



[12] 发明专利申请公开说明书

[21]申请号 95100012.8

[51]Int.Cl⁶

B23K 26/00

[43]公开日 1995 年 12 月 6 日

[22]申请日 95.2.24

[30]优先权

[32]94.2.24 [33]JP[31]26980/94

[71]申请人 三菱电机株式会社

地址 日本东京

[72]发明人 金田修 森 誉 汤山崇之
竹野祥瑞

[74]专利代理机构 上海专利商标事务所

代理人 张政权

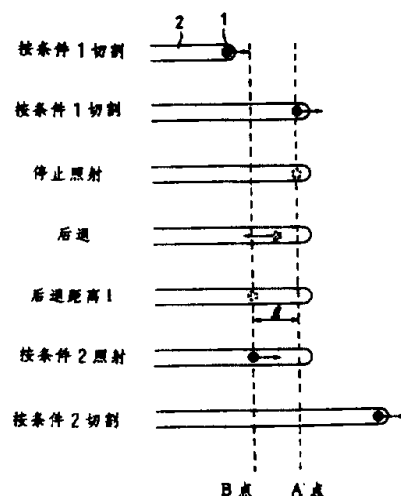
说明书页数:

附图页数:

[54]发明名称 能消除切割条件改变区内各种缺陷的激光切割方法

[57]摘要

一种激光切割方法,当切割条件变化时可以有效地消除切割缺陷。当激光束沿路径到达第一切割条件改变为第二切割条件的位置时,停止激光束对工件的照射。然后,激光束沿该路径从上述位置后退一个预定的距离。经一段延迟时间后,激光束再次沿该预定路径移动,在第二切割条件下切割工件。后退距离根据工件的厚度而定。而且,当激光束停止照射时,可以在切割路径的邻近将辅助气体喷射在工件上。



(BJ)第 1456 号

权 利 要 求 书

1. 一种利用多个切割条件以激光束切割工件的方法,其特征在于包括以下步骤:

在第一切割条件下,沿着一预定的路径移动激光束以切割工件;

当所述激光束沿着所述路径到达一个第一切割条件改变为第二切割条件的位置时,停止所述激光束在所述工件上的照射;

沿着所述预定的路径,使所述激光束从所述第一切割条件改变为第二切割条件的位置后退一个预定距离;

继续沿着所述预定的路径移动所述激光束,在所述第二切割条件下切割所述工件。

2. 如权利要求 1 所述的方法,其特征在于所述位置为一个线性位置。

3. 如权利要求 1 所述的方法,其特征在于所述位置为一个圆形位置。

4. 如权利要求 1 所述的方法,其特征在于进一步包括将所述激光束从所述预定路径偏移到所述激光束后退的停止位置,并在所述第二条件下恢复切割时,移动所述激光束抵消所述偏移。

5. 如权利要求 4 所述的方法,其特征在于,所述偏移的距离约为所述激光束切割路径的宽度。

6. 如权利要求 1 所述的方法,其特征在于,如果所述激光束不后退到所述第一条件改变为第二条件的位置上,则所述激光束退回的距离相应于将在所述工件上产生的缺陷的尺寸。

7. 如权利要求 1 所述的方法,其特征在于进一步包括当所述激光束后退时,在所述切割路径附近向所述工件喷射流体的步骤。

8. 如权利要求 7 所述的方法,其特征在于进一步包括根据所述

工件的材料类型和厚度,设定所述流体压力和喷射时间的步骤。

9. 如权利要求 1 所述的方法,其特征在于进一步包括在所述停止位置上,使所述激光束在一个预定时间间隔内暂停移动的步骤。

10. 如权利要求 9 所述的方法,其特征在于进一步包括根据所述工件的材料类型和厚度,设定所述预定时间间隔的步骤。

11. 如权利要求 10 所述的方法,其特征在于所述预定时间间隔当工件为 6 毫米厚度时约为 2.5 秒,当工件为 12 毫米厚度时约为 4.5 秒,当工件为 19 毫米厚度时约为 6.5 秒,当工件为 22 毫米厚度时约为 10 秒。

12. 如权利要求 1 所述的方法,其特征在于所述切割条件包括激光功率、激光脉冲频率、激光脉冲占空因数、切割速度以及切割角度中的至少一个。

13. 如权利要求 1 所述的方法,其特征在于所述工件由软钢材料制成。

14. 如权利要求 12 所述的方法,其特征在于所述预定距离当工件为 6 毫米厚时约为 1.2 毫米,当工件为 12 毫米厚时约为 2.2 毫米,当工件为 19 毫米厚时约为 3.5 毫米。

15. 一种沿着锯齿形路径用激光束切割工件的方法,其中沿所述锯齿形路径纵向相邻转角顶点之间的距离,以及沿垂直于所述纵向之方向上各个转角顶点之间的距离为 40 毫米,其特征在于所述方法包括如下步骤:

提供具有连续波输出的激光束作为切割条件,切割直至第一个转角的顶点;

在所述第一个转角的顶点,将所述激光束改变为脉冲输出;

从所述第一个转角的顶点,用具有脉冲输出的所述激光束切割所述工件至给定长度;

将所述激光束改回连续波输出进行随后的切割。

16. 一种用激光束切割工件的方法,其特征在于包括以下步骤:
用激光束穿入所述工件;

停止所述激光束在所述工件照射一个预定的时间间隔;

重新开始所述激光束在所述工件上的照射;以及

从所述激光束穿入所述工件的位置开始切割所述工件。

17. 一种用激光束切割工件的方法,其特征在于包括如下步骤:

沿着一预定的路径用激光束切割工件;

在沿所述路径的一个预定位置处停止所述激光束对所述工件的照射;

从所述预定位置沿所述路径使所述激光束后退一个距离,该距离根据所述工件的材料类型、厚度以及形状而定;

重新开始所述激光束对所述工件的照射;以及

继续沿所述预定路径切割所述工件。

18. 一种用激光束切割工件的方法,其特征在于包括如下步骤:

沿着一预定的路径用激光束切割工件;

在沿所述路径的一个预定位置处停止所述激光束对所述工件的照射;

在所述路径的邻近,在一根据所述工件的材料类型、厚度以及形状而定的时间间隔内用辅助气体向所述工件的至少一个部分喷射;

重新开始所述激光束对所述工件的照射;

沿着所述预定的路径继续切割所述工件。

说明书

能消除切割条件改变区内 各种缺陷的激光切割方法

本发明涉及利用激光束能量切割各种材料的激光切割方法,尤其涉及能有效地防止工件的切割面因切割条件改变而引起的损伤,并防止当进行激光切割时因切割条件改变而降低工件切割质量的一种激光切割方法。

