

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.
B23K 20/12 (2006.01)



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 200510051708.0

[45] 授权公告日 2007年6月20日

[11] 授权公告号 CN 1321773C

[22] 申请日 2001.2.15

[21] 申请号 200510051708.0

分案原申请号 01104536.1

[30] 优先权

[32] 2000.10.27 [33] JP [31] 328078/2000

[73] 专利权人 株式会社日立制作所

地址 日本东京

[72] 发明人 吉永文雄

[56] 参考文献

US5091861A 1992.2.25

JP10-216963A 1998.8.18

US6050475A 2000.4.18

审查员 孙 锐

[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 何腾云

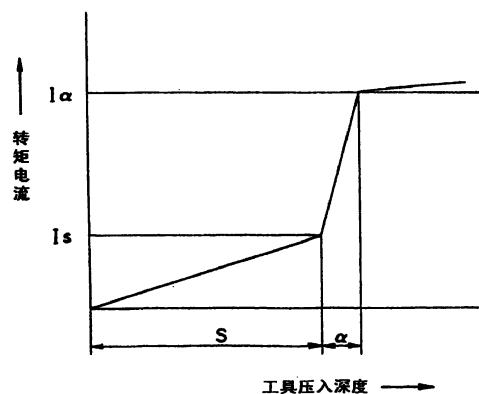
权利要求书 1 页 说明书 9 页 附图 7 页

[54] 发明名称

摩擦搅拌接合方法

[57] 摘要

提供一种摩擦搅拌接合方法，其特征在于，检测摩擦搅拌接合中的摩擦搅拌接合工具用旋转轴的转矩电流值，根据该检测值控制上述摩擦搅拌接合工具向加工物的插入量。



I_s : 工具前端小径部整体压入时的转矩电流
 I_α : 工具大径端面全面与接合部接触时的转矩电流

1. 一种摩擦搅拌接合方法，其特征在于，检测摩擦搅拌接合中的摩擦搅拌接合工具用旋转轴的转矩电流值，根据该检测值控制上述摩擦搅拌接合工具向加工物的插入量。

摩擦搅拌接合方法

本申请为株式会社日立制作所于2001年2月15日提交的、申请号为“01104536.1”、发明名称为“复合加工装置和摩擦搅拌接合方法”的发明专利申请的分案申请。

技术领域

本发明涉及进行金属材料的切削和摩擦搅拌接合的装置及其方法。例如，适用于机械零件和构造物零件等的加工组装。

背景技术

机械零件和构造物零件等的加工组装用各自的加工装置进行加工，切削加工用切削工作机械，接合组装用各种焊接接合装置。

由切削工作机械进行的复合加工，几乎都是在复合车床上车削和旋转工具加工及在加工中心上的旋转工具加工和车刀加工那样的切削加工中的复合加工，作为切削加工以外的组合有旋转工具加工和激光淬火的组合。

作为接合方法，有摩擦搅拌接合方法（特开平11-90655号公报（USP6050474））。这是边旋转插入接合部的圆棒（叫旋转工具）边沿接合线移动，使接合部发热、软化、塑性流动、固相接合的方法。旋转工具由插入接合部的小径部（叫杆）和位于外部的大径部（叫肩）构成。小径部和大径部同轴。使大径部侧旋转。在接合部上设置凸部。

另外，如特表平9-508073号公报（EP0752926b1）所述那样，旋转工具倾斜地插入构件。倾斜方向是在旋转工具移动方向上使旋转工具的小径部位于旋转工具的大径部的前方。即，旋转工具向后方倾斜。

如上所述，现在还没有以在一台加工机械上进行切削和接合为目的而设计制造的加工机械。

因此，为了进行切削加工和接合加工需要切削工作机械和接合加

工装置二种类型的加工设备。因此存在设备成本高、占用场地大、建筑面积大、用于从切削到接合的等待时间长、需要切削和接合的操作人员等缺点。

发明内容

本发明的目的在于，提供一种可以用一台机械进行切削和接合的复合加工装置。

为了达到上述目的，本发明的复合加工装置由 X、Y、Z 各直线移动装置、绕 A、B 各转轴旋转的旋转装置、可以同时控制该 5 个坐标系的控制装置、使工具旋转的主轴、用于保管上述主轴使用的多个工具的保管装置、用于在上述主轴和上述保管装置之间交换工具的交换装置构成，上述保管装置可以备有切削工具和摩擦搅拌接合工具，上述控制装置根据程序把上述切削工具或者上述摩擦搅拌接合工具从上述保管装置经上述交换装置安装到上述主轴上，由安装在上述主轴上的工具进行加工。

