

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.



[12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200610126201.1

B23K 9/00 (2006.01)
B23K 9/133 (2006.01)
B23K 9/095 (2006.01)
B23K 9/09 (2006.01)
B23K 35/00 (2006.01)

[43] 公开日 2007 年 11 月 14 日

[11] 公开号 CN 101069937A

[22] 申请日 2006.8.24

[21] 申请号 200610126201.1

[30] 优先权

[32] 2006.5.8 [33] US [31] 11/382084

[71] 申请人 林肯环球公司

地址 美国加利福尼亚州

[72] 发明人 B·纳拉亚南 P·T·索尔蒂斯

R·K·迈尔斯 E·斯图尔特

[74] 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司
代理人 蔡民军 杨松龄

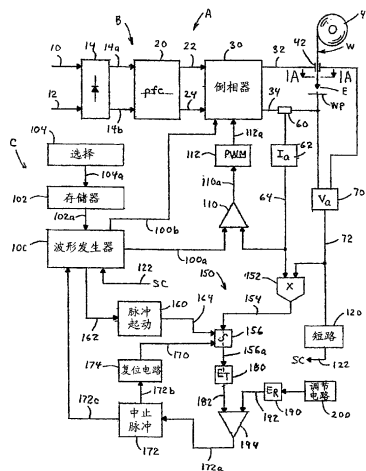
权利要求书 4 页 说明书 27 页 附图 11 页

[54] 发明名称

高强度应用中的环缝焊接用的无气方法与系统

[57] 摘要

公开了用短弧焊工艺与自屏蔽焊条进行环缝焊接高强材料的焊接系统与方法。此焊接系统包括将自屏蔽焊条推向待焊接工件的设备，同时控制电弧长度与设备的作业使焊接处满足焊接至少是美国石油研究院级 X-80 管道的要求。此系统还包括带控制器的电源，用来形成电流脉冲将电能引到焊条内来熔化自屏蔽焊条的端部，同时包括一在熔化脉冲中止后的低电流静态金属转移段，其中此熔化的焊条碰触上工件而短路。



1. 焊接工件的方法，此方法包括：
从焊接装置将自屏蔽焊条推向工件；
用此推进的自屏蔽焊条通过短弧焊接工艺焊接此工件，
其中此焊接处具有至少 70 ksi 的抗屈强度。
2. 权利要求 1 的方法，其中的焊条是熔剂心自屏蔽焊条。
3. 权利要求 1 的方法，其中的焊条是通过焊枪推向工件。
4. 权利要求 1 的方法，其中的抗屈强度至少是 80 ksi。
5. 权利要求 1 的方法，其中的焊接处具有至少是 70 ksi 的抗张强度。
6. 权利要求 1 的方法，其中的焊接处具有至少是 90 ksi 的抗张强度。
7. 权利要求 1 的方法，其中的焊接处具有在 -20°C 至少 60 J 的单梁 V 形切口韧度。
8. 权利要求 1 的方法，其中的焊接处具有在 -40°C 至少 40 J 的单梁 V 形切口韧度。
9. 权利要求 1 的方法，其中的焊接处满足用于焊接至少是美国石油研究院级 X-80 的管。
10. 权利要求 1 的方法，其中的自屏蔽焊条是自屏蔽熔剂心电弧焊丝。
11. 权利要求 1 的方法，此方法还包括：
按下述方式控制短弧焊过程的熔化脉冲，这里的熔化脉冲之后是一低电流的转移周期：
在上述转移周期中测量所述熔化脉冲与短路之间的持续时间；
相对于此持续时间设定所需时间；
比较此测出的持续时间与设定的所需时间，生成校正信号；
根据此校正信号调节所述熔化脉冲的参数。
12. 权利要求 1 的方法，其中在上述短弧焊过程中的平均弧长高达 0.3 英寸。
13. 权利要求 1 的方法，其中在上述短弧焊过程中的平均弧长高达 0.2 英寸。
14. 权利要求 1 的方法，其中在上述短弧焊过程中的平均弧长

高达 0.1 英寸。

15. 焊接工件的方法，此方法包括：

从焊接装置将自屏蔽焊条推向工件；以及

用此推进的自屏蔽焊条通过短弧焊接工艺焊接此工件；

其中此焊接处满足用于焊接至少是美国石油研究院级 X-80 管的要求。

16. 权利要求 15 的方法，其中的焊条是熔剂心自屏蔽焊条。

17. 权利要求 15 的方法，其中的焊条是通过焊枪推向工件。

18. 权利要求 15 的方法，其中的焊接处具有至少是 70 ksi 的抗张强度。

19. 权利要求 15 的方法，其中的焊接处具有至少是 90 ksi 的抗张强度。

20. 权利要求 15 的方法，其中的焊接处具有在 -20°C 至少 60 J 的单梁 V 形切口韧度。

21. 权利要求 15 的方法，其中的焊接处具有在 -40°C 至少 40 J 的单梁 V 形切口韧度。

22. 权利要求 15 的方法，其中的自屏蔽焊条是自屏蔽熔剂心电弧焊丝。

23. 权利要求 15 的方法，此方法还包括：

按下述方式控制短弧焊过程的熔化脉冲，这里的熔化脉冲之后是一低电流的转移周期：

在上述转移周期中测量所述熔化脉冲与短路之间的持续时间；

相对于此持续时间设定所需时间；

比较此测出的持续时间与设定的所需时间，生成校正信号；

根据此校正信号调节所述熔化脉冲的参数。

24. 权利要求 15 的方法，其中在上述短弧焊过程中的平均弧长高达 0.3 英寸。

25. 权利要求 15 的方法，其中在上述短弧焊过程中的平均弧长高达 0.2 英寸。

26. 权利要求 15 的方法，其中在上述短弧焊过程中的平均弧长高达 0.1 英寸。

27. 焊接工件的方法，此方法包括：

从焊接装置将自屏蔽焊条推向工件；以及
用此推进的自屏蔽焊条通过短弧焊接工艺焊接此工件；
其中此焊接处具有在 -20°C 至少 60 J 的单梁 V 形切口韧度。

28. 权利要求 27 的方法，其中的焊条是熔剂心自屏蔽焊条。

29. 权利要求 27 的方法，其中的焊条是通过焊枪推向工件。

30. 权利要求 27 的方法，其中的焊接处具有至少是 70 ksi 的抗屈强度。

31. 权利要求 27 的方法，其中的焊接处具有至少是 80 ksi 的抗屈强度。

32. 权利要求 27 的方法，其中的焊接处具有至少是 70 ksi 的抗张强度。

33. 权利要求 27 的方法，其中的焊接处具有至少是 90 ksi 的抗张强度。

34. 权利要求 27 的方法，其中的焊接处具有在 -40°C 至少 40 J 的单梁 V 形切口韧度。

35. 权利要求 27 的方法，其中的焊接处满足用于焊接至少是美国石油研究院级 X-80 的管的要求。

36. 权利要求 27 的方法，其中的自屏蔽焊条是自屏蔽熔剂心电弧焊丝。

37. 权利要求 27 的方法，此方法还包括：

按下述方式控制短弧焊过程的熔化脉冲，这里的熔化脉冲之后是一低电流的转移周期；

在上述转移周期中测量所述熔化脉冲与短路之间的持续时间；

相对于此持续时间设定所需时间；

比较此测出的持续时间与设定的所需时间，生成校正信号；

根据此校正信号调节所述熔化脉冲的参数。

38. 权利要求 27 的方法，其中在上述短弧焊过程中的平均弧长高达 0.3 英寸。

39. 权利要求 27 的方法，其中在上述短弧焊过程中的平均弧长高达 0.2 英寸。

40. 权利要求 27 的方法，其中在上述短弧焊过程中的平均弧长高达 0.1 英寸。

41. 焊接方法，此方法包括：
从焊枪将自屏蔽熔剂心焊条推向工件；
用此推进的自屏蔽焊条通过短弧焊接工艺焊接此工件；
其中此焊接处具有至少 70 ksi 的抗屈强度。
42. 焊接方法，此方法包括：
从焊枪将自屏蔽熔剂心焊条推向工件；
用此推进的自屏蔽焊条通过短弧焊接工艺焊接此工件；
其中此焊接处满足用于焊接至少是美国石油研究院级 X-80 的管的要求。
43. 焊接方法，此方法包括：
从焊枪将自屏蔽熔剂心焊条推向工件；
用此推进的自屏蔽焊条通过短弧焊接工艺焊接此工件；
其中此焊接处具有在 -20°C 至少 60 J 的单梁 V 形切口韧度。
44. 焊接设备，此设备包括：
短弧焊接系统，它将焊条推向待焊接工件，其中：
所述焊条是自屏蔽焊条，而
所述短弧焊接系统控制成使焊接处具有至少 70 ksi 的抗屈强度。
45. 焊接设备，此设备包括：
短弧焊接系统，它将焊条推向待焊接工件，其中：
所述焊条是自屏蔽焊条，而
此焊接处满足用于焊接至少是美国石油研究院级 X-80 管的要求。
46. 焊接设备，此设备包括：
短弧焊接系统，它将焊条推向待焊接工件，其中：
所述焊条是自屏蔽焊条，而
此焊接处具有在 -20°C 至少 60 J 的单梁 V 形切口韧度。

高强度应用中的环缝焊接用的无气方法与系统

优先权

本发明是 2004 年 4 月 29 日提交的美国申请 No. 10/834141 的部分继续申请、2004 年 10 月 6 日提交的美国申请 10/959857 的部分继续申请、2005 年 10 月 31 日提交的美国申请 11/263064 的部分继续申请以及 2006 年 1 月 20 日提交的美国专利申请 No. 11/336506 的部分继续申请，它们的整个公开内容都已综合于此供参考。

技术领域

本发明涉及电弧焊技术，具体涉及利用自屏蔽的熔剂心的电弧焊（FCAW-S）条，同时涉及到焊条组成。

背景技术

当前还不存在用无气的或自屏蔽的焊接工艺对高强度管与管道进行半自动沿周缘进行焊接的商品化的技术方案或方法。这是由于供无气或自屏蔽焊接用的传统工艺从本质上就限制了它们应用于高强度焊接。

在应用无气或自屏蔽的焊条时，焊条中用到了种种化学物质与大气中的氧和氮反应，以防止氧与氮侵入焊缝内。这些化学物质所用的量要能充分防止氧或氮损害焊接质量。但是这些化学物质例如钛与铝在形成较强的焊接的同时又有导致焊缝脆化的不利影响。这种脆性化妨碍了无气或自屏蔽的焊接方法供许多高强度的焊接应用，例如用于管道焊接，其中通常要求焊接强度能充分满足焊接美国石油研究院（API）级 X-80 管道的要求或更高的要求。

此外，虽然存在有方法满足采用气体屏蔽保护焊接方法的要求，但这些方法同样具有使它们难以达到所要求目标的缺点。具体地说，采用气体防护方法来焊接高强度管与管道（以及其他应用）的现行的方法与系统，需要价昂和费时的设备来保护焊接区域不受大气与化学元素的影响，特别是在管道应用情形，这时的焊接常常是

在苛刻的环境条件下进行。

供参考的综合内容

本发明涉及这样的短电弧焊接方法,它采用自屏蔽的有心焊条能满足焊接美国石油研究院(API)级 X-80 管道的或更高的要求。在把上述焊接方法与本发明熔剂心焊条相结合时,存在一种协同关系。这样,本发明将控制能量输入与淀积的焊接金属的微结构控制结合到一起,就能实现高的强度与高的韧性。特别是本发明的一个示例性实施例可以取得超过 550 MPa 的抗屈强度和高于 690 MPa 的抗张度以及在 -20°C 下大于 60 J(joule)的单梁 V 型切口(CVN)韧度。

短路电弧焊接系统、技术与相关概念以及管子焊接方法与设备已一般地陈述于下述各美国专利中,其中的原理已综合于此作为基础知识信息供参考: Parks, 4, 717, 807; Parks, 4, 954, 691; Parker, 5, 676, 857; Stava, 5, 742, 029; Stava, 5, 961, 863; Parker, 5, 981, 906; Nicholson, 6, 093, 906; Stava, 6, 160, 241; Stava, 6, 172, 333; Nicholson, 6, 204, 478; Stava, 6, 215, 100; Houston, 6, 472, 634; Stava, 6, 501, 049。