在用激光切割锐角或类似形状期间,切割条件通常发生改变,在用作普通直线切割的高速、高输出(以下称之为“第一切割条件”)的条件下。上述形状很难切割得很好。通常,为了切割一个锐角或类似的形状,需要将切割条件改变到低速、低输出条件(以下称为“第二切割条件”)。而在该条件下,在不中断激光照射的情况下,只能在该角度前后几个毫米的范围内切割得令人满意。

图 25 示出这样一种通常的切割方法,它表示通过一种改变切割条件的方法而采用的一条切割路径,该方法已披露于日本公开特许公报 No. 昭 63-63593 一文中。如图 25 所示,采用此通常的方法,首先在第一切割条件下切割工件,然后在切割路径的 A 点改变到第二切割条件,同时维持激光照射,并在第二切割条件下切割一个角,然后再在切割路径的 B 点变回到第一切割条件。

图 26 表示披露于日本公开特许公报 No. 平 2-30388 一文中的另一种通常的方法。其中,在从第二切割条件返回到第一切割条件的时间间隔,处于第二切割条件下的切割速度分别在时刻 0、 T_1 、 T_1+T_2 、 $T_1+T_2+T_3$ 以及 $T_1+T_2+T_3+T_4$ 逐级改变,即按第一切割条件之 10%、20%、40%、60% 以及 100% 的切割速度改变。

图 27 示出另一种切割方法,它表示仅在角的一边改变切割条件的一例,该方法披露于日本公开特许公报 No. 昭 60-127775 和 No. 平 5-277773 文中。在该方法中,利用第一切割条件切割至角顶处的 T2,然后在 T2 与 TP 之间利用第二切割条件切割,最后再利用第一切割条件切割至 T3。

还有一种通常的方式,日本公开特许公报 No. 平 3-106583 一文揭示了一种角切割法,其中,在激光切割进行到拐角后,在一预定时间间隔内注入一种冷却介质以冷却该工件,然后继续切割。

然而,如图 21 所示,当采用图 25 所示的一种改变切割条件方法时,在改变切割条件的 A 点附近,将在一部分工件的切割表面上产生碎裂、凹槽或类似情况,导致切割产品的切割质量下降。产生这一问题的原因在于因切割期间切割条件的变化所造成的切割速度、切割激光输出等等的突然改变,以及切割气体流所产生的扰动(气体按与激光束同轴的方向注入,其目的在于例如从工件上去除熔化的区域,并加速激光切割中的氧化燃烧反应)。而且,由于激光切割热量集中在工件切割表面附近也是增加这类凹槽的一个因素。

图 21 是一个剖面图,它表示切割期间在 A 点改变切割条件后的一种切割状态。图中,标号 1 表示激光束,标号 3 表示工件。通常,当切割期间条件改变时,将在条件发生改变的位置上产生碎裂。这是由于在激光束照射部位上实际切割位置的偏差(图 21 中偏差为“m”),导致在切割条件发生改变的位置上产生非正常燃烧的缘故。因此,可以预料,在发生偏差“m”前面一点(退回距离“l”)出现切割条件转换位置的 B 点,无任何凹槽产生,如图 22 所示。图 23 表示当改变切割速度切割厚度为 12 毫米和 19 毫米的软钢材料时所产生的偏差“m”。如上所述,偏差“m”取决于材料的厚度和切割速度。表 1(A)和 1(B)分别表示上述材料的切割条件。

表 1(A):对于厚度为 12 毫米的切割条件

速度(米/分)	输出(瓦)	其它条件
0.4	700	切割透镜:f10" 辅助气体压力: 0.7 千克/厘米 ² 焦点位置: +1.5 毫米
0.6	1000	
0.8	1400	
1.0	1800	
1.2	2300	

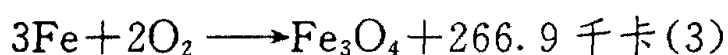
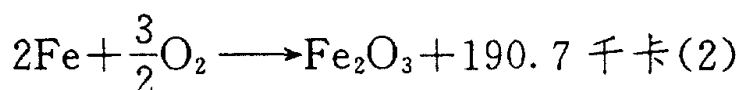
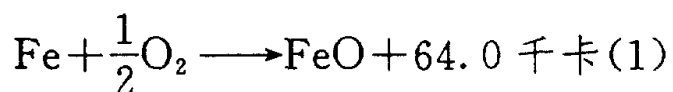
表 1(B): 对于厚度为 19 毫米的切割条件

速度(米/分)	输出(瓦)	其他条件
0.4	1000	切割透镜:f10" 辅助气体压力: 0.7 千克/厘米 ² 焦点位置: +1.5 毫米
0.6	1400	
0.8	1800	
1.0	2400	
1.2	2900	

产生碎裂的其它主要原因在于切割期间切割槽周围热分布的不均匀。当切割槽的环境温度在改变切割条件时较高时,热传导较大,从而引起异常燃烧的可能性较大。图 24 中,标号 2 表示切割槽,而标号 1 表示激光束。图 24 所示的温度分布产生在切割槽的周围。在此条件下尤其温度不低于约 500℃ 时很可能发生切割缺陷。随着工件变厚,环境温度更高,冷却所需时间越长。

至于除软钢以外的其它材料,在切割条件变化部位上通常不会产生熔化缺陷。然而,对于软钢则很容易在切割条件改变部位上产

生熔化缺陷。软钢材料的氧化反应由下列反应式(或它们的组合)表示:



这样,除了激光束能量以外,还会产生过量的热量,由此发生熔化缺陷。然而,在非铁金属的情况下,无足够的反应热量产生,也就不会产生熔化缺陷。

采用图 26 所示的通常方式,用例如 1 米/分或更低的低速度切割相对较薄(例如 6 毫米或更薄)的工件时,可以得到较高的质量,但是,当工件变厚,切割速度变快时,很可能在切割条件发生变化的部位上产生切割缺陷。

此外,用图 27 所示的通常方法可有效地防止角的熔化部分因切割偏差所引起的碎裂而一滴一滴地滴落,并且累积的热量也因 T2 与 TP 之间采用的低速、低输出的切割条件而降低。然而,如参照图 21 所述,在切割条件变化部位 TP 处发生熔化区域的滴落,由此总体上降低了切割质量。

因此,本发明的目的在于解决上述问题,提供一种激光切割方法,它能实际消除当切割条件发生变化时所产生的切割缺陷。

本发明上述和其它的目的在于通过这样一种方法来实现的,它利用多种切割条件以激光束切割工件,其中包括这样一些步骤:在第一切割条件下,沿着一预定的路径移动激光束来切割工件;当激光束沿着一条路径到达由第一切割条件改变为第二切割条件的一个位置时,停止激光束在工件上的照射;沿着预定的路径使激光束从所述第一切割条件变为第二切割条件的位置后退一个预定距离;以及继续沿着预定的路径移动激光束,在第二切割条件下切割工件。上述后退