另外，本发明提供一种摩擦搅拌接合方法，其特征在于，检测摩擦搅拌接合中的摩擦搅拌接合工具用旋转轴的转矩电流值，根据该检测值控制上述摩擦搅拌接合工具向加工物的插入量。

附图说明

图 1 是本发明的一个实施例的加工装置的立体图。

图 2 是由复合加工装置进行切削加工时的立体图

图 3 是由复合加工装置进行摩擦搅拌接合时的立体图。

图 4 是摩擦搅拌接合时的纵向剖视图。

图 5 是表示摩擦搅拌接合工具的插入和转矩电流的关系的图。

图 6 是表示本发明的一个实施例的加工过程的流程图。

图 7 是本发明的另一个实施例的加工装置的立体图。

图 8 是本发明的另一个实施例的加工装置的立体图。

图 9 是本发明的另一个实施例的加工装置的立体图。

具体实施方式

下面，根据图 1 至图 6 说明作为本发明的一个实施例的加工中心

型的复合加工装置。该装置由沿 X 轴方向移动的工作台（移动台）11、设置在其上方的横梁 21 上的沿 Y 轴方向移动的移动台 31、设置在移动台 31 上的沿 Z 轴方向移动的移动台 32、设置在移动台 32 上的沿 C 轴方向旋转的旋转台 33、设置在旋转台 33 上的沿 B 轴方向旋转的旋转台 34 和设置在旋转台 34 上的旋转安装工具的主轴 35 构成。旋转台 34 具有使主轴 35 旋转的电动机。

主轴 35 可以有选择地安装切削工具 51 和摩擦搅拌接合工具 52。主轴 35 可以以适合于工具 51、52 的转速旋转。工具保管装置 40 图未示，但可以分别保管多个切削工具 51、摩擦搅拌接合工具 52。在主轴 35 和工具保管装置 40 之间，通过工具交换装置（图未示），可以交换工具并把所需要的工具 51、52 安装在主轴 35 上。不仅是工具，包含工具的轴承等的所谓加工头也可以进行交换，X、Y、Z 方向的各移动台 11、31、32 的驱动机构、旋转台 33、34 的驱动机构、工具交换装置都是公知的机构和装置。

由于同时对这样的 3 个直线移动轴和 2 个旋转轴共 5 个轴进行控制，所以得到了特别适合于立体形状的切削加工和摩擦搅拌接合的复合加工装置。

加工物 101 安装在工作台 11 上，加工物 101 是曲面状的板零件。

在图 2 中，对切削加工进行说明。在 5 轴切削加工中，可以使主轴 35（工具 51、52 的旋转轴）直角地作用在加工物 101 的曲面上并移动。因此与现有的 2 轴或者 3 轴那样不能倾斜工具姿势的加工相比，工具突出的长度变短，可在工具系刚性大的状态下进行加工。因此，很少产生高频振动和一般振动，可以进行切削速度高的高效率的切削。

另外，在 5 轴切削加工中，由于可以自由地设定主轴 35 的姿势，所以可以使切削工具 51 的轴 A 比加工物的接合部的法线 R 只倾斜后倾角 θ ，即，相对于曲面后倾地进行加工。在平面工具中，可以使切削刃部分地起作用来进行加工。因此与全面接触加工相比，切削阻力变小，很少发生高频振动和一般振动，可以进行切削速度高的高效率的加工。