电弧焊领域在消耗性推进式焊条端子与工件之间用到多种焊接工艺,这种工件可以包括两或多个待焊接到一起的部件。本发明一实施例涉及短弧工艺,这里的推进式焊条在电流脉冲中由于电弧的热而熔化,并在熔融金属由于表面张力作用形成球状件后,此熔融的金属球便由于短路作用转移到工件上。短路发生在此推进式焊条推动上述球与工件上的熔融金属部分接触时,而这种短路由焊接电压的陡降而探测到。然后此短路中止而短路电弧焊过程重复。本发明是对短弧焊接的一种改进并且是通过应用这样的电源进行。这里的焊接波形轮廓是由波形发生器操作一高开关速度倒相器的脉宽调制器来控制,例如见于受让人在下述若干专利中所公开的: Parks, 4, 866, 247; Blankenship, 5, 278, 390; Houston 6, 472, 634, 它们中的内容均综合于此供参考。这三件专利阐述了用于实施本发明一种示例性实施例的高开关速度电源的类型,它们的内容综合于此作为背景技术。波形发生器的波形存储于作为一种状态表的存储器

中，此表根据 The Lincoln Electric Company of Cleveland, Ohio 首创的标准工艺选择并输出给波形发生器。用于波形发生器中形成波形轮廓的表的这种选择公开于几个先有技术专利中，例如以上述及的 Blankenship, 5,278,390 中。结果，用于实施本发明的电源当前已是周知的并且组成了本发明中用到基础知识工艺。本发明的短弧焊接系统的一个方面用到一种电路来测定形成推进式焊条的熔融金属球的熔化用脉冲的总能量，例如 Parks 4,866,247 中所述的。熔化用脉冲的总能量由在熔化用脉冲工作期间内具有综合输出的瓦特计探测。这项技术由于它用在本发明的一个方面中故包括于此供参考。在短弧焊接系统中已形成短路后，通过随后增大焊接电路消除这种短路。上述工艺是短弧焊接系统中周知的，已一般地描述于 Ihde 的 6,617,549 与 Parks 的 4,866,247 中。于是将 Ihde 的 6,617,549 中所述技术综合于此作为背景技术。本发明一示例性的实施例乃是焊接工业中周知的标准 AC 脉冲焊接系统的改型。受让人的一件先有未决申请中描述了 DC 与 AC 两种标准的脉冲焊接，具有用于实施本发明的示例性 AC 短路装置这种高额开关电源的能量测量电路或程序。上述的先有申请是 2005 年 4 月 11 日提交的系列 No. 11/103,040，其内容已综合于此供参考，但它并非了解或实施本发明所必须的。

本发明涉及有心焊条与短弧焊接系统以及用来控制此系统的熔化脉冲来淀积特殊的有心焊条而不需保护气体的方法，它能满足用于焊接美国石油研究院 (API) 级 X-80 管道的或更高的要求。此系统与方法在脉冲与实际的短路之间保持有所需的时间。此时间是由涉及这种短路与脉冲的时间控制的反馈环路所控制，以使这种熔化脉冲的大小可以变化来保持一致的短路时间。这项工艺是对其他短弧控制装置例如采用两种电源的 Pijls 的 4,020,320 中公开的装置所作的实质性改进。第一电源保持恒定大小的熔化脉冲，同时在短路与继后的清除用脉冲间存在固定的时间，如同在本发明中所用到的，在脉冲时间与熔化脉冲参数间不存在反馈。所需的时间保持在熔化脉冲的结束与短路事件之间。通过采用反馈环路的概念来固定所需时间，改进了电弧稳定性。本发明可用于 DC 过程，如同 Pijls 的 4,020,320 中述及的，但最好是用在采用 AC 短路电弧焊接系统

中。为此将 Pijls 的 4,020,320 中内容综合于此作为背景技术供参考,它示明一种用于 DC 短路电弧系统的控制电路,其中不需要熔化用脉冲的闭环控制将两个独立的时间保持为常数。

本发明还涉及使用熔剂心的即自屏蔽的焊条或焊丝的焊接方法。电弧焊焊条或焊丝的特别是用于焊接的有心焊条的细节描述于美国专利: 5,369,244、5,365,036、5,233,160、5,225,661、5,132,514、5,120,931、5,091,628、5,055,655、5,015,823、5,003,155、4,833,296、4,723,061、4,717,536、4,551,610 与 4,186,293 中,它们的内容都已综合于此供参考。

此外,先有申请中: 2003 年 9 月 8 日提交的系列 No. 10/655,685; 2004 年 4 月 29 日提交的系列 No. 10/834,141; 2004 年 10 月 6 日提交的系列 No. 10/959,587; 以及 2005 年 10 月 31 日提交的系列 No. 11/263,064 的内容都已作为基础知识的非先有技术工艺综合于此供参考。

发明内容

本发明针对用于解决上述问题的系统与方法,同时提供能形成满足焊接美国石油研究院 (API) 级 X-80 管道要求的或更高要求的焊接结果的系统与方法。具体地说,本发明一示例性的实施形式可以取得大于 550 MPa 的抗屈强度和高于 690 MPa 的抗张强度以及在 -20°C 下大于 60 J 的单梁 V 型切口 (CVN) 韧度。

本发明的系统与方法通过专用的电源来控制电弧,使与采用有心的即自屏蔽的焊条耦合的弧长最短以取得所需的焊接特性。应用短弧可使来自焊接熔池中大气的污染最小,这样便改进了韧性并在同时进一步减小了焊接中的孔隙率。此外,根据本发明一实施例,应用短的电弧长度允许采用自屏蔽焊条,此种焊条包含下面述及的依据本发明一个方面的一种组成。此外,按照本发明就不需另采用屏蔽气体来实现这样的焊接,它能满足焊接美国石油研究院 (API) 级 X-80 管道的或更高的要求,同时/或者达到大于 550 MPa 抗屈强度与超过 690 MPa 的抗张强度以及在 -20°C 下超过 60 J 的单梁 V 型切口 (CVN) 韧度。

根据本发明的第一方面,它涉及到上述方法,其中短弧波形的熔

化脉冲是交互地用反馈环路而不是由熔化用脉冲的固定常数值控制。熔化脉冲结束与短路之间的时间通过反馈地改变短弧焊接系统中熔化脉冲的参数保持。在本发明的一个示例性实施形式中，上述系统是 AC 系统，但是可以用于 Pijls 4, 020, 320 中一般描述到的那种 DC 系统。短弧波形的处理可以这样地简化，即采用一种例如 Houston 6, 472, 634 中所公开的单一电源，它具有由操作高开关速度倒相器的脉宽调制器的波形发生器控制的波形。通过实施本发明所能取得的优点是能够采用先有技术所示的两个独立的电源来改进短弧焊。

根据本发明第一方面的另一实施例，所述短弧焊接系统是这样的 AC 系统，其中的熔化脉冲具有负极性。为了保持恒定的熔融金属蚕道，有一 J 阈值开关将电源变换到低电平正电流，使得推进式焊条端上的熔融金属形成一球形件，然后碰触上工件焊接处短路。在一实施例中，这种 AC 波形是由控制此波形的各个电流段和确定此波形各段的极性的波形发生器控制。在先有技术中，是把 J 阈值开关用来给熔化脉冲提供恒定能量的。依据本发明一实施例，存在一计时器来测量此焊条在熔化脉冲之后短路的时间，应用反馈环路在熔化脉冲与短路事件间保持一致的时间。这种时间的控制稳定了电弧与短路周期，在本发明一实施例中，熔化脉冲与短路间的时间约为 1.0 ms。取决于焊条的尺寸与淀积速率，熔化脉冲与短路间的时间可以调节到 0.5 ms ~ 2.0 ms 一般范围中一固定值。这种时间控制通常适用于 AC 短弧焊接，但相同的原理可直接用于 DC 正极性。在两种情形下，具有由熔化脉冲形成的熔融金属的推进式焊条保持在低的静态正电流下，便于在短路事件前形成球形件。在实施本发明上述任一项内容时，都是通过将反馈环路调节到对短路事件保持一预定时间来控制熔化脉冲的 J 数或其他参数。

本发明第一方面的 AC 过程能有效地用于管状的熔剂心焊条，而依据下述本发明的一个方面的一种实施形式是由在其心部有合金组分的熔剂心焊条来实现的，这将于下面说明。根据短路时间的反馈来控制熔剂心焊条的熔化方法，周知是保持 AC 短路焊接过程稳定性的异常精确的方法。鉴于以上所述，本发明一实施形式可以采用依据本发明一实施例的有心的即自屏蔽焊条来焊接管道。当采用本发

明的方法时，此种焊条的焊接电流是在喷焊的阈值电流之下。这样，转移到管道焊缝上的金属必然涉及到某种类型的短路，而在本发明一实施形式中则将涉及到本发明针对的一种球形短路转移。通过采用 AC 短弧焊接仍然可以造成电弧的不稳定性。这种不稳定性已通过实施本发明得到克服。于是本发明特别适于用自屏蔽的有心电极对管道接缝进行 AC 短弧焊接，而使得焊接强度满足焊接美国石油研究院 (API) 级 X-80 管道的或更高的要求。

根据本发明一实施例，提供了在推进式的焊条与工作之间进行短弧焊作业的焊接系统，此系统包括一具有控制器的电源，以形成一将能量引入焊条而熔化其端部的电流脉冲；还包括低的静态电流金属转移段，可让焊条端上的熔化金属淀积到工件的焊接处。在此低电流的金属转移段中，熔融金属相对于熔融金属熔池短路。计时器测量熔化脉冲结束时与短路事件间的时间。具有用来在脉冲与短路事件间设定所需时间的装置，且有用来根据实际时间与所需时间的差来形成校正信号的电路。用此校正信号来控制熔化脉冲的给定参数。例如在熔化脉冲工作期间引入的能量。

根据本发明第一方面的示例性实施例，此短弧焊接过程是 AC 过程，其中的熔化脉冲是用负电流实现，而波形的静态低电流金属转移段则存在正极性。本发明的 AC 型式可用在多种环境下例如在管道焊缝的根焊中用熔剂心焊条焊接。

根据本发明的电源的另一面，此短弧焊接系统的控制器包括用在短路后来形成短路清除脉冲的电路。在此电源的实施例中，波形发生器的电源在任何时间确定焊接波形的极性与轮廓。本发明的焊接系统用来保持熔化脉冲与短路间的时间到一固定值，此固定值一般为 0.5 ~ 2.0 ms，在另一实施例中则为约 1.0 ms。

依据此电源的另一面或通过此电源实行的方法，此短弧系统是在正 DC 下进行，熔化脉冲和静止部都为正的，继以短路的正清除脉冲。本发明的这种实施形式不涉及在波形处理中由波形发生器作极性改变来进行短弧焊接。这种短弧焊接系统为 AC 的且存在有电路来控制电流脉冲，使熔化脉冲与短路间的真实时间等同于所需时间。本发明的这一实施例与其他的实施例相同，保持恒定的时间。

本发明一实施例控制熔化脉冲的能量来控制熔化脉冲与最终短

路事件间的时间。

本发明又另一个方面则提供了一种用来控制短弧焊接过程熔化脉冲的方法，以使此过程具有一在熔化脉冲与短路事件间的选择时间，由此方法控制的参数为熔化脉冲的总能量。本发明的这一实施例可以用于采用熔剂心焊条进行圆孔管子接头的根焊。

本发明的第二方面至少是部分涉及到利用如同前述短弧法得到的在 AC 焊接时较短的弧长，这样能显著减少来自大气中的焊接污染。本发明的这一实施例同样用到一种特殊的熔剂合金系统，此系统当与本发明的这个方面一起用于焊条中时可以取得有利的结果。这种有心焊条的熔剂/合金系统能够实现和有助于短的弧长。组合本发明一实施例的上述各个方面，提供了一种难得的协合效应，产生出强度到 60~70 ksi 的结实坚韧的焊接金属，而在另一实施例中则具有至少 80 ksi 的抗屈强度，这样便形成了满足焊接美国石油研究院 (API) 的级 X-80 管道的或更高要求的焊接结果。此外，本发明一示例性实施例可以取得 550 MPa 抗屈强度与 690 MPa 抗张强度以及在 -20°C 下超过 60 J 的单梁 V 型切口 (CVN) 韧度。再者，本发明各实施例中所用合金允许采用较薄的管子且不需在管子的焊接区中应用屏蔽气体。

波形技术，如 The Lincoln Electric Company of Cleveland, Ohio 所首创的，业已改进用于由熔剂心焊条进行的 AC 焊接中。有心焊条通过使焊缝的合金适合焊缝所需的机械特性以及使焊接操作的位置有较大的自由度时，能够更精确地控制焊接作业。但是为了提供电弧的稳定性和适当的熔化温度与熔化速率，AC 过程的波形实际控制是相当复杂的。在将 AC 焊接用于有心焊条时，在电弧焊接过程中的污染仍然成为问题。焊接作业后的焊接金属中的污染可以在焊接金属中导致多孔性、开裂与其他类型的缺陷。结果，电弧焊工艺的设计师面对的主要挑战是必须开发技术就是要去排除例如来自大气中的，来自电弧环境中的污染成分，用以抑制这类杂质的潜在有害效应。这方面的可能污染源包括组成焊条的材料、工件本身以及环境气氛中的杂质。有心电极可以包含“除污”的试剂例如铅、镁、锆与钛，这些试剂在化学上与潜在的污染物结合，防止污染物于焊接金属中形成密集的小孔和有害的夹杂物。本发明包括使用这样的