距离最好根据工件的厚度而设定。而且,当停止激光束照射时,在切割路径的附近可以将辅助气体喷射在工件上。

图 1 是表示本发明实施例 1 的一种激光切割方法的简图;

图 2 是表示本发明实施例 1 中后退距离与切换部位(切割条件改变部位)粗糙度之间关系的曲线图。

图 3 是表示本发明实施例 1 中进行图形切割的一种激光切割方法的简图。

图 4 是表示本发明实施例 2 中,由切割槽前面算起之距离与该位置处温度之间关系的曲线图;

图 5 是表示本发明实施例 2 中,工件温度与切割条件变化部位处不合格率之间关系的曲线图;

图 6 是表示本发明实施例 2 中,液体或气体是如何注入到切割部分以冷却该切割部分的简图;

图 7 是表示本发明实施例 2 中,注入水流与不合格率之间关系的曲线图;

图 8 是表示在本发明实施例 2 中,如何把辅助气体注入到切割部分以冷却该切割部分的简图;

图 9 是表示在本发明实施例 2 中,辅助气体压力与不合格率之间关系的曲线图;

图 10 是示出本发明实施例 3 的简图,它表示采用一种通常的偏移方法来完成实施例 1 的操作;

图 11(a)和 11(b)分别表示实施例 3 的一例,其中,相对于激光束方向的右侧和左侧作出偏移;

图 12(a)和 12(b)表示在本发明实施例 3 的偏移方法中所采用的后退控制及其程序的操作;

图 13 是表示本发明实施例 4 所采用的一种激光切割方法的简图;

图 14 是表示在本发明实施例 4 所述方法和通常方法中,转角的切割时间与切割速度之间关系的曲线图;

图 15 是表示本发明实施例 4 中的切割形状的简图;

图 16 是有关本发明实施例 4 的一张曲线图,它表示长度 L_1 、 L_2 与不合格率之间的关系,其中 CW 和 PW 用作图 15 所示切割形状的第一切割条件;

图 17 是有关本发明实施例 4 的一张曲线图,它表示当条件改变时的后退距离与条件改变部位表面粗糙度之间的关系;

图 18 是表示本发明实施例 5 中,激光束照射停止时间与不合格率之间关系的曲线图;

图 19 是有关本发明实施例 6 的方框图,它表示用以实现实施例 1 至 4 的激光切割方法的一种装置;

图 20 是有关本发明实施例 6 的方框图,它表示用以实现实施例 5 的激光切割方法的一种装置;

图 21 是表示在一种通常的激光切割方法中,如何对切割部分进行激光切割的简图;

图 22 是表示由通常激光切割方法以及根据本发明实施例 1 至 4 所述激光切割方法所产生的缺陷;

图 23 表示根据工件厚度,切割速度与前切割面偏离量之间的关系;

图 24 是表示由顶部观察的前切割面温度分布的简图;

图 25 是表示在另一种通常的激光切割方法中,如何切割一个转角的简图;

图 26 是表示另一种通常的激光切割方法的简图;以及

图 27 是表示又一种通常的激光切割方法的简图。

实施例 1:

以下参照图 1 至图 3 描述本发明的实施例 1。

图 1 主要表示一例将用于普通直线切割的高速、高输出切割条件(以下称为“第一切割条件”)改变为用于良好的转角切割的低速、低输出切割条件(以下称为“第二切割条件”),其中按(1)至(7)的顺序进行切割。图中,标号 1 表示激光束,标号 2 表示由激光束 1 形成的切割槽。(1)表示在第一切割条件下的切割状态。(2)表示激光束已经到达 A 点或切割条件变化位置时的状态。(3)表示激光束照射已在 A 点停止的状态。第(4)步,沿着已切割路径使激光束照射区域(位置)后退。在此状态中,继续停止激光束的照射。(5)表示使激光束照射区域后退至位置 B,该点取决于为条件改变所规定的距离。从 A 点后退到 B 点既可以正常切割速度进行,也可以非切割(快速移动)速度进行。第(6)步,在 B 点选择第二切割条件,按原来前进方向开始切割。(7)表示激光束照射区域已经移过 A 点,切割正在进行的状态。

显然,可以通过移动切割头、移动工件或使切割头和工件两者作相对移动使激光束照射区域后退。

至于为何这种切割方法会在条件改变部分减少熔化缺陷的原因在于,当条件改变部分 B 位于偏离量“m”范围外时,不会产生熔化缺陷。在位置 A 改变条件时,响应于一个偏离量引起辅助气体的扰动和异常燃烧,从而发生熔化缺陷,在表示通常技术的图 22 中,沿前切割面的厚度方向,存在着在高温下产生的切割偏离量(图 22 中的“m”)。

图 2 表示应用于厚度为 6、12、19、25 和 35 毫米的软钢材料,其条件改变部分后退距离 l (毫米)与条件改变部位 A 之切割表面粗糙度之间的关系。发生熔化缺陷的切割表面的粗糙度要大于普通切割表面的粗糙度。当后退距离 l 增加时,切割表面的粗糙度起先会有改善,但是当超过给定的 l 值后则不会有进一步的改善,对应于每一厚度该 l 值有一个给定值,即厚度为 6 毫米时, l 约为 1.2 毫米;厚度为

12 毫米时, l 约为 2.2 毫米;厚度为 19 毫米时, l 约为 3.5 毫米。如上所述,该后退距离 l 不仅取决于厚度,而且也取决于偏离量“ m ”,后者因切割速度不同而变化,如图 21 所示。针对厚度为 6.0 毫米至 35 毫米工件的切割结果表明,如果后退距离 l 在 1 毫米至 10 毫米之间,则可以获得良好的切割。

显然,10 毫米或更长的后退距离可以提供较高的切割质量。然而,由于后退距离增加了,需要更多的切割时间。图 2 表示,针对 6 毫米或更厚的厚度,后退距离为 1 毫米与 10 毫米之间可确保高效率。图示切割数据的变化是因后退距离 l 不同而产生的,后者取决于速度和输出等切割条件,而要严格地规定这些数据是较难的。

由于较薄的工件对应的偏离量自然也较小,故在这种情况下后退距离 l 也可减小。

注意,当切割路径笔直时,后退路径可以按后退距离规定,但是当进行如图 3 所示曲线型切割时,后退路径就不能按后退距离规定。在此情况下,可以相对于切割停止点(X_a, Y_a)规定后退位置 B 的坐标点(X_b, Y_b)。如果切割形状非常复杂,或后退位置在三维空间,那么上述规定坐标点的方法可以方便地规定后退位置。例如,通过由切割路径与一个圆的轨迹之交点确定 B 的坐标(该圆是围绕 A 点用规定后退距离 l 为半径作出的)或者通过利用已知技术进行曲线切割时确定一个后退路径,即可相对 A 点确定 B 点。