在图 3 和图 4 中，对摩擦搅拌接合进行说明。对加工物 101、102 的对接部进行接合。在加工物 101、102 的端部的对接部上分别有向上方突出的凸部 101b、102b。该加工物 101、102 是由上述切削制作的，在图 3 中，没有表示凸部 101b、102b。在图 4 中表示了凸部 101b、102b。加工 101、102 是有曲面的板。摩擦搅拌接合工具 52 由大径部 52b 和其前端部的小径部 52c 构成。小径部 52c 插入需要接合的部分。大径部 52b 的最下端处于加工物的不是凸部 101b、102b 的部分的上面的延长线和凸部 101b、102b 的顶部之间。2 个凸部 101b、102b 的宽度比大径部 52b 的直径大。工具 52 的轴 A 在工具 52 的移动方向上进行倾斜以使大径部 52b 的轴心位于小径部 52c 的轴心的后侧。由于工具 52 边旋转边沿对接部（接合线）移动，所以可以进行摩擦搅拌接合。

加工物 101、102 通过支持台（图未示）承载在工作台 11 上。加工物 101、102 通过支持台牢固地固定在工作台 11 上。特别是在需要接合的对接部的下方有支持台，这是用于支持摩擦搅拌接合时的大的荷重的。

2 个加工物 101、102 的对接部上即使有间隙，由于大径部 52b 压下的凸部 101b、102b 的金属成为填埋上述间隙的原材料，所以可以进行良好的接合。

在没有凸部 101b、102b 时，由于把大径部 52b 若干插入加工物 101、102 的面内进行摩擦搅拌接合，所以，在接合部会有凹部。

为了沿曲面同时相对移动方向倾斜地移动，另外为了移动到所希望的位置，同时控制运动坐标系 5 轴是有效的。

由于在加工物 101、102 上存在着制造误差，只按照 NC（数值控制）程序表移动工具，很难确保工具的插入位置。

图 5 是把摩擦搅拌接合工具 52 插入加工物时旋转工具 52 的电动机的转矩电流和工具 52 的插入深度的关系的模式图。插入深度是从加工物 101、102 的表面到小径部 52c 的前端的距离。随着工具 52 的插入深度的增加，转矩电流缓慢地增加到 IS。当工具 52 的大径部 52b

的端部插入加工物内时转矩电流 I 急剧地增加，达到 I_a 。之后的增加由于大径部 52b 的直径是一定的而是缓慢的。工具 52 在如上所述地倾斜地插入时，从小径部 52c 的前端与加工物开始接触到大径部 52b 的端部接触开始的距离 S 之间，随着插入深度的增加转矩电流平缓地增加而到达 I_s 。工具 52 的大径部 52b 的端部插入加工物中时，转矩电流在直到大径部 52b 的端部全面接触的距离 α 之间急剧地增加，到达 I_a 。

因此，要控制工具 52 的插入深度，以使转矩电流值成为 I_a 以上的规定的电流值。因此，即使加工物是曲面，有制造误差，也可以维持规定的插入深度，可以进行良好的摩擦搅拌接合。

工具 52 的转矩电流通过检测主轴 35 的电动机的电流值来求出。由于使用交流伺服电动机或者直流伺服电动机转动主轴 35，所以可以正确地检测转矩电流。把该转矩电流作为判断值，通过使上述移动台 32 上下移动，通常可以保证最适宜的插入深度。另外，通过监视转矩电流也可以检测工具的损伤。

另外，根据转矩电流值 I ，特别是 I_a 以上的规定值的检测，可以检测当时的移动台 32 的下降位置。由此可以检测加工物 101、102 的位置。对预先给定的加工物 101、102 的坐标值与使工具 52 移动的 NC（数值控制）数据之差进行修正。据此可以得到工具 52 向加工物 101、102 的正确插入深度。

加工物 101、102 的位置根据下面的方法也可以检测。构成经过 11、21、31、32、33、34、35、工具 52、加工物 101、102 的通电回路。在其途中配置高频电源和它的检测器。摩擦搅拌接合开始时，使移动台 32 下降，使工具 52 的小径部 52c 的前端与加工物 101、102 接触。由此构成高频电流的回路，用检测器检测它。求出检测时的工具 52 的位置。而且对预先给定的加工物 101、102 的坐标值和使工具 52 移动的 NC（数值控制）数据之差进行修正。据此可以得到正确的插入深度。而且，之后可以根据转矩电流 I 的检测将工具 52 的插入深度管理为规定值。