焊条组成，它能减少有心焊条夹杂焊接金属中污染物的可能性。这种方法也减少了需要用作“除污”剂的物料量。

具体地说，本发明提供了一种自屏蔽的熔剂心电弧焊接（FCAW-S）焊条，它特别适合于在采用 AC 波形时形成减少了污染程度的焊接。这种焊条具有的合金/熔剂系统包括：约 35~约 55%的氟化钡、约 2~约 20%的氟化锂、约 0~约 15%的氧化锂、约 0~约 15%的氧化铯、约 0~约 15%的氟化钡、约 5~约 20%的氧化铁，以及高达约 25%的去氧与去氮剂，后者可以选自铝、镁、钛与锆以及它们的组合物。

本发明提供了应用特殊的合金/熔剂系统的自屏蔽熔剂有心焊条进行电弧焊接的方法。此方法包括在焊条与基体间施加第一负电压以造成邻近基体焊条至少是部分熔化。此方法还包括在焊条与基体间施加正电压以促进形成来自焊条可流动物料。此方法也还包括监控在焊条与基体之间通过上述可流动物料而在焊条与基体间所发生的短路。此方法另外还包括在探测到短路时在焊条与基体间施加第二负电压。再者，本方法包括有增大第二负电压以消除短路并由上述可流动物质于基体上形成焊缝。这种自屏蔽的熔剂有心电极可以包括约 35~约 55%的氧化钡、约 2~约 12%的氟化锂、约 2~约 15%的氧化锂、约 5~约 20%的氧化铁，以及选自铝、镁、钛、钛及其组合物所成的组中的高达约 25%的去氧与去氮剂。

本发明的一个目的在于提供这样的短弧焊接系统，此系统在焊接过程中，尤其是当此过程是在 AC 方式下进行。控制着短路事件的间隔，以提供满足至少是焊接美国石油研究院（API）的级 X-80 管道要求的焊缝。

本发明的另一目的是去提供用于短弧焊接的方法，此方法根据熔化脉冲与短路之间的时间来控制熔化脉冲，使此时间保持固定为所需的值。

本发明的又一目的在于提供改进了的焊条组成，特别是焊条填充料组成，它特别适用于与上述新颖的电弧焊接系统与方法相结合。

本发明的再一目的在于提供这样一种协同系统，此系统包括短弧工艺与熔剂心焊条，以将电弧稳定在最短可能的弧长。这样可使来自大气的污染最小化。合金系统与焊接工艺相结合可使电弧稳定到

这样短的弧长，而形成结实坚韧的焊接金属。本发明的一种实施例可以不用气体屏蔽而提供这样的焊接结果，它具有至少 80 ksi 的抗屈强度，从而提供了能满足焊接美国石油研究院 (API) 级 X-80 管道的或更高要求的焊接结果。此外，本发明一示例性实施例可以取得超过 550 MPa 抗屈强度和高于 690 MPa 的抗张强度以及在 -20°C 之下的单梁式 V 型切口 (CVN) 的韧度。

上述的和其他的目的与优点可从下面结合附图所作的描述中获得理解。

附图说明

本发明的优点、性质与各种附加的特点所以在考虑了通过附图示意地给出例释性的实施形式获得较全面的了解，在附图中：

图 1 是本发明一示例性实施例中所示短弧焊接系统的框图；

图 1A 是大致沿图 1 中 1A-1A 线截取的放大横剖图；

图 2 是一系列侧视图，示明短弧焊接过程的阶段 I-IV；

图 3 是组合的电流与电压波形曲线图，示明相对于图 2 所给的各个阶段实现图 4 中公开的本发明一实施例的波形；

图 4 是流程图的框图，示明实现本发明实施例的图 1 中系统的一种改型；

图 5 与 6 是用来实现本发明的两个另外实施例的图 1 中所示焊接系统一部分的流程框图；

图 7 与 8 是图 1 所示焊接系统的局部流程图框图，它将图 4 所示本发明的实施例分别与来自图 5 和 6 所示本发明的实施例的组合波形控制相结合；

图 9 是用于本发明的 DC 正电实现的电流波形；

图 10 是示意性正视图，示明用于管子焊接接头的根焊或定位焊的本发明；

图 11 是侧视图，带有示明代表性焊接系统与焊条应用的框图；

图 12 是大致沿图 11 中线 12-12 截取的放大横剖面示图，对焊条作了较细致的图示；

图 13 是放大的示意图，示明一有心焊条，此焊条的套与心是以不同的速率熔化；

图 14 是类似于图 13 的视图, 示明了不能将特定的波形用于有心焊条焊接的缺点;

图 15 是类似于图 13 与 14 的视图;

图 16 是示明本发明一实施例的有心焊条的局部侧视图, 同时示明了弧长, 此弧长通过使用本发明可最小化;

图 17 示明本发明一例子中的波平衡与 DC 补偿对焊接金属氮回收的影响;

图 18 示明依据本发明一示例性实施例进行的焊接例子中的接头设计。

具体实施方式

在电弧焊接工业中, 短弧焊接属通用的方法, 涉及到图 2 示意表示明的四个阶段 I、II、III 与 IV。用于进行短弧焊接的电源可以是电源基的变压器, 但是根据本发明一示例性实施例, 图 1 所示的系统 A 利用一基于电源 B 的高开关速度的倒相器, 电源 B 具有 AC 电源并行线路 10、14; 或是利用一导引到倒相器 14 的三相电源, 且由此倒相器 14 引出第一 DC 信号并行线 14a-14b。依据标准体系结构, 将升压或降压变换器 20 用于电源 B, 通过形成受控的第二 DC 信号并行输出线 22、24 校正输入功率因数。高开关速度倒相器 30 将第二 DC 信号并行线 22、24 变换为由多个电流脉冲并行输出引线 32、34 形成的波形。根据本发明一示例性实施例, 跨接在上述引线 32、34 上的波形为 DC 正电的或 AC 的; 于是倒相器 30 具有一(未图示)输出级规定跨接于引线 32、34 的上已成型波形的极性。上述引线分别连接焊条 E 与工件 WP。依据标准的短弧工艺, 焊条 E 是从供丝盘或供丝鼓 40 通过接触梢 42 供给的焊丝 W 的推进端。这样, 焊丝 W 便在给定的 WFS 下朝工件 WP 传动, 作为具有所需极性的受控波形形成于焊条 E 和工件 WP 的间隙中。在本发明一实施形式中, 此焊丝 W 是一种熔剂心焊丝, 示意于图 1A 中, 包括有一低碳钢外套 50 围绕的具有熔剂通常包括有合金粒子的内部熔剂心, 这种焊丝也称作自屏蔽焊丝或焊条。下面将较详细地讨论这种焊条的一实施例。

分路器 60 驱动反馈电流装置 62, 这样线路 64 上的电压便表示焊接过程中的瞬时弧光电流。在相同方式下, 装置 70 于输出线路 72

上生成一信号表示焊接过程的瞬时电压。倒相器 30 的控制器 C 是数字式装置例如 DSP 或微处理机，它所执行的功能概示于模拟体系结构中。作为控制器 C 的核心部件，波形发生器 100 根据存储装置 102 中存储的状态表处理特殊波形同时通过装置或电路 104 根据所需的焊接过程进行选择。在选定了所需的短弧焊接工艺后，将选择信号 104a 导引到存储装置 102，使此限定所需短弧焊接波形特性与参数的状态表装入波形发生器 100，如线路 102 所指明的。发生器 100 于输出线路 100a 上输出任何给定时刻的波形轮廓，具有线路 100b 上的逻辑指明的所需极性。由数字控制器 C 控制的图示电源 B 是电流控制反馈型的。其中于线路 64 上的电流表示电压通过误差放大器 110 与线路 100a 上的波形轮廓信号相结合，此放大器 110 在线路 110a 上具有输出信号，依据标准的波形控制工艺控制脉宽调制器 112。线路 112a 上的输出信号控制跨接于线路 32、34 上波形的形状，同时此特殊波形轮廓所取的极性则由线路 100b 上的逻辑设定。在此方式下，波形发生器 100 控制脉宽调制器 112 使线路 112a 上存在有控制倒相器 30 高频作业的脉冲。此倒相器的开关频率一般大于 18 khz 且最好大于约 40 khz。直到现在所描述的情形下，具有控制器 C 的电源 B 是依据 The Lincoln Electric Company of Cleveland, Ohio 首创的标准工艺工作的。控制器 C 为数字式的，但是是以模拟格式阐明。为了实施短弧焊接工艺，控制器 C 必须接收有关焊条 E 与工作 WP 之间短路状态的反馈信息。控制器 C 的这一特征示意地表示为短路探测器 120，后者于线路 122 上形成一逻辑，通知波形发生器 100 存在短路事件 SC。于是此发生器在存在短路时便被通知，并依据同于任何短弧焊接过程所完成的短路处理实现一波形。就迄今所描述的而论，控制器 C 是在标准工艺领域，例外的是通过线路 100b 上的逻辑，在倒相器 30 的输出下控制一极性开关。

为了实施本发明，控制器 C 设有电路 150 以在短路之前控制熔化脉冲。电路 150 是数字的，但以模拟结构示意地表明。有关的功能通过控制器 C 的数字处理机实现，控制熔化脉冲的能量。这种能量控制电路描述于先有的共同未决申请系列 No. 11/103,040 (由申请人于 2005 年 4 月 11 日提交)。此先有申请的内容综合于此供参考，但是不是作为先有技术而是作为相关工艺的。正如此先有申请中所

述, 脉冲的焊接波形的熔化脉冲的能量可以由电路 150 控制, 电路 150 包括放大器 152, 用以放大线路 64, 72 上的瞬时信号, 以在线路 154 上提供一表示焊接过程的瞬时瓦数的信号。此瓦数信号或线路 154 是通过 Parks 的 4, 866, 247 中所述的标准积分器 156 累计的。线路 154 上的瓦数信号的积分是由波形发生器 100 控制, 此发生器 100 生成脉冲起动命令, 如块 160 所示, 对应于线路 162 上逻辑指示的熔化脉冲的起动。当熔化脉冲为波形发生器 100 起动时, 此起动时刻为时间 t_1 。线路 164 上的输出信号通过积分器 156 起动线路 154 上瓦数信号的积分。此积分过程在接收到输入线路 172a 上的逻辑时, 由通过起动中止脉冲装置或电路 172 而于线路 170 上产生的逻辑所中止。线路 172a 上的逻辑切换装置 172 以改变输出线路 172a 与 172e 上的逻辑。线路 172c 上的逻辑通知波形发生器该熔化脉冲已停止改变输出线路 100a 上的波形轮廓。于此同时, 线路 172b 上的信号切换复位装置或电路 174, 以改变线路 170 上的逻辑来中止瞬时瓦数信号的积分。输出线路 156a 上的数字符号装入数字寄存器 180, 后者具有表示短弧焊接过程中给定的熔化脉冲的总能的输出 182。这一总能量信号与寄存器 190 中存储的所需能级比较, 于线路 192 上提供一数字符号或信号。比较器 194 比较线路 182 上的数字表示的给定脉冲的实际能量, 与线路 192 上的数字表示的所需能级。该实际能量与所需能量之间的关系控制线路 172a 上的逻辑。可当线路 182 上的信号等同于线路 192 上的信号, 比较器 194 便改变线路 172a 上的逻辑, 如装置或线路 172 所示中止脉冲。这样就中止了积分, 同时中止了波形发生器 100 正生成的熔化脉冲。电路 150 是用于完成本发明一示例性实施例, 它通过调节电路 200 改变线路 192 上的号码来改变熔化脉冲的基准能量或所需能量。当按照与线路 192 上的信号比较, 根据线路 182 上的字码信号确定的结果, 达到了所调节的能量或能量阈值时, 便中止脉冲。在本发明一实施例中, 利用所采用的电源与方法调节电路 200 通过改变熔化脉冲来改变用于进行短弧焊接过程的基准能量。

应用电源 B 与数字控制器 C 的短弧焊接系统 A, 通过调节电路 200 进行工作来实现图 3 中所示的波形。AC 电流波形 200 具有图 2 中阶段 1 所表示的负熔化脉冲 212, 此熔化脉冲于焊条 E 的端部上产生熔