实施例 2

现在参考图 4 至图 9 来描述本发明的实施例 2。

在条件改变位置上发生熔化缺陷的原因之一是在温度高的前切割面发生了切割损伤,如图 24 所示。只有停止激光束的照射才能冷却材料,提高切割质量。

图 4 显示了离前切割面的距离和该点处激光束停止照射时所测得的温度之间的关系。图中 S 表示从激光束停止照射开始算起的一

段时间(秒)。在前切割面附近,激光束照射停止(即, $S=0$ 秒)后大约 10 秒($S=10$ 秒)温度便降至 220°C 。在 220°C 时,不发生切割缺陷。图 5 显示了切割条件改变位置处的材料温度和厚度为 16 毫米的软钢材料 200 次条件改变所引起的不合格率。不合格率随着材料温度下降而正比例下降,而且在大约 200°C 或更低的材料温度时几乎没有缺陷出现,从而没有切割问题。如上所述,规定一个切割停止时间对降低切割缺陷是有效的。

图 6 大体说明了如何把氧气注入切割部位以便冷却。标号 1 表示一激光束,标号 3 表示一工件,而标号 10 表示用于气体或液体注入的 6 毫米直径的喷口。在切割停止位置处液体或气体由喷口 10 注入以冷却切割部分,然后继续切割。图 7 根据改变注入时间而获得的实验结果显示了切割 16 毫米厚度的工件时由喷口 10 注入的气体流量和不合格率之间的关系。

600 瓦输出功率、30 赫兹脉冲频率、30% 占空因数及 100 毫米/分切割速度等的切割条件已经改为 2000 瓦输出功率、1300 赫兹脉冲频率、60% 占空因数及 900 毫米/分切割速度以估计条件改变位置。实验结果表明当流量增大或气体注入时间增加时,不合格率下降。这是因为条件改变位置处温度降低了。用液体替代气体进行冷却也可产生同样的效果。

用切割头注入辅助气体同样也能达到冷却切割部分的效果。应当注意,由于采用相对昂贵的辅助气体,如氩气,会增加操作成本,因此最好使用一种较便宜的气体,如氧气或氮气。

图 8 大体说明了如何将辅助气体注入切割部分以便冷却。标号 1 表示一激光束,标号 2 表示一切割槽,标号 3 表示工件,而标号 11 表示辅助气体供给口。在切割停止位置处从喷口注入氧气或其他类似气体,以冷却切割部分,然后继续切割。

图 9 显示了在各种辅助气体压力下冷却切割部分 3 秒钟($S=3$

秒),然后改变切割条件并继续切割情况下的不合格率。切割工件是12毫米和25毫米厚的软钢材料。对于每一种厚度,辅助气体压力增大可提高冷却效率并降低不合格率。如果工件较薄,则压力低时不合格率下降,但如果25毫米厚度的工件和较薄的工件都在类似的条件下切割,则压力必须设为3千克/厘米²。结果,辅助气体压力越高,就对在切割条件改变位置处因提高冷却效率而引起的不合格率降低越没有效果。然而,当压力超出3千克/厘米²时,却没有进一步的提高。因此,最好把气体压力设置得不低于3千克/厘米²。在压力不低于3千克/厘米²时对不合格率的改善没有效果的原因是由喷口注入的辅助气体的喷射压力受到喷口形状和液体粘度的限制。

25毫米厚的工件的切割条件是2800瓦输出功率、1300赫兹脉冲频率、60%占空因数及650毫米/分切割速度,而12毫米厚的工件的切割条件是1800瓦输出功率、1300赫兹脉冲频率、40%占空因数及1000毫米/分切割速度。

由此,在实施例1中,根据材料和工件的厚度,在预定的压力下,在一时间间隔内,将一种气体或一种液体喷射在切割路径之上和它的附近,在激光束停止照射和重新开始照射之间的一系列操作中,激光束照射区沿该切割路径移动,从而气体或液体使切割停止位置附近积聚的热量减少,比实施例1更能防止熔化缺陷的发生。

同样,在实施例1中,从激光束停止照射到重新开始照射之间的一系列操作中,在某点上停止一段预定时间间隔之后继续移动,则热量的自然散失也会在停止期间使工件积聚的热量减少,从而比实施例1更能防止熔化缺陷的发生。

同样,在实施例1中,从激光束停止照射到重新开始照射之间的一系列操作中,在某点短暂停止后继续移动,并且在3千克/厘米²压力下,在切割路径内的停止处在一段预定的时间间隔内喷射辅助气体,则热量的自然散失和辅助气体会在停止期间减少工件积聚的热

量,从而比实施例 1 更能防止熔化缺陷的发生。

实施例 3

现在参考图 10 至图 12,描述本发明的实施例 3。

图 11(a)和 11(b)说明了如何用切割槽宽度偏移切割路径。在这些图中,图 11(a)示出了一个相对于激光束前进方向向右偏移 W 的例子,而图 11(b)示出了一个向左偏移 W 的例子。偏移方向在程序中用符号 G 表示,如 $G41$ 和 $G42$,并且与偏移量一起输入。

如上所述,以切割槽宽度来偏移切割路径的方向相对于前进方向只向右或向左。因为通常的方法中切割路径总是沿同一方向的,因此只向右或向左偏移不引起问题。

然而,在本发明实施例 1 中,在切割条件改变位置处,前进方向会换向。因此必须考虑偏移方向以避免如图 10 中所示的缺陷。也就是说,在图 10 中,在第一切割条件下将工件切割直至 A 点,再从该点使激光束照射区后退至 B 点。但是,因为偏移是同方向的而偏移方向又不改变,所以偏移会偏离切割路径,如图 10 所示中的 B 点。这是由于指定偏移后,当在笔直路径的终点处完成正规偏移时使切割路径偏移一规定量所用的现行功能造成的。

图 12(a)和图 12(b)分别描绘了一个切割过程及其程序,其中在前进方向换向的 A 点偏移方向亦换向,激光束照射区后退至 B 点,并且在重新开始切割处再次使偏移方向换向。为实现之,当激光束照射区从 A 点返回 B 点时,规定符号 $G42$ 以消除符号 $G41$ 带来的偏移且使偏移方向换向,并且对 B 点规定符号 $G41$ 以消除符号 $G42$ 带来的偏移且按原先的偏移量和偏移方向切割工件。