下面，根据图 6 对加工物的制作过程进行说明。把加工物 101、102 承载在工作台 11 上，由工具 51 主要对其上面进行切削。这时，残留凸部 101b 地进行切削。接下来，搬下加工物 101，放置加工物 102。同样地切削加工物 102。加工物 101、102 是铝合金制的板。该板有曲面。切削是干切削，干清洗。在把加工物 102 固定在工作台 11 上时，考虑到后面的摩擦搅拌接合，通过支持台固定加工物 102（工序 S10）。

接下来，通过支持台（图未示）把加工物 101 载置在工作台 11 的上面，与加工物 102 对接，固定在工作台 11 上。另外，由工具交换装置在工具保管装置 40 和主轴 35 之间交换工具，把摩擦搅拌接合工具 52 安装在主轴 35 上（工序 S20）。

接下来，使主轴 35 旋转，使上述对接部进行摩擦搅拌接合（工序 S30）。

使工具 52 边旋转边下降，插入到规定位置，开始摩擦搅拌接合。加工物 101、102 的高度位置，如上所述，可以用高频电流检测，也可以用转矩电流值 I 检测。通过该高度位置的检测进行加工物 101、102 等的坐标的修正。

接下来，根据预先设定的 NC 数据，使工具 52 沿对接部（接合线）移动。在使工具 52 沿接合线移动时，用转矩电流值 I 控制工具 52 的插入深度。

使工具 52 沿接合线移动的控制也可以根据预先给定的坐标（NC 数据）来进行，也可以根据检测接合线的位置的检测器的数据来进行。检测器是光学传感器，设置在旋转台 34 上。检测器检测对接部的间隙和凸部 101b、102b 的端部的边缘，求出对接部的位置。引导工具 52 到求出的位置。另外，可以用求出的数据修正上述坐标并进行引导。另外，用光学传感器求出凸部 101b、102b 的高度，可以控制插入的深度。

接下来，在摩擦搅拌接合終了之后，把主轴 35 的工具换成切削工具（工序 S40）。

接下来，进行切削加工（S50）。作为切削是切削对接部的凸部

101b、102b。通过切削使对接部与其他部分的曲面实质上成为同一曲面。这对于把加工物 101、102 的上面作为制品的外面的情况是有效的。当然也可以把凸部和上述其它部分的曲面都进行切削。

另外，再把成为一体的加工物 101、102 的外周部等切削成规定的形状。另外，在上述其他部分曲面上用切削工具 51 加工出孔、螺纹、凹部等，由于在对接加工物 101、102 时有间隙，所以在摩擦搅拌接合后的地方可以高精度地加工。

另外，由于摩擦搅拌接合終了，当工具 52 从加工物 101、102 中拔出时，在其部分上产生孔，把该孔边切削成大径的孔边或在该孔内加工螺纹。为了加工螺纹，拔出工具 52 的位置，也可以不是摩擦搅拌接合的接合位置。

切削后进行摩擦搅拌接合时，用于切削的油和切削后清扫用油对摩擦搅拌接合有坏的影响，另外，切屑也会使 2 个构件的组合精度变坏。然而，如果在摩擦搅拌接合之后进行切削，这些问题就可以被去除。在摩擦搅拌接合之前进行 2 个构件的切削，该切削油的去除完全可以用其他的机械进行。

再有，在工序 S10 中，如果加工物 101、102 的对接部能够进行适合摩擦搅拌接合那样的对接，在使加工物 101、102 对接并载置在工作台 11 上的状态下，可以进行上述切削。这时在对接部的下方配置支持台。

另外，可以用第 1 旋转工具摩擦搅拌接合 1 组加工物，接下来，在主轴和工具保管装置之间交换旋转工具，然后用第 2 旋转工具摩擦搅拌接合上述 1 组加工物的第 2 接合部。