融金属 220。脉冲 212 中的电流电平低于喷射电弧所需的电流，从而存在短路所致的转移。于时间 t_1 起动 J 测量，后面将对此说明。此脉冲于时间 t_1 具有起动位置而于时间 t_2 具有止动位置。在此熔化脉冲之后，按照标准的操作存在有正的低电流静态转移段 214，如图 2 所阶段 2 所表示的。在此阶段，推进的焊条 E 端部上的熔融金属由于等待时间 t_3 发生的短路的表面张力作用而形成球形件，如阶段 III 所示。结果，在 t_2 与 t_3 之间的时间便是熔化脉冲结束与短路事件间的时间，这一时间由线路 122 上的逻辑指出，如图 1 所示。在阶段 2 之后，以颈状 222 所示的电流收缩作用使熔融金属 220 与熔池 224 分离。阶段 IV 中所示的这种电收缩作用按照标准的实际经验为负的短路脉冲 216 加速，脉冲 216 具有带陡坡的第一电流段 216a 继以带较徐缓的坡的第二电流段。最后，分离出缩短的金属而线路 122 上的 SC 逻辑变换，起动由过渡段 218 表明的在时间 t_1 的下一个电流脉冲。波形 210 为 AC 波形，具有负熔化脉冲 212、低电流的静态段 214 以及于时间 t_1 变换到下一负脉冲 212 的清除脉冲 216。相应的电压的波形 230 具有负段 232、低电平的正段 234，后者在短路 236 处大坡度倾斜继以负电压段 238，此负电压段 238 于段 240 处变换到下一个熔化脉冲电压 232。总的周期时间是从 t_1 到下一个 t_1 ，而正的变换段 214 具有的时间小于总的周期时间的 20%。这防止残端。

本发明包括由控制器 C 的波形发生器 100 来控制波形 210 所用的电源与方法，使得能通过电路 200 让熔化脉冲 212 结束时的时间 t_2 与实际短路事件的时间 t_3 之间的时间为常数。在一示例性的实施例中，这种时延调节是由图 4 所示的电路 250 完成。在此电路中，熔化脉冲结束的时间 t_2 与短路的时间 t_3 之间的时间设定到 0.5 ~ 2.0 ms 之间的所需水平。在一实施例中，设定的所需时延为 1.0 ms，这是线路 254 上信号的延时水平。这样，线路 254 上的数号乃是所需要的时间 t_2 至 t_3 。 t_2 与 t_3 间的实际时间是由于时间 t_2 起动而于时间 t_3 停止的计算器 260 测定。此定时器经重调用于下一次测量，指示出一适当时间例如 t_5 ，它可以调节到位于 t_3 后的任一位置。而这一位置示明为在图 3 中熔化脉冲发生的期间内。线路 262 上的数号是 t_2 与 t_3 间的实际时间。此实际时间存储于寄存器 270 内且重调到任何适当的时间例如 t_2 。这样，线路 272 上的数字数据便是

t_2 与 t_3 间实际测量的时间。将此时间与线路 254 上的所需时间比较。可以用任何误差放大器就实际时间相对于设定时间的关系进行数字处理。这种处理过程示意地表明为求和点 280 和具有用于调节电路 200 的输出 284 的数字滤波器 282。所需时间与实际时间的差是线路 284 上的误差信号，它会增大或减少电路 200 的所需总能量。这一所需的总能量由更新电路 290 于由 t_2 表明的合适时间 t_2 作周期性的更新。这样，在任何时间，图 1 中线路 192 上的信号便是短弧焊接过程中脉冲 212 的所需总能量。这一总能量通过时间 t_2 与时间 t_3 间的任何差值调节，以使脉冲 212 的能量对于即将到来的短路保持一恒定的或所需的时延。这样的时间控制稳定了系统 A 的焊接过程。

图 4 中，电源的一个示例性实施例是通过改变熔化脉冲的能量域值来改变此脉冲与短路事件间的时间来实现。上述时间也可以由图 5 与 6 中示意表明的通过熔化脉冲的电压或功率来改变。在以上两种实施例中，熔化脉冲的时间 t_1 至 t_2 如块 300 所表明的保持固定。在此恒定时间熔化脉冲工作时，改变电压或电源来控制脉冲与短路事件间的时间。在图 5 中，输出线路 284 上的来自滤波器 282 的数字，控制反馈环路 310 以调节熔化脉冲的电压，如线路 312 上的数字数据所示。为了调节电源来控制短路事件的延时，用输出线路 284 上的数字来调节反馈环路 320，将它通过波形发生器 100 与线路 154 上的瞬时功率比较。此功率的改变是线路 322 上的数字值，此线路 154 上的数字比较，用来控制熔化脉冲的功率。这样，在本发明的实施例中，对波形的总能量、波形的电压或波形的功率进行调节以在 t_2 与 t_3 之间保持恒定的时间，于图 1 所示系统 A 中稳定电弧和控制短路事件。

依据此电源的另一实施例。熔化脉冲 212 的能量调节则是与图 5 和 6 中所示本发明的两种实施例相结合。这种结合式的控制示明于图 7 与 8 中，其中前述的求和点 280 与数字滤波器 282 以结合于模拟误差放大器 330 中的形式示明。这种元件或程序具有输出 332，它配备有用来当已达到阈值能量时来中止熔化脉冲的逻辑，如线路 182 上的逻辑所表明。于是，此脉冲的总能量便与图 7 中的脉冲电压控制电路 310 和图 8 所示的脉冲功率控制 320 一起受到控制。输出 312

结合输出 172c, 控制发生器 100 的线路 100a 上的波形轮廓。在相同的方式下, 由线路 172c 上的逻辑与功率脉冲控制电路 320 的输出线路 322 上的数字信息结合来控制能级。可以用其他参数的结合方式来控制熔化脉冲 212, 以确保精确地控制熔化脉冲与短路事件间的时间。这种其他参数是在熟悉通过闭合的反馈环路来控制波形发生器的技术人员知识之内。

在本发明的一示例性实施例中, 上述工艺过程为 AC 过程, 如图 4 所示, 但可以采用 DC 正波形 400, 如图 9 所示。熔化脉冲 402 在此脉冲于时间 t_2 中止前具有很高的正电流。这种电流在 DC 正电模式下限制于喷射电弧所需的水平之下, 使得金属在不发生短路时不会分离。这一基本原理确定了短弧焊接工艺。于是此波形变换到低能级的正电流段 404, 于时间 t_3 等待断路。这种低能级的正电流用于本发明的示例性实施例中并于时间 t_3 结束。然后由波形发生器生成短清洗脉冲 410。脉冲 410 具有高的斜坡区 412 与阶梯区 414 以使电流返回到高电流级 402a。可以用本发明的各个已示实施例来实现正电流波形 400, 但是用于控制线路 32、34 上输出波形极性的线路 100b 上的逻辑并非必须的。

上述电源的一个示例性实施例是在管子焊接作业中采用熔剂心焊条时的, 如图 1A 所示意表明。此种管子焊接作业示意地给出于图 10 中, 其中的管段 420、422 确定出一敞露的根部 424。如图 4 所示, 本发明在焊丝 W 通过接触梢 42 到管子接头的敞露根部 424 的过程中, 控制焊丝 W 上的波形。图 10 所示的特殊实施例是把本发明用于焊接管子接头的根部焊道, 将管段点焊到一起, 使用以后用标准焊接技术结合。

在某些实施例中, 本发明的电源和/或焊接作业给出了下述各方面中的一或多个。由于金属转移的主要模式是短路焊接模式, 因而电流密度一般小于喷焊所需要的。正如在多数短路电弧焊过程中, 根据丝径确定压缩电流, 例如对于 5/64 英寸的熔剂心焊丝, 可以采用 625 安的电流。一般, 正电流常会确定弧长。若是允许正电流达到负电流弧长的相同长度, 即使是 1/2 毫秒, 正电流弧就将达到不希望有的长度。一般地说, 正侧的控制电流是在约 50~约 125 安的范围, 而在某个实施例中约为 75 安。此波形的负电部分既可以是恒

定的功率也可以是具有斜率从约 5%~15%电流的电压。通常，焊接可以在约 60 赫、10%正电流下进行。由于正电流设定在较低的水平，波形为正的这部分通常小于 20%。

图 11 与 12 示意地表明了一种波形工艺焊机 and/或焊接系统 510 以及一有心焊条 530。此焊接系统包括一焊机 510，后者具有一焊炬 520 用来将焊条 530 引向工件 W。焊接系统 510 包括通过整流器 550、560 整流的三相输入电源 L1、L2 与 L3，还包括一电源 540。电源 540 提供一输出，特别是一种 AC 波形如美国申请系列 No. 11/263,064 (2005 年 10 月 31 日提交，其内容已综合于前面供参考) 所描述的，电弧 AC 形成于焊条 530 的端部与工作 W 之间。此焊条为有心焊条，具有套 600 和内部的填料心 610。心 610 包括熔剂组分例如以粒料 610a 表示。这些组分 610a 的目的在于 (a) 用溶渣盖柱熔融金属，保护熔融焊接金属不为大气污染、(b) 用化学方法与各种大气污染物相结合，以使它们有害于焊接质量的影响降至最小和/或 (c) 产生电弧屏蔽气体。根据标准的操作方法，芯 610 还包括合金化成分，称之为粒料 610b，以及其他杂项的粒料 610c，它们组合成心 610 的填料。在先有的应用中，为了优化焊接作业，必须采用实心焊丝以及外部的屏蔽气体。但是为了形成具有特殊机械与冶金性质的焊缝则需要特殊的合金，而这是难以由实心焊丝形式获得的。此外，气体屏蔽也常非易选用的方法，这是由于要利用气体或是由于多风条件、对清洁气体混合物的可利用性以及不利的地理条件而难以实现适当的屏蔽。因此，最好是如本发明中那样，利用自屏蔽的有心焊条而不让环境影响焊接。

在应用有心焊条而不对焊接波形轮廓进行控制所造成的一般性问题示明于图 13 中。这种焊接方法会将套 600 熔化而使一部分熔融金属向上熔化到焊条的周围，如熔化的上端 640 所示。这样，焊条的外套将比心部熔化得更快。这样就导致熔融金属材料存在于焊条 530 的输出端而无保护气体，或是由于心子 610 的内部组分熔化而造成化学反应。这样，电弧 AC 是在无保护气氛中熔化焊条 610 的金属。当套与心是以相同的速率熔化时，就能为熔融金属形成必须的屏蔽，使熔融金属比心部熔化得更快的问题在图 14 中作了进一步说明。来自套 600 的熔融金属 650 在心部有机会熔化前业已与工件 W

结合。这样，心子 610 就不能为焊接过程提供必要的屏蔽。图 13 与 14 说明了为什么采用有心焊条的 AC 焊接未曾用于海底管道焊接和其他管道焊接的原因。但是在采用有心焊条时可以采用 AC 波形来控制热输入。

通过对于焊接过程中所用 AC 波形控制其精确的轮廓，可以使套 600 与心子 610 以近似相同的速率熔化。不能适当地协调套的熔化与心子的熔化是为什么要如图 15 所示可能要利用屏蔽气体的原因之一。控制 AC 波形的优点便在于可以不用外部屏蔽气体。

虽然控制 AC 波形如前所述能带来显著的利益，但为了提供 AC 稳定性与合适的熔化温度与熔化速率，对 AC 波形作实际控制是相当复杂的。此外，即便应用了理想的 AC 波形，仍有可能使焊接受到污染。通过应用理想的 AC 波形，即便采用了屏蔽气体也仍有可能造成焊接处的污染。因此，在本发明的一个最佳方面提供了某些焊条组成，它们在结合 AC 波形使用时，能够形成结实、坚韧与耐用的焊接结果，不会有显著的污染问题，且不需在 AC 波形所需之外的其他方面的控制。

在由有心焊条用本发明的方法或电源进行焊接时，要求套与心以相同速率熔化。这种作业有助于某种心料与外套均匀混合。使此熔融料的混合物从化学上能抵抗大气污染的影响。要求用来产生所需焊接金属的机械与冶金特性的合金化元素均匀地分配于焊接金属中。此外，从溶渣和/或气体形成组分获得的保护性优点可以最佳化。如前所述，这种情形已阐明于图 15 中。作为对比，图 14 示明了套比心熔化得快的情形。在这种有害的情形中，在心子有机会熔化之前，套 500 的熔融金属业已与工件 W 结合。金属 650 未能得到保护不受大气污染的影响，除非是未熔的心料组分已实际得到熔化。此外，需要用来取得所希望的机械与冶金特性的合金化元素有可能不出现于熔融金属 650 中。

如前所述，采用波形工艺的这种电焊机可以采用有心焊条例如如图 16 所示的焊条 700 来进行 AC 焊接。这种焊条包括外钢套 710 环绕由合金化金属与溶渣或熔剂料等粒料形成的心子 720。由于具有了内部熔剂或溶渣料，在焊接作业中就不需要外部的屏蔽气体。通过使心子 720 中包括合金化材料，焊接金属 740 在工件 730 上的熔融部分