实施例 4

现在参考图 13 至图 17,描述本发明的实施例 4。

图 13 显示了一种依照本发明实施例 4 的激光切割方法。其中标号 1 表示一激光束而 S 表示激光束照射返回的部分和第二切割条件

改变为第一条件时重新切割工件所在的部分。也就是说,实施例 4 提供一个例子,在该例中把实施例 1 至 3 用于图 27 所示的切割方法(该方法中,为提高切割效率,用第一切割条件一直切割至转角处,用第二切割条件在该点和 S 之间切割,并且用第一切割条件自 S 开始切割),即,在切割条件改变位置 S 完成实施例 1 所述的激光束照射区后退操作,在后退期间进行实施例 2 所述的有效冷却工件的操作,并且在后退期间进一步进行实施例 3 所述的偏移操作。

如图 14 所示,本实施例中每个转角都影响条件变化,并且把在第二切割条件下的切割距离减半以减少切割时间。与图 25 中所示的通常方法(该方法中,在快到转角前将第一切割条件改变为第二切割条件,并且在激光束照射点越过转角后再将第二切割条件改变为第一切割条件)相比,在 S 点处进行的操作大大提高了切割表面的质量。

图 14 显示了转角顶点与条件改变位置之间的距离为 10 毫米且条件改变位置上冷却时间为 5 秒时的切割速度和每个转角的切割时间。该图中,单侧切换表示图 25 所示的通常方法,而双侧切换表示本实施例的方法。

切割工件直至转角时所处的第一切割条件中的输出条件对图 15 所示的转角相互靠近的锯齿形切割非常重要。

图 16 显示了图 15 中的长度 L1(转角顶点间沿与锯齿形纵向垂直的方向上的距离)和长度 L2(转角顶点间沿锯齿形纵向的距离)为 10、20、30、40 及 50 毫米且用连续波输出(CW)和脉冲输出(PW)作为切割工件直至转角的第一切割条件时的不合格率。如该图所示,当长度 L1 和 L2 在 10 至 30 毫米之间时,用 CW 的不合格率较高,但当长度为 40 毫米和更长时,用 CW 和 PW 的不合格率没有差别,而且用 CW 和 PW 都能将工件切割得很好。

因此,已经发现,当使用小尺寸 L1 和 L2(L1 和 L2 长度大约在

10 至 30 毫米之间时)而容易发生缺陷时,最好将脉冲输出(PW)用作第一和第二两种切割条件,因为这有利于对工件输入热量的控制,而当使用大尺寸 L1 和 L2(长度 L1 和 L2 大约为 40 毫米或更长时)基本上不会发生缺陷时,最好将连续波输出(CW)用作第一切割条件,因为它能获得高切割速度和高切割表面质量,而将脉冲输出(PW)用作第二切割条件。

图 17 显示了切割条件改变位置处,根据切割角 θ 的大小,后退距离 l 有最佳值。图 17 显示了在 90° 、 70° 和 50° 三个不同的角度切割厚度为 16 毫米的软钢材料的结果。当角度 θ 为 90° , l = 约 2.2 毫米时,当角度 θ 为 70° , l = 约 3 毫米时,以及当角度 θ 为 50° , l = 约 3.7 毫米时,切割表面的粗糙度改进量趋于水平。如上所述,已经发现,后退距离 l 应随切割角度改变。

实施例 5

现在参考图 18 描述本发明的实施例 5。

图 18 显示了激光束已经停止照射且工件已经冷却后的穿孔结束而开始切割时,激光束停止时间与不合格率之间的关系。所示数据是切割厚度为 6、12、19 和 25 毫米的软钢材料的结果。切割条件如表 2 所示。

表 2

厚度	穿孔条件	穿孔后的切割条件
6 毫米	440 瓦, 200 赫兹, 20%	1200 瓦, 1200 毫米/分
12 毫米	550 瓦, 200 赫兹, 30%	1800 瓦, 1000 毫米/分
19 毫米	700 瓦, 200 赫兹, 40%	2200 瓦, 700 毫米/分
25 毫米	850 瓦, 200 赫兹, 45%	300 瓦, 600 毫米/分

虽然对每一个厚度,较长的激光束停止照射时间引起较低的不合格率,但当停止时间超过一个由厚度确定的给定值后就不能获得进一步的改进,即, $t=6$ 毫米时为 2.5 秒, $t=12$ 毫米时为 4.5 秒, $t=19$ 毫米时为 6.5 秒,以及 $t=25$ 毫米时为 10 秒。如上所述,当穿孔后材料温度很高时就马上开始切割,由于燃烧不当现象而容易发生切割缺陷。然而,如果材料温度只略微降低了一点,便可大大减小该缺陷发生的可能性。已发现,必须采用长冷却时间,因为材料温度降低速率依赖于材料的厚度而较厚的厚度需要较长的时间来充分降低温度。

当穿孔后开始切割时,如实施例 2 所述,在穿孔后要停止激光束的照射并且使激光束重新照射以开始切割的一系列操作中,在一段指定的时间间隔内为提高工件的冷却效果在停止点上用 3 千克/厘米² 压力或更大的压力沿路径喷射辅助气体之后,最好继续移动。

实施例 6

现在参考图 19 和图 20 描述本发明的实施例 6。

图 19 是一方框图,显示了能自动确定后退距离以防止在实施例 1 至 4 所述的切割条件改变位置处发生切割缺陷的一控制单元或一自动编程单元的功能。该图中,ST1 表示通常设备的功能,而 ST2 表示本实施例提供的附加功能。在 ST1 内的 S1 处,设置一增量或绝对值坐标系和一切割起始点。在 S2,通过存储器的选择或外部装置的输入,设置在切割起始点进行穿孔的条件。在 S3,进行穿孔以切割出一个孔。在 S4,通过存储器的选择或外部装置的输入,设置切割条件。在 S5,开始切割。在 S6,根据切割程序提供的切割形状信息,控制激光束移动的路径,而切割在 S7 处结束。

本实施例中,在执行 S6 期间执行 S8,预先可读取有关切割形状的角度、孔径和段长等信息。然后,在 S9,确定后退的开始位置和后退结束的坐标位置。在 S10,当达到后退的开始位置后执行激光束关

断/气体压力调节或激光束关断/停止时间设置步骤。在 S11, 将切割位置移至规定的后退坐标。在 S12, 执行注入气体或切割气体压力调节和激光束接通步骤。在 S13, 重新开始切割且操作返回至 S6。

图 20 是一方框图, 显示了能自动确定后退距离以防止在如实施例 5 所述的穿孔之后开始切割时发生切割缺陷的一控制单元或一自动编程单元的功能。ST3 表示通常的算法控制, 而 ST4 表示本实施例提供的附加控制。

在 ST3 内的 S14 处, 设置一增量或绝对值坐标系和一个切割起始点。在 S15, 通过存储器的选择或外部装置的输入, 设置切割起始点处进行的穿孔条件。在 S16, 进行穿孔以切割出一个孔。在 S17, 在经过一段预定时间或使用传感器或类似仪器检测出穿孔结束后终止穿孔。在 S18, 通过存储器的选择或外部装置的输入, 设置切割条件。在 S19, 开始切割。