对图 7 的实施例进行说明。这是相对一个工作台 11 设置 2 个加工装置 30、30B 的设备，2 个加工装置 30、30B 设置在 1 个横梁 21 上。2 个加工装置 30、30B 的构成和功能是像上述的装置那样，两者实质上是相同的。在一个加工装置 30 的主轴上设置摩擦搅拌接合工具 52。横梁 21 的两端从工作台 11 的端部突出，一个加工装置进行加工作业时，另一个加工装置可以退避到突出的横梁上。

如果这样，就不需要交换工具。另外，由于在摩擦搅拌接合时需要大的插入力，所以，主轴的轴承等必须是高强度的。在摩擦搅拌接合时与一般的切削相比，主轴的转速可以低些，因此，如果分别制作切削用加工装置 30、摩擦搅拌接合加工装置 30B，可以比较廉价地构成摩擦搅拌接合装置。

对图 8 的实施例进行说明。该实施例的设备由沿水平（X 轴）方向移动的柱 61、设置在柱 61 上垂直（Y 轴）方向移动的移动台 63、设置在移动台 63 上的使安装的工具旋转的主轴 65、沿主轴 65 的旋转轴的水平（Z 轴）方向移动的移动台 71、设置在移动台 71 的绕 B 轴旋转的旋转台 73 和设置在旋转台 73 上的绕 A 轴旋转的工作台 74 构成。在主轴 65 和工具保管装置 68 之间，通过工具交换装置（图未示）可以交换切削工具 51 和摩擦搅拌接合工具 52，可以同时控制直线移动轴 3 轴，绕轴旋转的旋转轴 2 轴共 5 轴。

主轴 65 在水平上不能变更角度，使工作台 74 相对主轴倾斜，设定上述后倾角 θ 。

对图 9 的实施例进行说明，加工物 111 安装在旋转台 81 上，加工物 112 的端部插入加工物 111 的前端，两者被核对。加工物 112 的前端支持在尾座 83 上。对加工物 111 和 112 的对接部进行摩擦搅拌接合，在两者的端部上有凸部 111b、112b。有沿旋转台 81 的轴心移动并沿上下方向移动的移动台 91。在移动台 91 上有以 45 度的角度旋转的旋转台 92。在旋转台 92 上有旋转工具 52 的主轴 95。在旋转台 92 上有设置切削工具 53 的刀杆 96。不需要刀杆 96 旋转。切削工具是车刀。

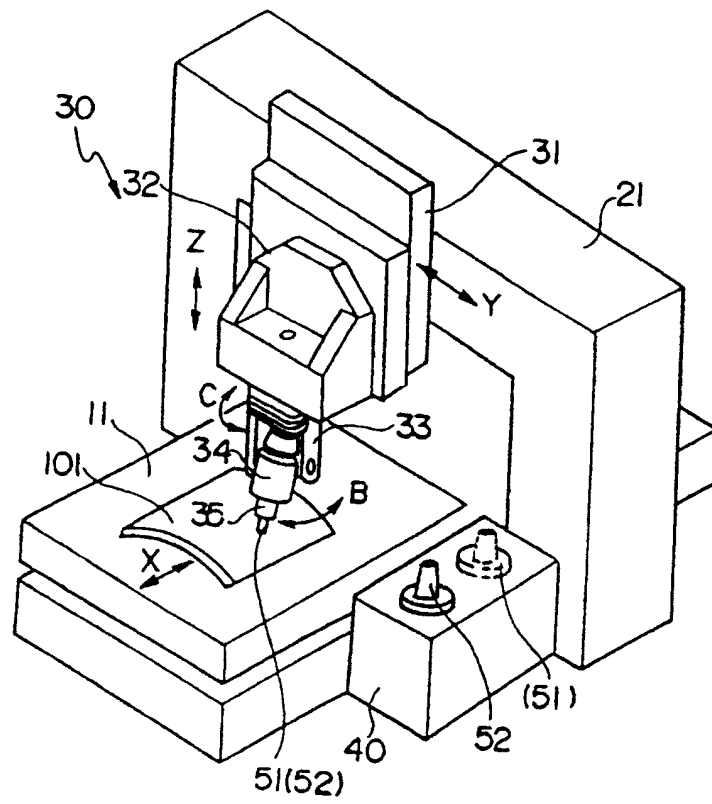
在圆筒状的加工物 111 的端部上插入加工物 112 的端部，对接两者。对接部也可以用电弧焊进行点焊。将其安装在旋转台 81 上，用尾座支持加工物 112。使旋转台 81 和主轴 95 旋转，摩擦搅拌接合对接部。接下来，使旋转台 92 旋转，使车刀 53 与摩擦搅拌接合部相对。然后，旋转旋转台 81，切削接合部的凸部。摩擦搅拌接合的方向可以是除了筒的圆周以外的任意方向。用夹具 96 进行的切削为周围方向。