就能改性而具有恰当的合金组分。这就是采用有心焊条而不用实心焊丝的优点与理由所在，因为在实心焊丝中合金化必须通过焊丝的实际组分来完成。当采用实心的焊丝时，对焊接金属进行合金化的调节是颇为困难的。于是，在高质量的焊接中最好是采用有心的即自屏蔽的焊条。电弧 AR 熔化套 710 与熔化心子 720 中的组分或填料的速率可以控制成基本相同。焊接金属 740 中的污染物如氢、氮与氧可以在焊接金属中造成多孔性问题、裂纹以及其他类型的物理缺陷。这样，迫切需要设计出能从熔融焊接金属中排除污染物的焊接工艺。通常采用的“清除”剂一般是硅、铝、钛和/或锆，它们将以化合形式与可能的污染物结合，防止它们在焊接金属中形成孔隙或有害的夹杂物。还可以添加“清除剂”与含氢的物质反应，从焊接点中除去氢。为了一致地淀积坚固的焊接金属 740，常需添加大量的这类清除剂，以致于清除剂本身有害于焊接金属的性质如延展性和低温韧性。因此，最好是使熔融金属少暴露于电弧 AR 下，以防金属的污染物从电极 700 通到工件而能将这种清除剂减到最少。

本发明的焊条组成在用于 AC 焊接中的能形成理想的焊接：耐久、韧性且不易有与使用常规焊条组成相关联的其他问题。本发明的焊条组成可以结合 AC 波形使用，这里的 AC 波形的正、负形状进行了修正，减小了整体弧长 LA。在这种方式下，减少了金属熔融时与大气接触和所需时间。本发明的焊条组成设计用于的 AC 波形和相关的焊接过程，已详述于美国申请系列 No. 11/263064（2005 年 10 月 31 日提交，其内容已综合于以前的说明中供参考）。事实上，通过减短弧长也就可以降低熔融金属从焊条 700 到焊接金属熔融部分 740 过程的温度。通常，当采用能够以不同的负段与正段的形状来进行 AC 焊接过程的焊机时，由有心焊条进行的 AC 焊接可以有效地用于这一领域。这种交变波形的正部与负部的参数可以独立地调节，以对选择的焊条 700 的套 710 与心 720 二者的熔化进行补偿与优化。

具体地说，本发明一实施例涉及焊条与 AC 焊的组合，其中波形的正部与负部独立地调节来实现降低弧长与污染的目的。采用这种对策，本发明的焊条组成，特别是由于它的自屏蔽性，有着显著的优点。这种焊条使用时不需屏蔽气体，同时取决于特殊的应用可以依靠心子中的去氧剂与去氮剂进一步保护免受大气污染。

于是，本发明一实施例利用 FCAW-S 焊条心子中专门设定的合金化与熔剂组分而提供了焊接方法的一个协同系统。如已指出的，有心焊条是连续输送的管状金属套带粉状熔剂和/或合金化组分的心子。这些组分中可以包括助熔元素、去氧与去氮剂、合金化材料以及能增强韧性与强度、改进抗侵蚀性和稳定电弧的元素。示例性的心料可以包括铝、钙、碳、铬、铁、锰以及其他元素与材料。虽然熔剂心焊条使用的较广，但在焊接合金钢时则用金属心的产品来调节填料金属组成。金属心焊条中的粉末一般是金属与合金粉末而不是化学物质，只在焊接面上产生小的熔渣组织。与此相反，熔剂心焊条在焊接中则产生广泛的熔渣盖，支承并形成焊道。

本发明的合金/熔剂系统包括特定数量的钡源、特定数量的锂源、氧化锂、氧化铁以及任选数量的氧化钙、氧化硅与氧化锰。钡的一或多种氟化物、氧化物和/或碳酸盐可以用作钡源。同时，锂的一或多种氟化物和/或碳酸盐可以用作锂源。这种合金/熔剂系统包括于焊条填料中。焊条填料一般构成焊条的约 18~约 24%。此合金/熔剂系统的示例性实施例包括：

- 约 35~约 55%的氟化钡作为钡源，
- 约 2~约 12%的氟化锂作为锂源，
- 约 0~约 8%的碳酸钡作为第二钡源，
- 约 0~约 8%的碳酸锂作为第二锂源，
- 约 0~约 15%的氧化锂，
- 约 0~约 15%的氧化钡，
- 约 5~约 20%的氧化铁，
- 约 0~约 5%的氧化钙，
- 约 0~约 5%的氧化硅，
- 约 0~约 5%的氧化锰，以及

高达约 25%的铝、镁、钛、锆或它们的组合用于去氧与去氮，而其余供选择的金属包括铁、镍、锰、硅或其组合。除非另有说明，以各有分数均为重量百分数。在一实施例中，焊条填料包括约 35~约 55%氟化钡、约 2~约 12%氟化锂、约 0~约 15%氧化锂、约 0~约 15%氟化钡、约 0~约 15%氧化钡、约 5~约 20%氧化铁以及高达约 25%的如前所述的去氧与去氮剂。在另一些实施例中，前述的焊条填

料还可包括约 0~约 8%的碳酸钡。在又另一实施例中，此填料另可包括约 0~约 8%的碳酸锂。在又一实施例中，此填料可包括约 0~约 5%的氧化钙。在再一实施例中，此焊条填料可包括约 0~约 5%的氧化硅。在再另一实施例中，此焊条填料组成可以包括约 0~约 5%的氧化锰。其他一些实施例包括使用一或多种上述化学物质即碳酸钡、碳酸锂、氧化钙、氧化硅、氧化锰以及它们的组合。

本发明的方法的示例性实施例包括在焊条与基体间加第一负压，致使靠近基体的焊条至少部分熔化。此方法也包括在焊条与基体间加正压，促进从焊条流形成可流动的物料。此方法还包括监控焊条与基体通过可流动物质发生短路。在方法还包括在探测到短路时于焊条与基体间加第二负压。此外，上述方法还包括加大第二负压，由此中止短路而由于可流动物料于基体上形成焊接接头。熔剂心焊条中的焊条填料包括约 35~约 55%氟化钡、约 2~约 12%氟化锂、约 0~约 15%氧化锂、约 0~约 15%氧化钡、约 5~约 20%氧化铁以及选自铝、镁、钛、锆与其组合物中的高达约 25%的去氧与去氮剂。在另一些实施例中，焊条填料中可以包括另一些试剂，例如约 0~约 8%的碳酸钡，焊条填料的另一实施例包括约 0~约 8%的碳酸锂。再一实施例则包括约 0~约 5%的氧化钙。又另一实施例可包括约 0~约 5%的氧化锰。而在又再一实施例中，此焊条填料中可以添加或以其他方式包括一或多种这类试剂。例如上述焊条填料除前述比例的氟化钡、氟化锂、氧化锂、氧化钡、氧化铁外，还包括一或多种特定的去氧与去氮剂，约 0~约 8%的碳酸钡、约 0~约 8%的碳酸锂、约 0~约 5%的氧化钙、约 0~约 5%的氧化硅以及约 0~约 5%的氧化锰。

这种熔剂/合金系统是从传统的用于 FCAW-S 焊条改进的结果，能实现短的弧长与在低的热输入下的焊接，而这是由于在此过程中用到了特致的波形所致。短的电弧长度与稳定的电弧乃是这种合金与熔剂系统以及该波形的优异特性相结合的结果。事实上，正是那种消耗性焊条与前述工艺相协调的优化结果实现了最终焊接产品的要求。

在某些实施例中，本发明提供了形成具有优异特性焊接金属的方法。一般地说，这些方法涉及提供具有上述组成的心料的焊丝或焊条。在一实施例中，这种焊丝或焊条是在无屏蔽气体下使用，或更

正确地该是在不用形成这种气体的试剂下使用。这些方法还包括下述操作方式：将焊丝或焊条移动向目的区域例如两段管子间形成的接头。在另一实施例中，上述这种移动是在受控的推进速度下进行。本发明还包括由焊丝与管段间的电弧形成焊接电流来熔化焊丝或焊条，而由此于接头处形成熔融金属焊珠。本方法还包括通过一系列短路事件使熔化的焊丝变换为熔融金属焊珠。本方法特别适用于焊接由具有抗屈强度至少约 70 ksi 和厚度小于约 0.75 英寸的金属管段间的接头。在又一实施例中，本发明不需用气体屏蔽而能进行具有至少 80 ksi 抗屈强度的焊接，从而使焊接结果能满足至少是美国石油研究院 (API) 级 X-80 管道的焊接要求。此外，本发明一示例性实施例可以取得高于 550 MPa 抗屈强度和大于 660 MPa 抗张强度以及 -20°C 下超过 60 J 的单梁 V 型切口 (CVN) 韧度。

然而应知本发明可以用厚度大于或小于 0.75 英寸的管道。在一实施例中，一般形成的焊珠的抗张强度大于 70 ksi 而在某些应用中大于约 90 ksi。在一些特殊方面，此熔化电流可以是负的。若此熔化电流为负的，则可由正电流进行金属转移作业。但是，这种金属转移可以由与熔化电流无关的正电流进行。在实施上述方法时，在一实施例中，平均弧长小于 0.30 英寸，在另一实施例中小于 0.20 英寸，而在又一实施例中小于 0.10 英寸。在上述方法一实施例中，短路事件的发生率一般为约 40 ~ 约 100 周/秒。

上述原理，即将电源与控制技术同这里所述的焊条组成相结合的原理，可以用来产生在 -20°C 为 60 J 的最小的单梁 V 形切口韧度。类似地，这种方法也可用来产生在 -40°C 有 40 J 的最小单梁 V 形切口韧度。同时这种方法也可用来产生抗张强度超过 90 ksi 的焊接金属。这样，使用厚度小于约 0.75 英寸的薄管可以因此而降低费用。在此不需屏蔽气体，从而可以清除或大大减少现场气体所需成本。

本申请可以有广泛的应用。这里描述的系统、工艺和/或组成，特别适于用自屏蔽熔剂心焊丝来焊接至少是 X80 的管 (牌号 X80 是依据 API 5L: 2000 工业规格)。但本发明可以与其他管道级结合使用。本发明也可用于在管子上进行“根焊”或定位焊作业。本发明与当前周知的将隐式短弧用于初始焊道的情形相比，可以以较小的电弧功率来熔化大量焊丝。本发明的另一种应用则是用机械手来高

速焊接薄的金属件。

例子

以下的讨论针对本发明的一个例子。本发明并不受限于下述的实施例与结果。下面的讨论只是用来阐明可由本发明一示范性实施例获得的结果。

用本发明一实施例进行了一系列焊接试验，其中将自屏蔽的熔剂心焊条用于短弧焊接过程。在某些试验中，用到了 0.062 英寸直径的 Lincoln Innershield NR-233。这种焊接是以恒定的焊丝供给速度与行进速度进行的。焊接接头是板焊接处上的焊道，有三道并排的焊蚕，而在此第一个三道焊蚕的顶部上则有并排的两道焊蚕的第二层。上述板面在焊接前经喷砂处理除去锈片与脏物。此第二层中的金属层时氮含量进行了分析。由于并未有意识地将氮加入所用的焊条中，在进行下述分析时，假定了焊接金属中的氮是来自环境大气中。

此外，将焊接电源构造成能产生具有变化波形的交变电流，而 AC 波形的下述特征是可变的：

“波形平衡” — 波形平衡是当焊条极性为正时，AC 周期时间的百分率；

“DC 偏移” — DC 偏移是波形的正与负部分的幅度不相等程度的测度。

-20 的 DC 偏移表明波形正部的幅度为 19.4 V 而负部为 23 V。
+20 则表明相反情形，即 -23 V 的正部和 19.4 的负部。

图 17 示明波形平衡与 DC 偏移在一由此申请专利权的发明中进行焊接的例子中对焊接金属氮回收的影响。如图 17 所示，大的数据点是在 0% 波平衡、0.029% 氮回收率处，这是用直流电进行焊接的结果。在 10% 波平衡、+20 DC 偏移下进行了两次焊接，同时，在 50% 波平衡、-20 DC 偏移下也进行了两次，它们比 DC 焊接的氮回收率都显著地低。此外，在这些试验中还可以看到，在波平衡与 DC 偏移的其他结合形式下，氮的回收率高于用 DC 时的。

在另一些实施例中还可以通过控制波形来控制焊接金属中氧与氮的程度。减少了总体的污染程度也就减少了需要清除、净化、或

几何结构改进或溶解率限制试剂。

下列各表提供了依据本发明一实施形式进行的焊接例子的焊接数据与技术规格。在此例子中,将 Pipelinear 焊条(购自 The Lincoln Electric Company, Cleveland Ohio)按下述表 1 中列出的步骤用于 5G 位置。此外,图 18 示明了对应于以下各表所示数据的焊接接头设计结构。此金属焊接件 181 为 API 级 X-80,具有 17 mm 的厚度,焊接结构示明于图 18 中。此外,如图 18 所示,焊道经图示为焊道 #1 至焊道#9。表 2 示明依据表 1 进行焊接的机械试验结果。最后的表 3 示明了表 1 所示例子中焊接淀积的化学物质。