本实施例中, 用 ST4 来对 S17 上穿孔的结束进行控制。在 S20, 设置冷却用辅助气体的压力和注入时间。在 S21, 根据 S20 设置的信息, 开始注入辅助气体。在 S22, 停止注入辅助气体而操作进至 S18。

显然, 如上所述, 由第一实施例获得了一种激光切割方法, 当在切割期间改变切割条件时, 在切割条件将要改变的直线位置或圆周位置上停止激光束的照射, 将激光束照射区沿切割路径后退一段预定的距离至前述位置, 重新开始照射激光束, 并且激光束照射区沿后退时相同的路径移动, 重新开始切割。在该过程中, 条件变化时前切割端的后退可消除切割速度、切割输出功率等等突然变化的影响, 否则, 在切割期间它们将导致切割表面的损坏。另外。辅助气流不受扰动, 条件改变位置处切割表面不发生熔化缺陷, 因而能获得高的切割质量。

同样明显, 由第二实施例获得了一种激光切割方法, 当激光束后退时, 激光束照射区的位置沿与切割方向上偏移的相反方向偏移一

个光束直径的大小,并且当再次沿切割方向前进时,激光束照射区沿与切割方向上偏移的相同方向偏移该光束直径,从而,当重新回到激光束停止照射的位置时,激光束照射区可靠地回到激光束停止照射位置,因而工件的切割要比第一实施例的激光切割方法具有更高的准确度。

同样明显,由第三实施例获得了一种激光切割方法,根据切割条件改变时工件中将另外产生的缺陷尺寸将激光束照射区后退一定距离,从而,由于激光束照射区后退的距离不比必要的最小距离大,所以所需的切割时间一般比第一和第二实施例的激光切割方法所需的时间要短,同时还保留了第一和第二实施例的长处。

同样明显,第四实施例提供了一种激光切割方法,它可以采用下述操作中的任一种:根据工件的材料和厚度,在一给定的时间间隔内以一所需的压力将一种气体或液体(流体)喷射在切割路径上和切割路径周围,在激光束停止照射和重新开始照射之间的一系列操作中,激光束照射要沿该路径移动的操作;在激光束停止照射和重新开始照射之间的一系列操作中,在任何一点照射已经停止了一段所需的时间间隔后重新开始移动激光束的操作;以及在激光束停止照射和重新开始照射之间的一系列操作中,在任何一点照射已暂时停止并且已经在一段所需的时间内以所需的压力将一种辅助气体喷射在路径的停止点上之后重新开始移动激光束的操作,从而,除了第一至第四实施例中的任何效果以外,还可以减少积聚在切割停止位置附近的热量,并比第一至第四实施例更有效地防止熔化缺陷的发生。

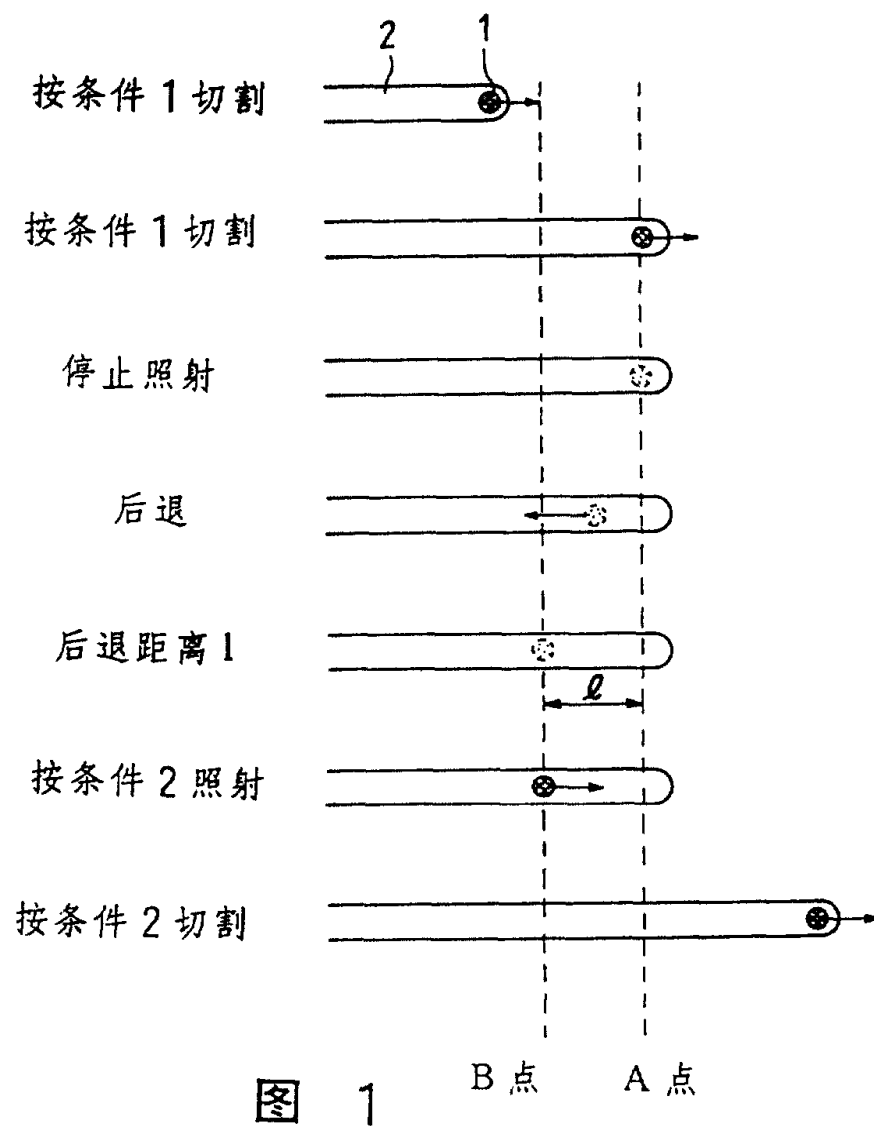
当根据工件的材料和厚度在一给定时间间隔内以一所需的压力,将一种气体或一种液体喷射在切割路径上和切割路径周围时,其中切割路径是在激光束停止照射和重新开始照射之间一系列操作中激光束照射区移动所沿的路径,则可缩短切割时间,不产生熔化缺陷,并且可获得高的切割质量。

还有,当在激光束停止照射和重新开始照射之间的一系列操作中,照射已经在某一点上停止一段所需的时间间隔后重新开始移动时,停止期间热量的自然散失使工件冷却,从而,尽管需要较长的切割时间,但容易在低成本情况下防止熔化缺陷而获得高的切割质量。