对与设置在工作台和旋转台上的加工物进行接合的加工物的设置可以用机器人装置进行。

本发明的技术范围不限于权利要求书中各项权利要求所述的内容或者用于解决课题的各项技术方案所述的内容。也涉及本行业人员容易置换的范围。例如，复合加工装置的外观和体积、工具的大小等不同都包含在本发明的范围内。

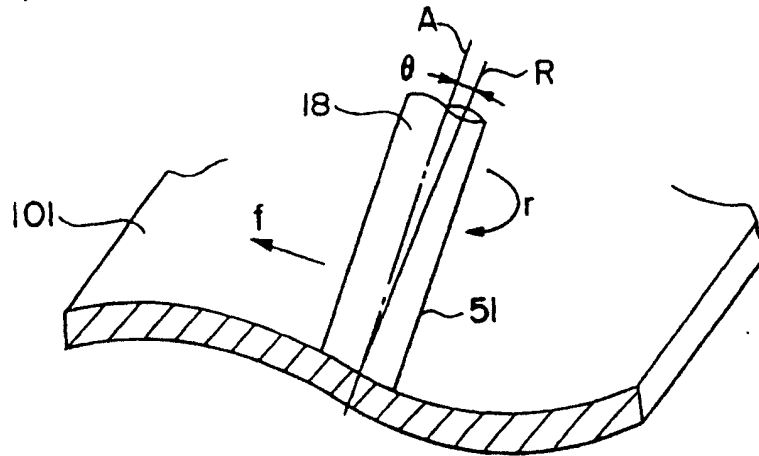
根据本发明，由于一台就可以进行切削加工和接合加工，所以可以削减设备费用、安放场地、建筑面积、加工准备时间和加工成本。

