127
127
120
126
128
122
138
133
131
137
136
137
130
137
138
136
137
132
118
111
113
116
110
118
116

图 7

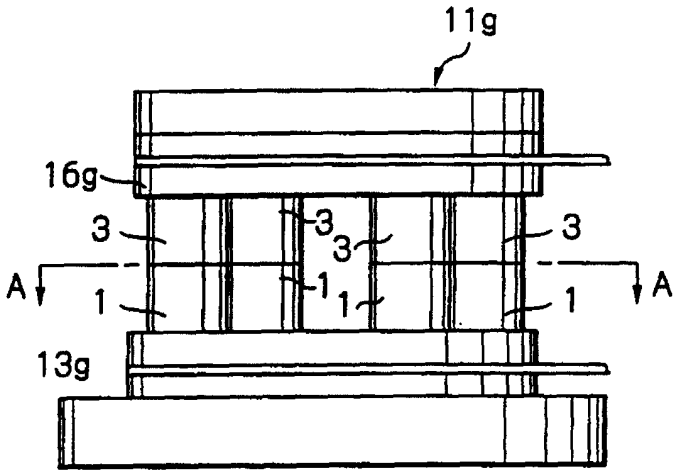


图 8