另外,当在激光束停止照射和重新开始照射之间的一系列操作中,照射已经在某一点上暂停并且已经在一段所需的时间间隔内以所需的压力将辅助气体喷射在路径的停止点上之后重新开始移动激光束时,促进了工件的冷却效果,从而,总体上容易操作,缩短了切割时间,另外确实防止了熔化缺陷并获得高的切割质量。

同样明显,第五实施例获得了一种激光切割方法,将一激光束集中在工件上,并利用光束中的激光能量将工件切割成锯齿形图形,其中当沿锯齿形图形纵向的相邻转角顶点间的距离和垂直于锯齿形图形纵向的相邻转角顶点间的距离一般为 40 毫米或更大时,把连续波输出用作切割状态来切割直至转角的顶点。在转角顶点将切割状态改变为脉冲输出,后用脉冲输出从转角的顶点切割一段给定的长度,再把切割状态改变为连续波输出,并且继续切割,从而每遇一个转角就进行切割状态的改变,在脉冲输出的切割状态下切割的距离相应减半,采用能获得高切割速度的连续波输出切割直至转角,以大大缩短切割时间,并且利用能获得高切割表面质量的连续波输出来保证切割表面的质量。

同样明显,实施例 6 提供了一种激光切割方法,当工件已经穿孔后开始切割时,在穿孔位置,停止激光束照射一段任意设置的时间间隔,然后重新开始并维持激光束照射,并且从穿孔位置开始切割,从而始终如一地提供高的切割质量。