图 1



X、Y、Z: 直线移动轴
 B: 绕Y轴的旋转
 C: 绕Z轴的旋转

图 2



R: 切平面的垂线
 A: 工具轴
 θ : 工具前倾角

图 3

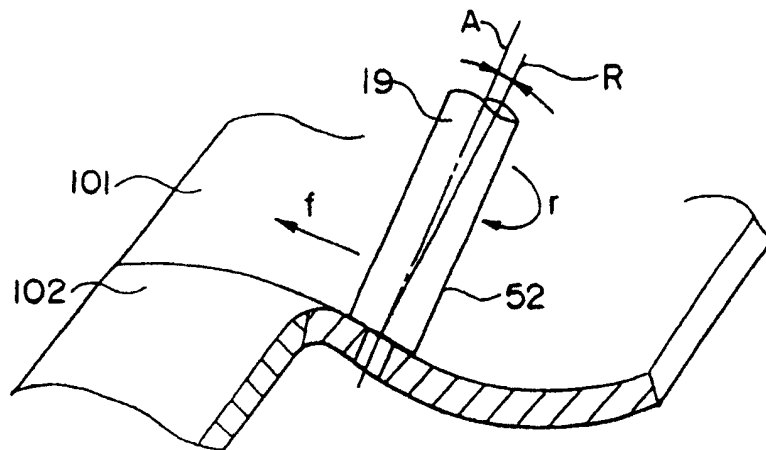


图 4

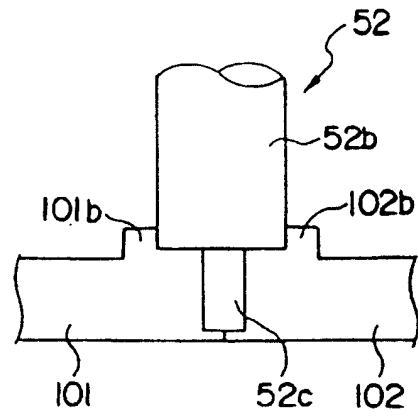
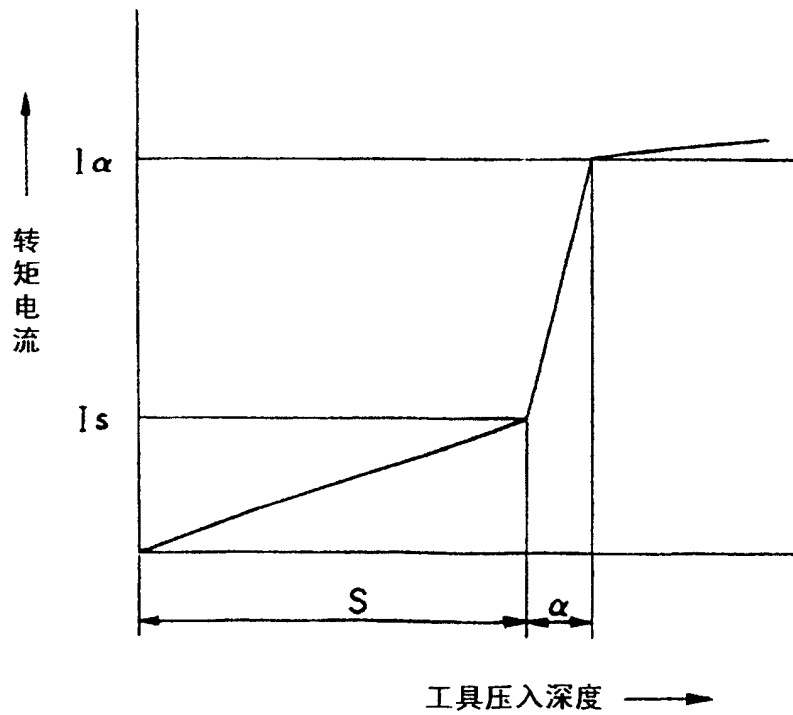