表 1-焊接步骤:

焊道 1 (Root)	0.045" Pipeliner® 70S-G (ER70S-G)	
半自动 向下立焊 100% CO ₂	155A, 17.5 V DC+ WFS 4.1 m/min (160 in/min) STT II: 400A Peak, 60A Back, 0 Tail	
焊道 2-9 (Hot-Cap)	2.0 mm Pipeliner® M2M80 (FCAW-S)	
半自动 向下立焊	200A, 21V WFS 2.3 to 2.5 m/min (90 to 100 in/min)	
位置	5G 水平固定	
热输入 (平均)	1.4 kJ/mm	35 kJ/in
预热/层间	65.56/121.1 °C	150/250 °F
管子	API 5L X80	DSAW (Napa)
R _{0.2} (YS _{0.2%})	608 MPa	88.1 ksi
直径 × 壁厚	915 × 17 mm	36 × 0.667 in

表 2: 机械试验结果 (焊接金属-焊态):

抗张 (ASTM E8) 所有焊接金属 6.35 mm (0.25 in) 直径			
R _{p0.2} (YS _{0.2%})	平均	656 MPa	95 ksi
	Min-max	649-662 MPa	94-96 ksi
R _m (UTS) 均	平	725 MPa	105 ksi
	Min-max	718-731 MPa	104-106 ksi
A ₅ (Elong.)	平均	25%	25%
	Min-max	25-26%	25-26%
单梁 V 形切口 (ASTM E23) 中等壁厚, 10mm × 10mm			
-20°C (-4°F) 均	平	97 J	75 ft-lb
	Min-max	83-117 J	64-91 ft-lb
-29°C (-20°F) 均	平	59 J	46 ft-lb
	Min-max	35-77 J	27-60 ft-lb
-40°C (-40°F) 均	平	41 J	32 ft-lb
	Min-max	34-46 J	26-36 ft-lb

表 3: 焊接沉积物化学成分 (SPJ) :

化学成分 (ASTM E350)	
元素	%
C	0.026
Mn	3.43
Si	0.10
P	0.010
S	0.009
Ni	0.77
Cr	0.03
Mo	0.01
B	0.0022
Ti	0.010
V	0.02
Nb	0.016
Al	1.06

上述例子只是对本发明实施例的示范,而不是打算用任何方式来限制本发明。

在本发明一实施例中,这种短弧焊接装置是利用焊枪将焊条连续推向待焊工件的焊接装置。这与 MIG 焊接工艺类似。但如以上所述,这种工艺是利用自屏蔽熔剂心焊条的无气工艺。此外,这种采用短弧焊接系统与所公开的焊条的焊接方法是类似于 MIG 焊接的方法,即这里的焊条也是通过焊枪连续推进的。

除以上所述之外,在本发明另一些实施例中,这种焊接装置可以是发动机驱动的设备或是燃料电池或是基于蓄电池驱动的装置。此外本发明也可用于自动的或机械手的焊机。

本发明业已用某些实施例与用途作了说明,这些实施例与用途在不脱离本发明如后附权利要求书所规定的范围时是可以组合与互换的。这些按照所附权利要求书规定的系统、方法、焊条以及它们的