图 5



I_s : 工具前端小径部整体压入时的转矩电流
 I_α : 工具大径端面全面与接合部接触时的转矩电流

图 6

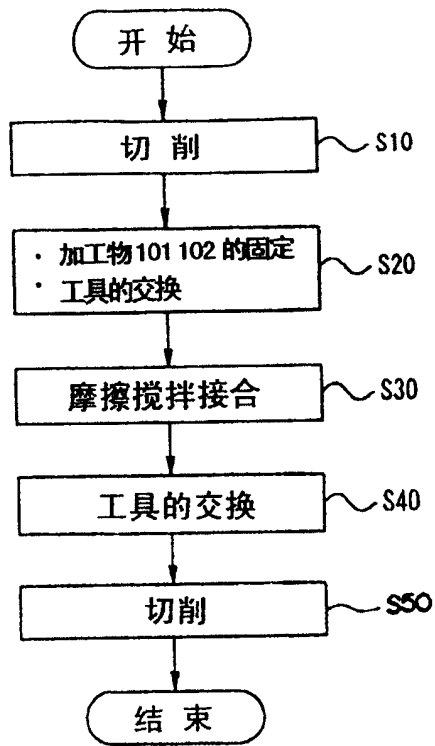


图 7

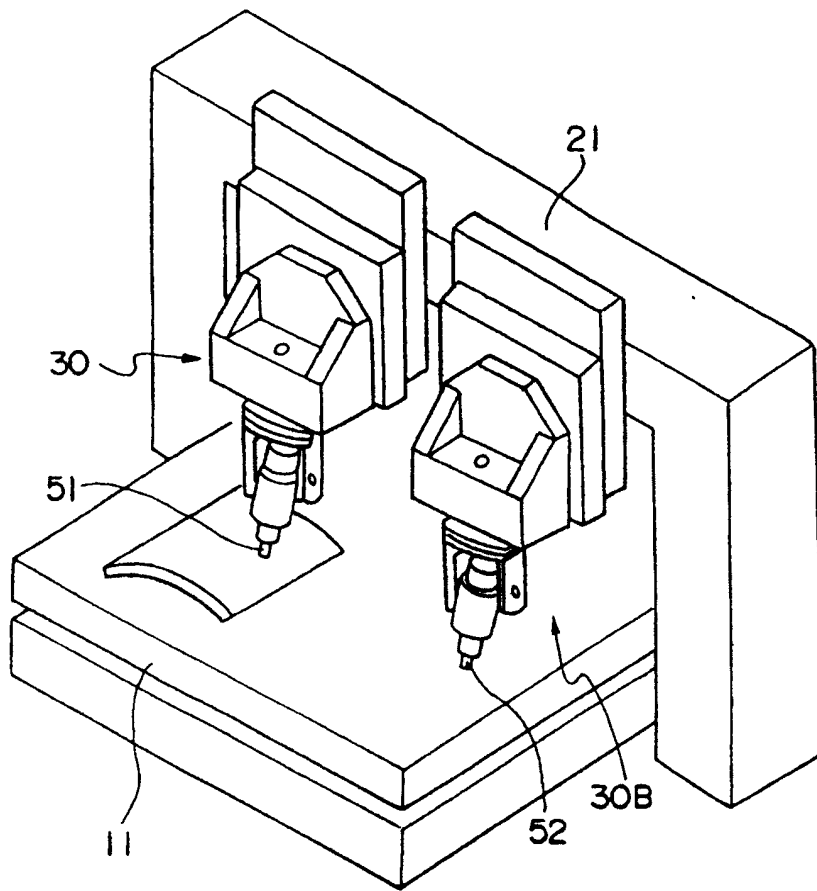
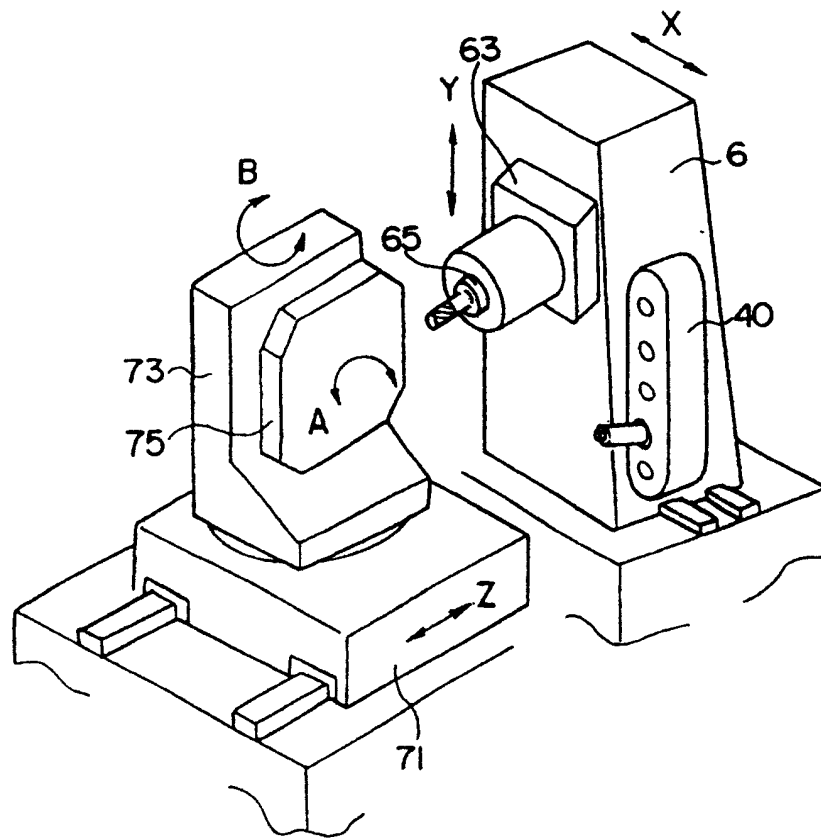


图 8



X、Y、Z: 直线移动轴
A: 绕 Y 轴的旋转
B: 绕 Z 轴的旋转

图 9