组合形式，看来是部分地描述了这一协合式发明的新颖特点，故包括于此供参考。

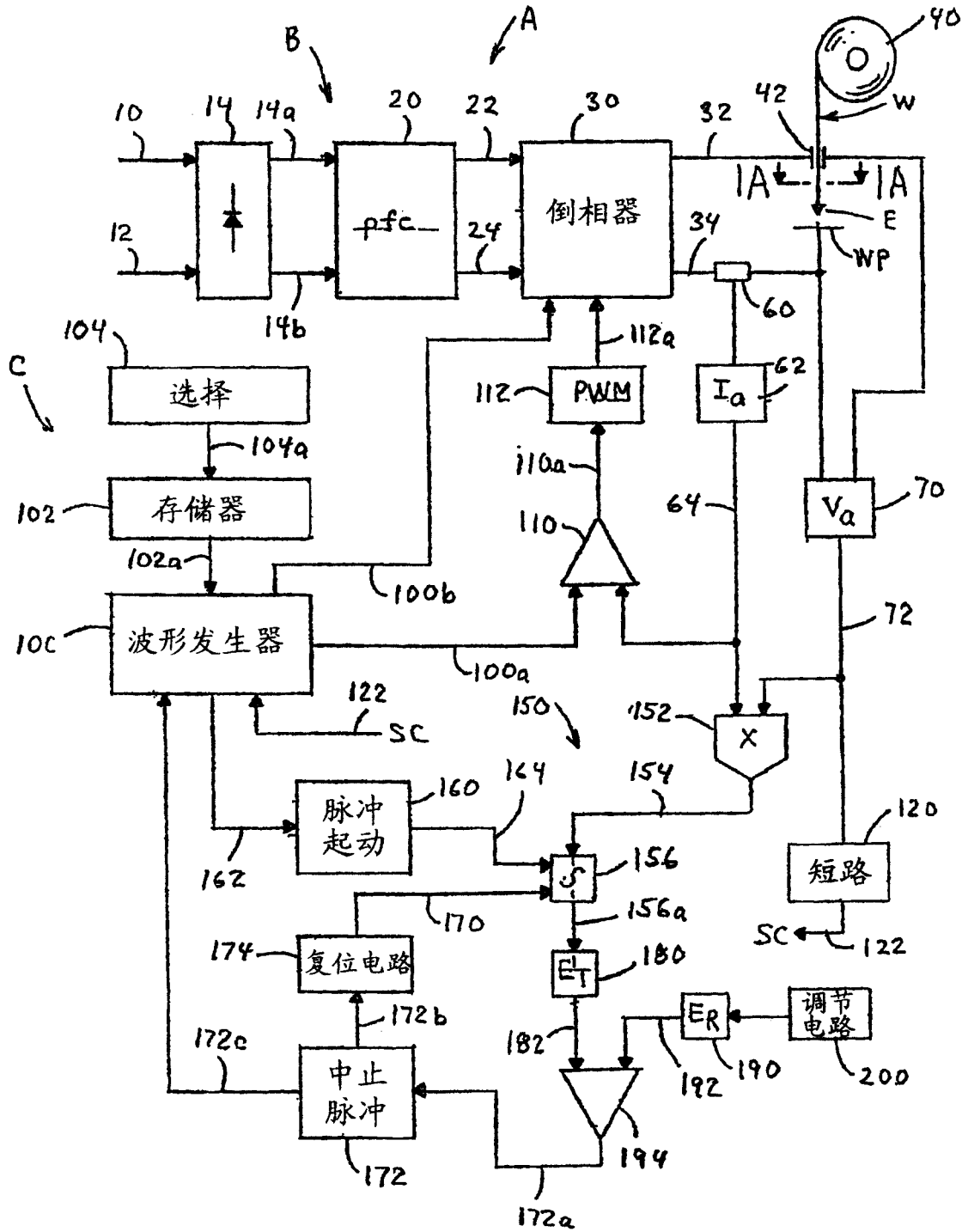


图 1

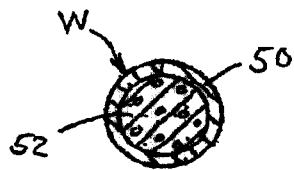


图 1A

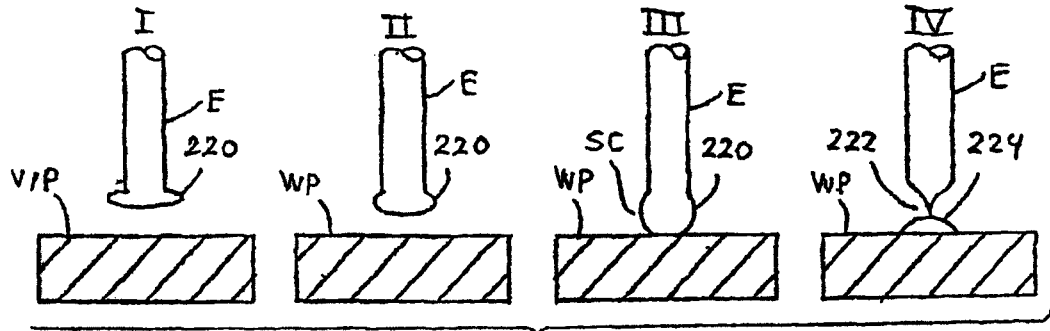


图 2

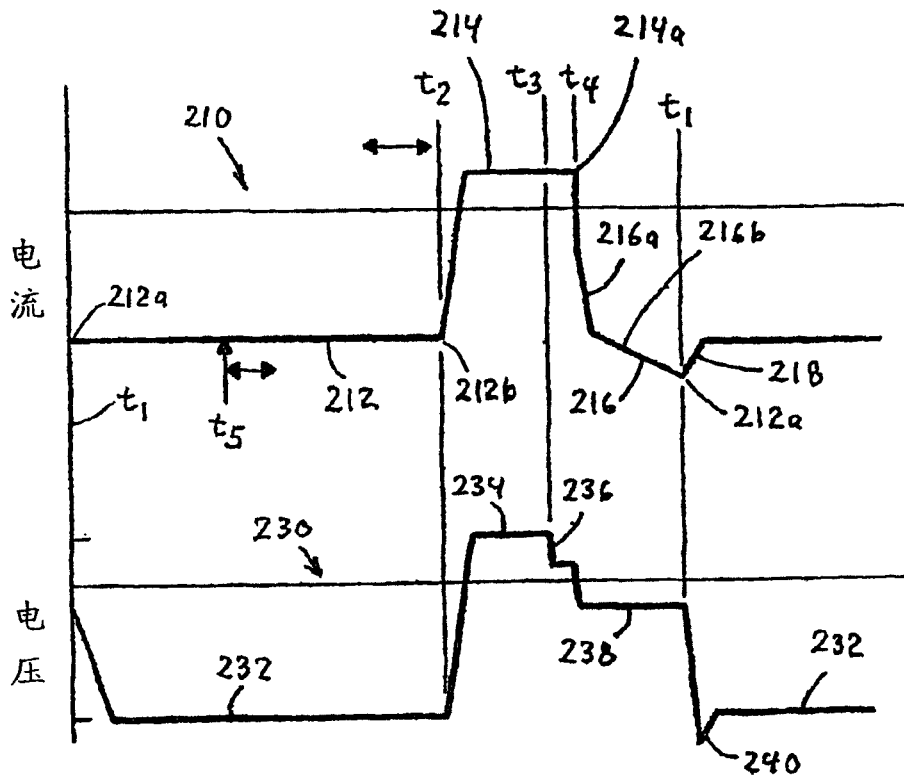


图 3

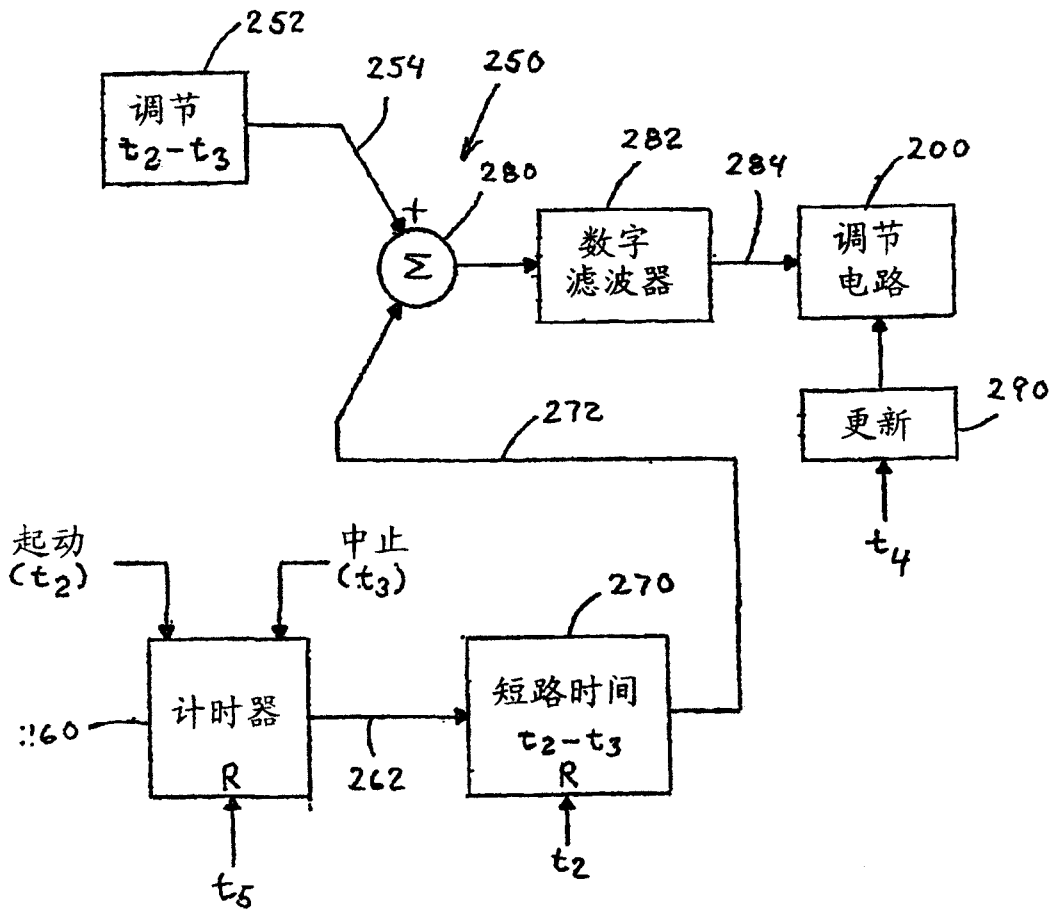


图 4

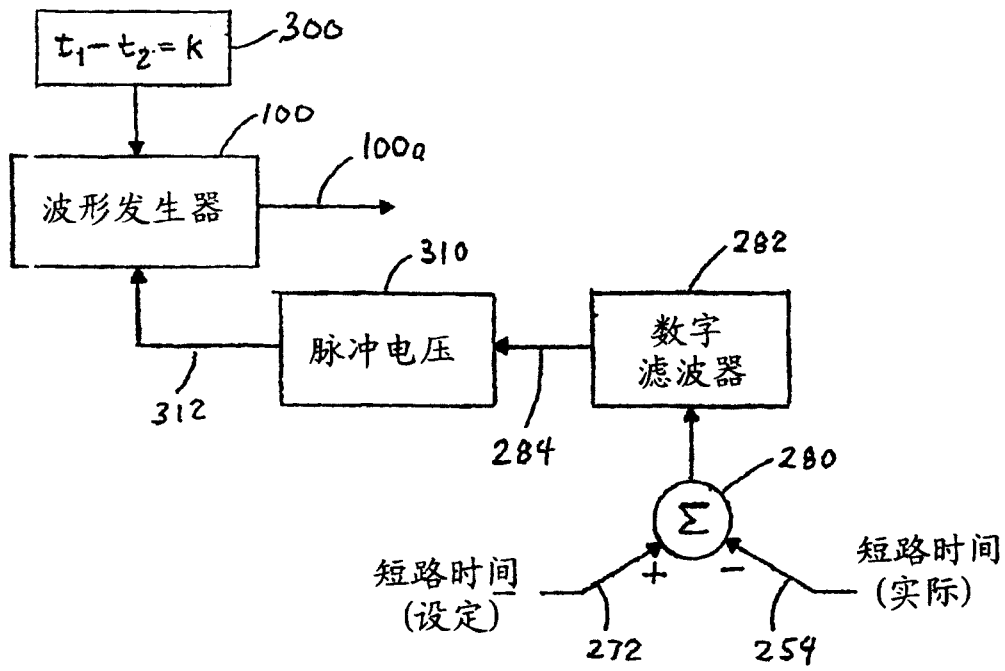


图 5

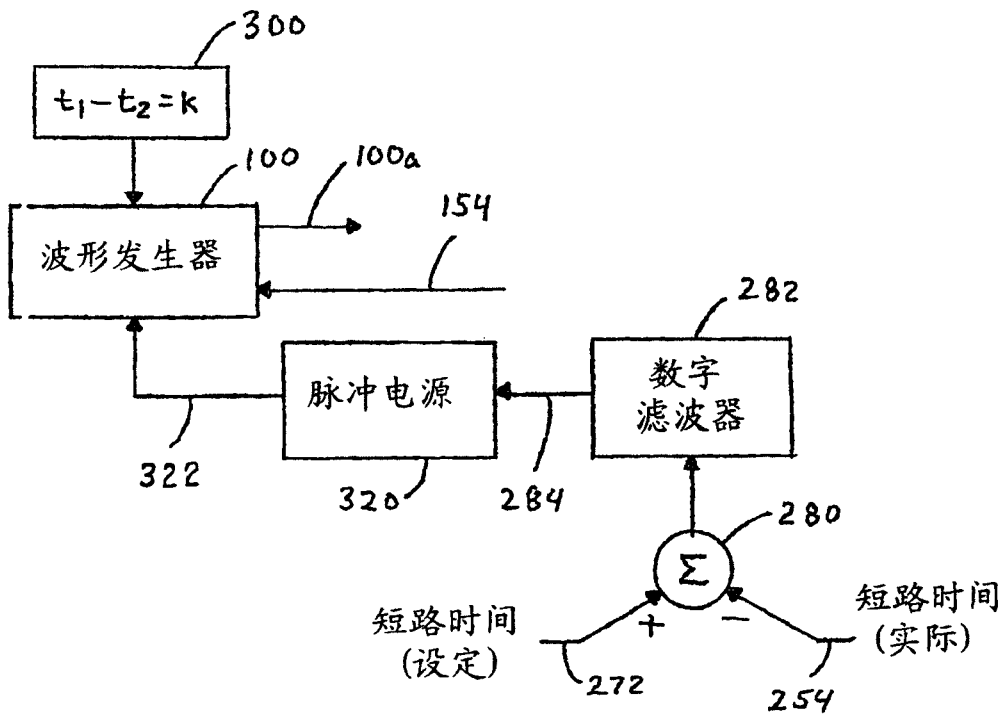


图 6

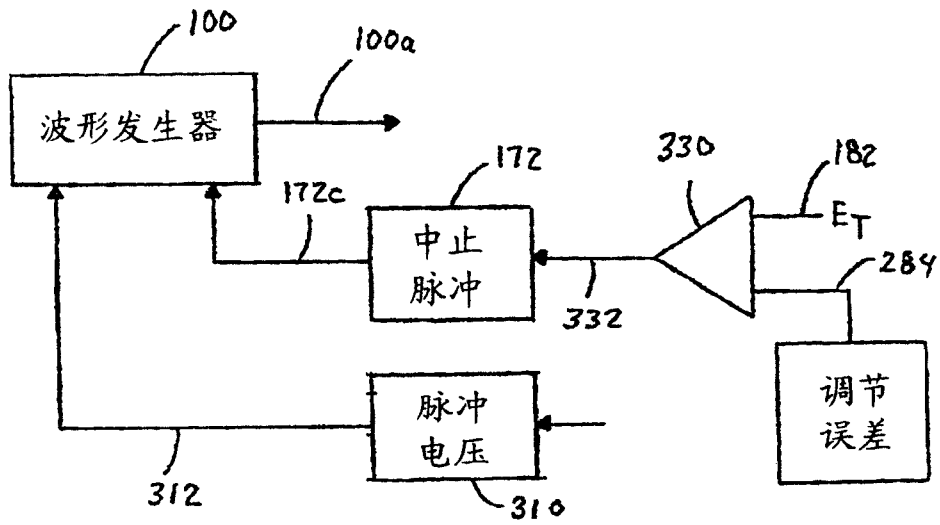


图 7

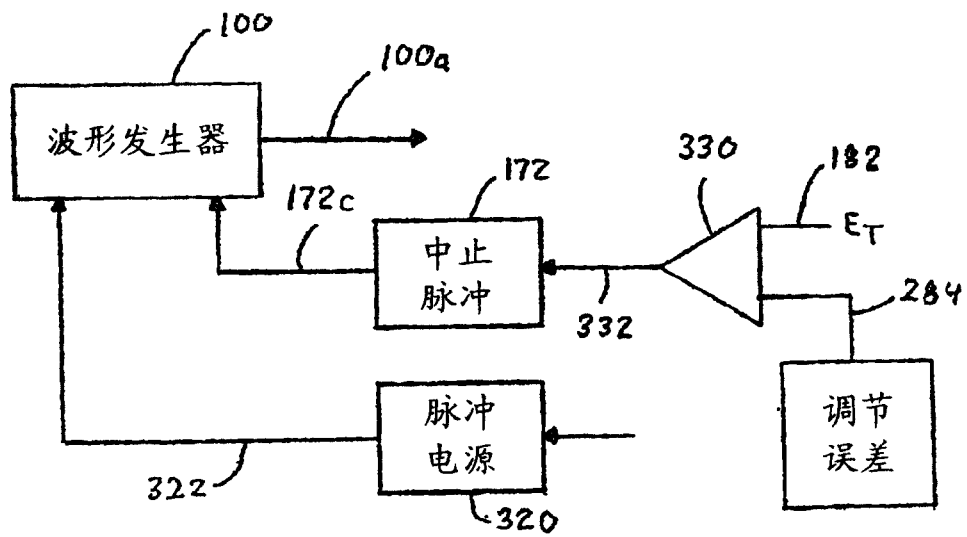


图 8

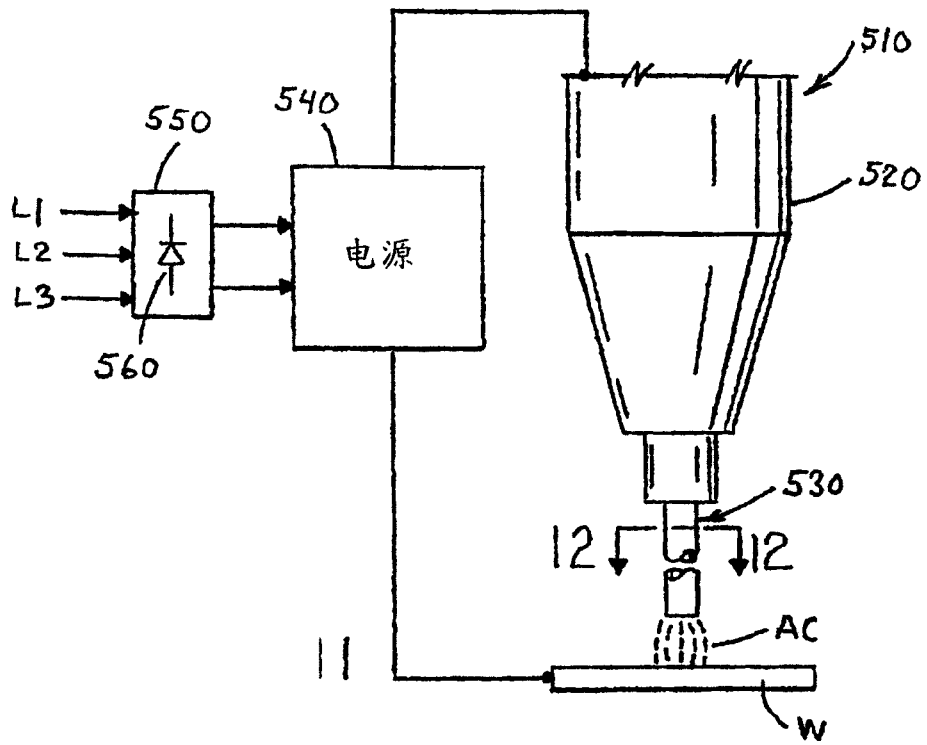


图 11

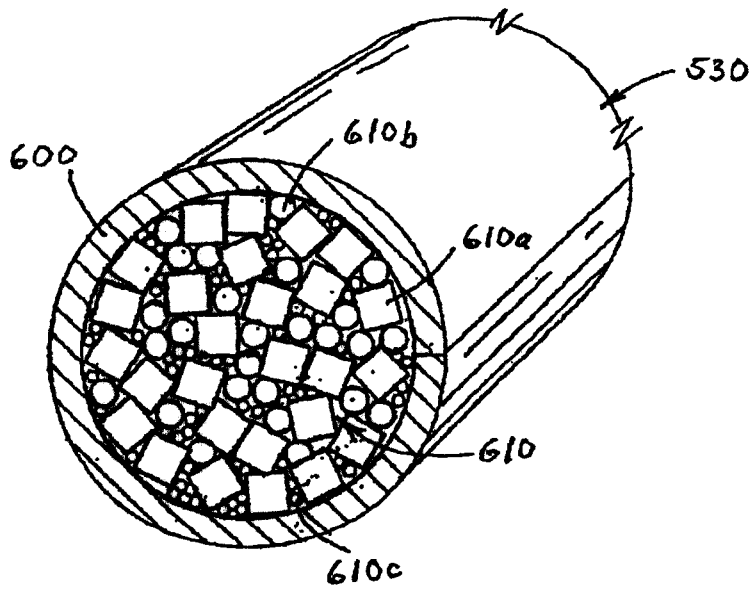


图 12

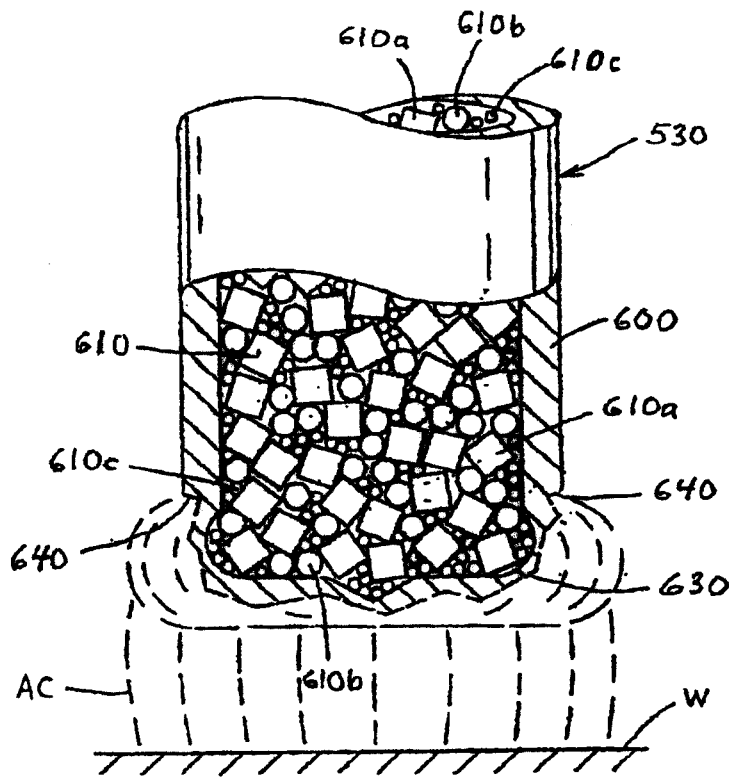


图 13

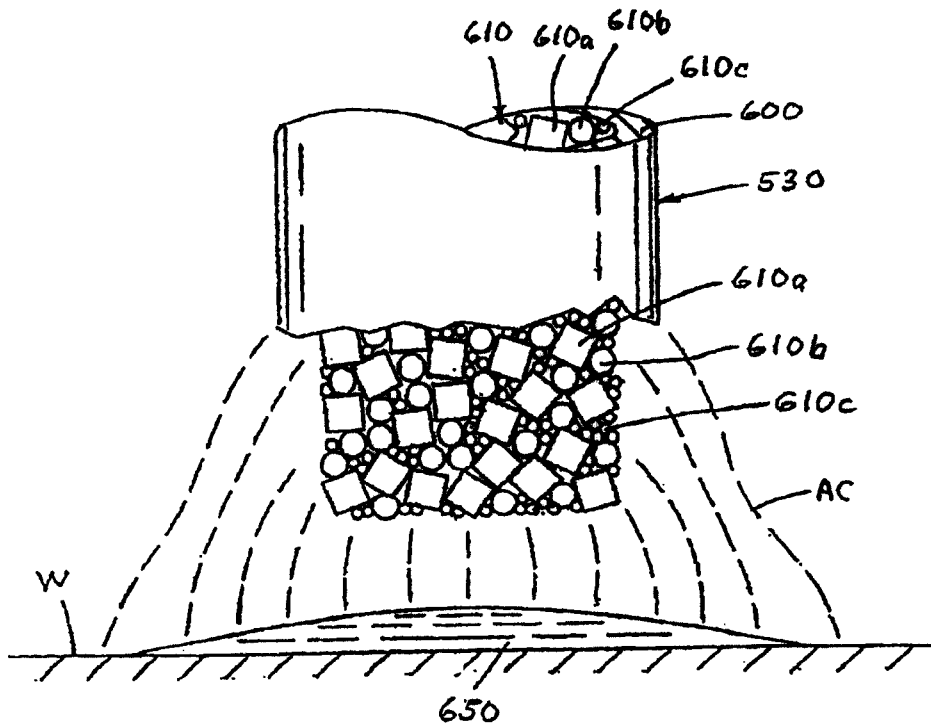


图 14

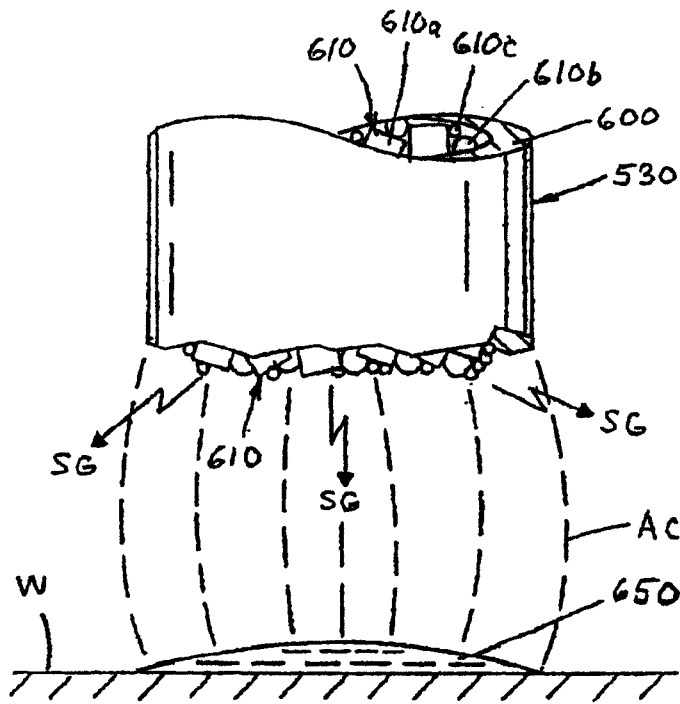


图 15

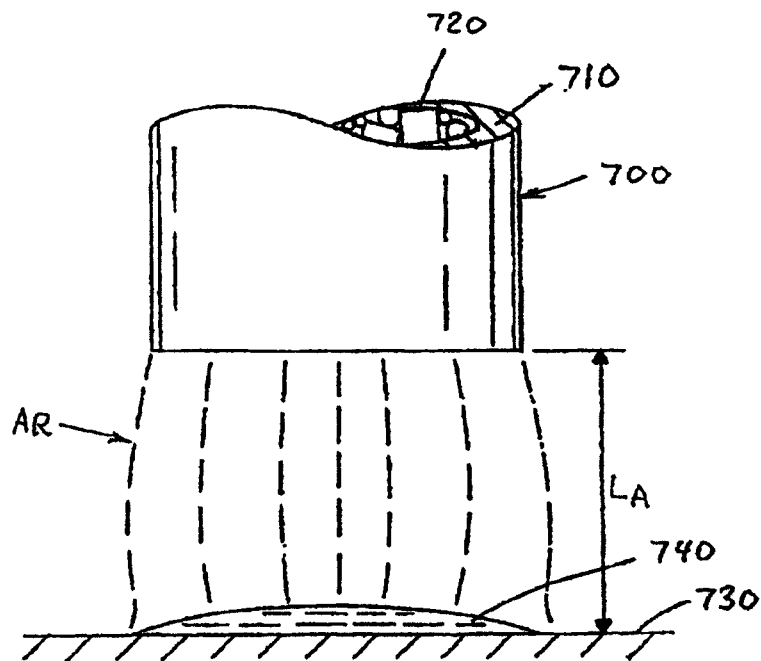


图 16

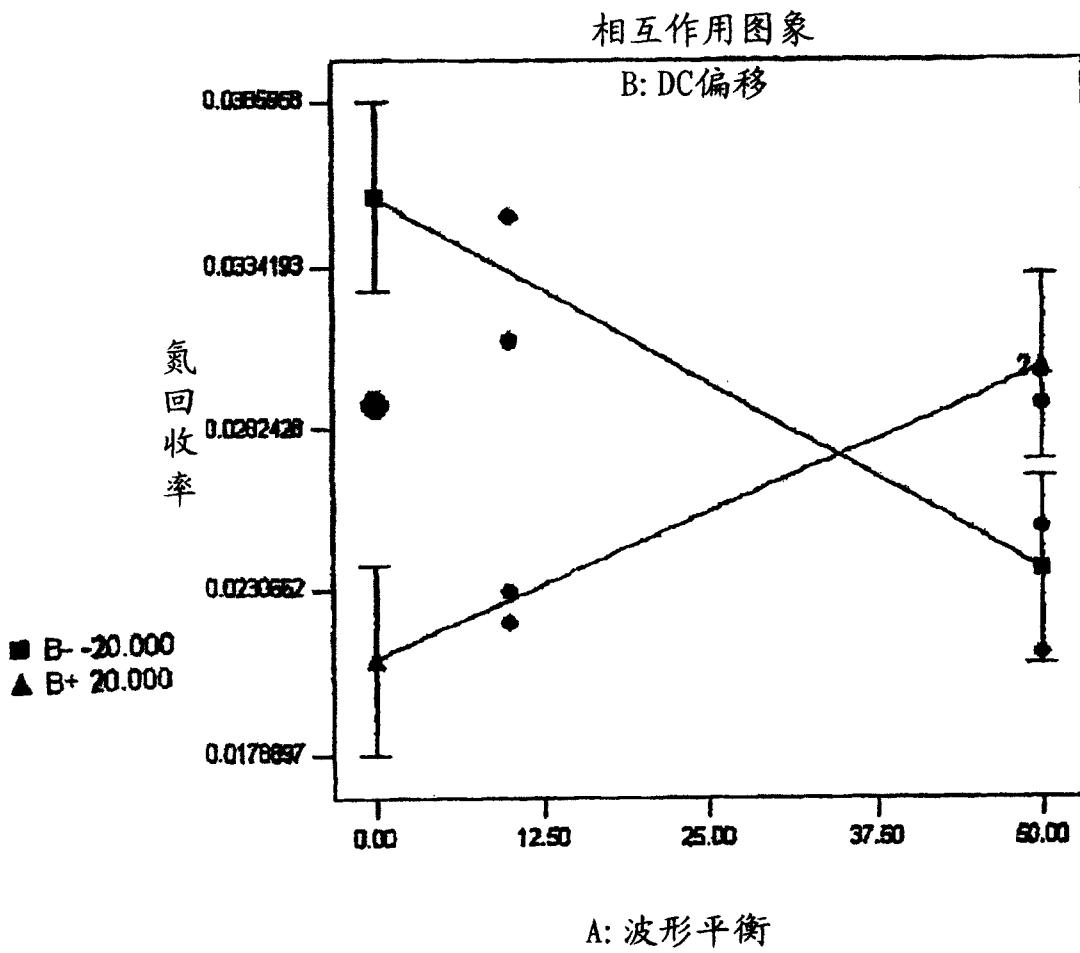


图 17

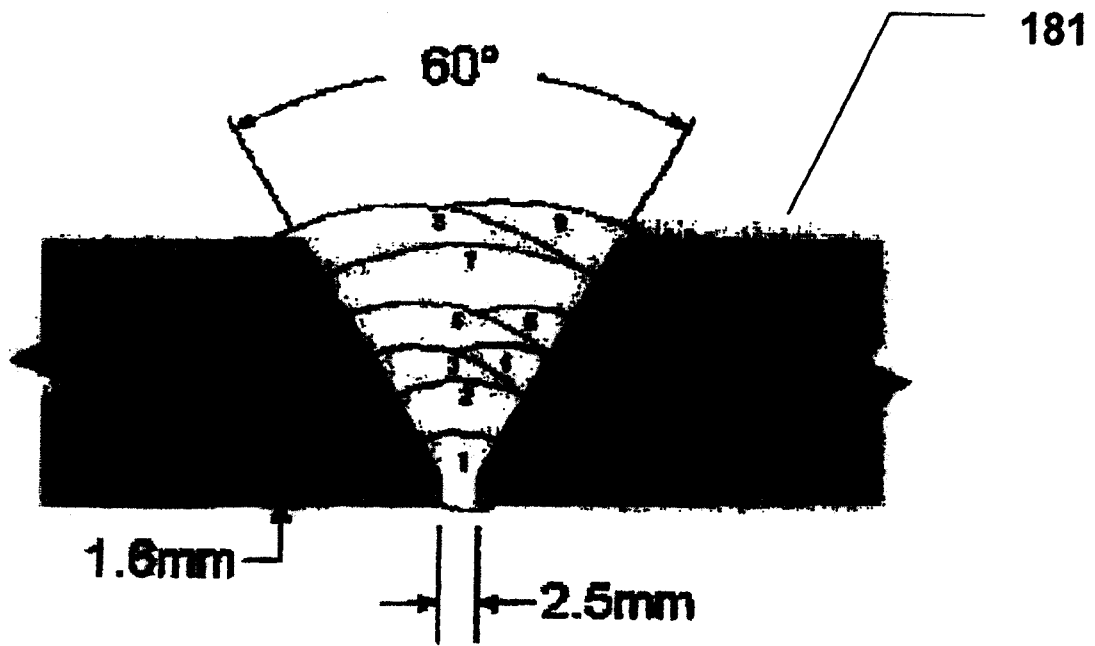


图 18