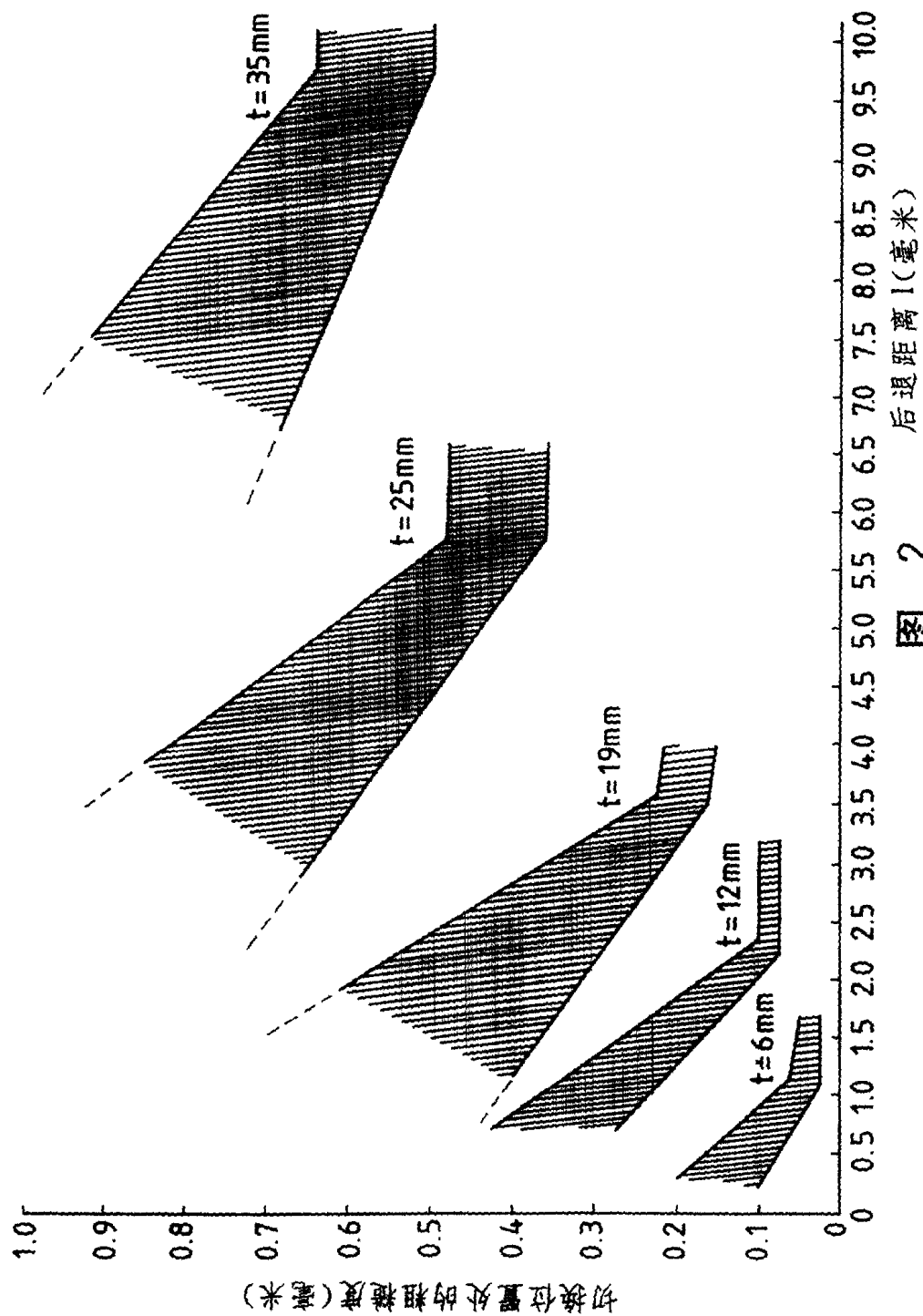


图 2

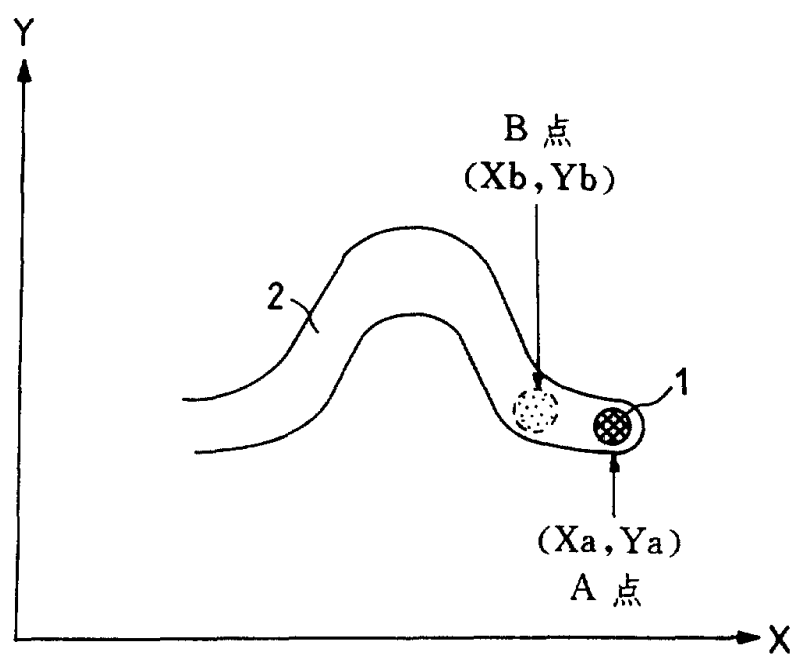


图 3

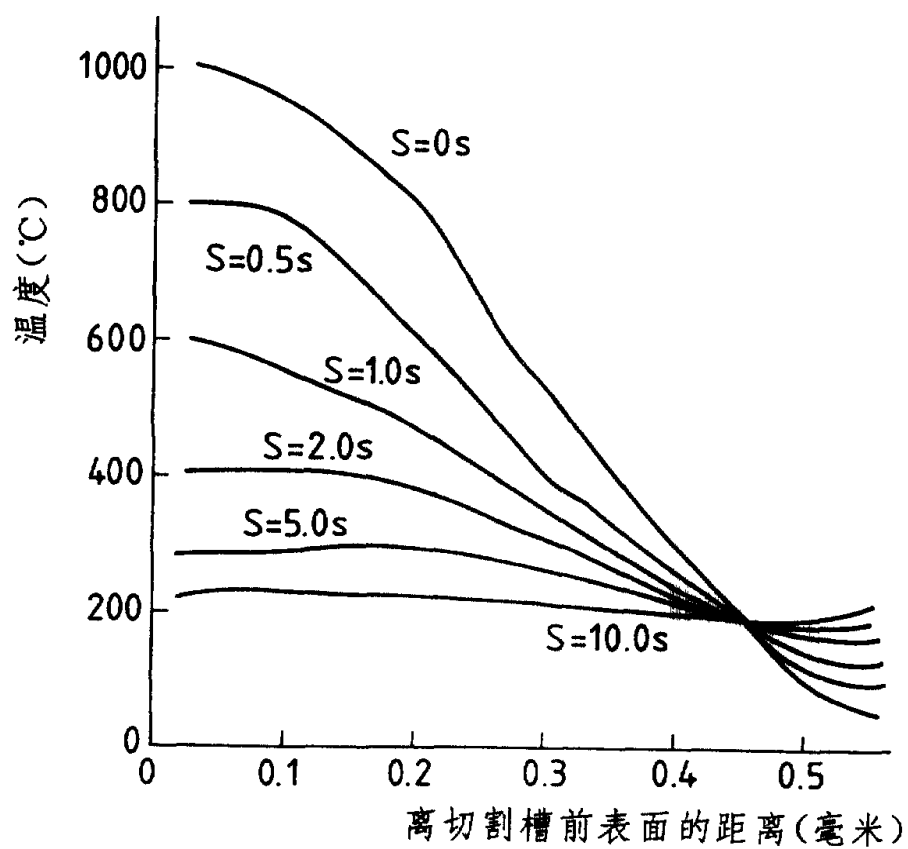


图 4

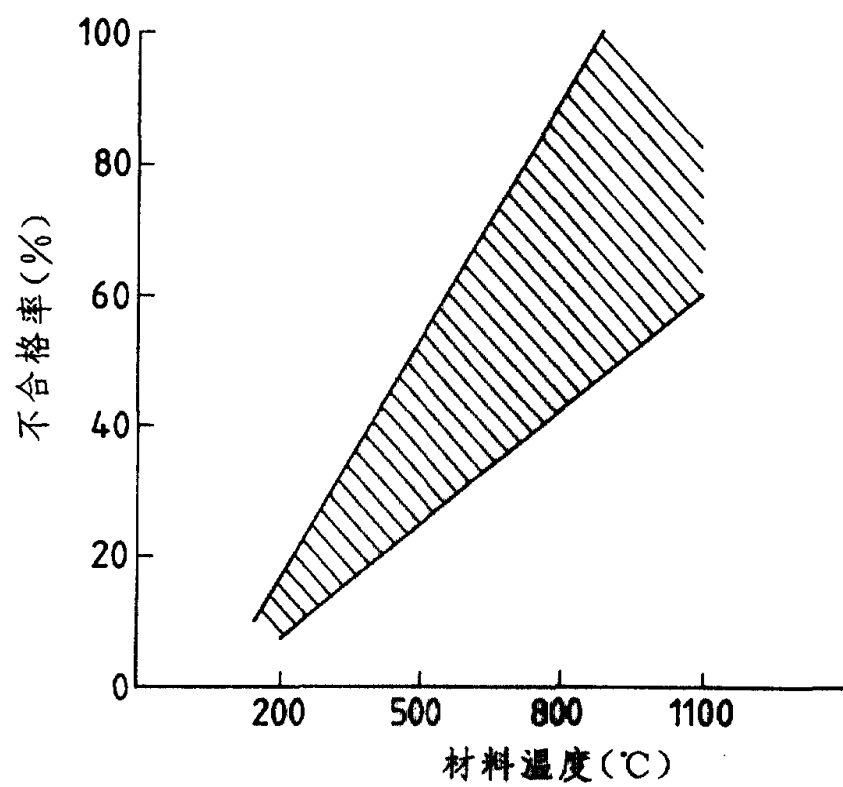


图 5

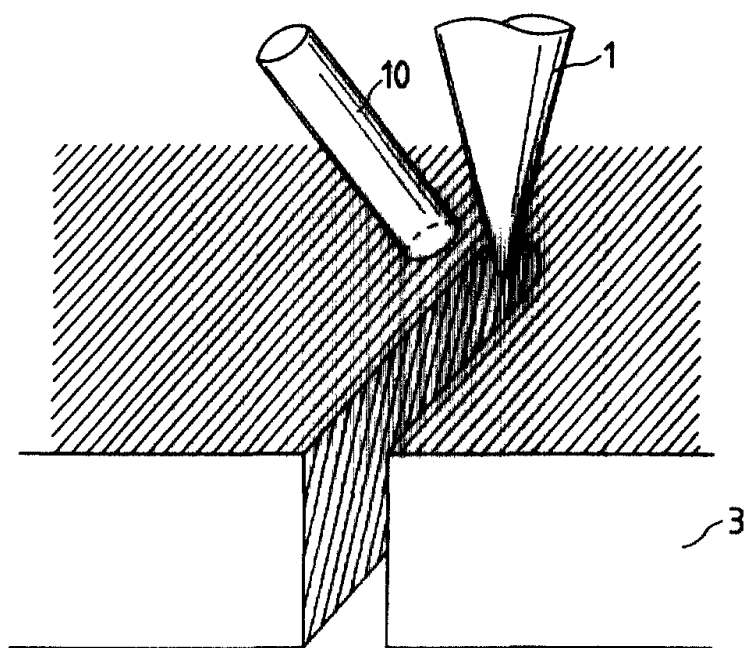


图 6

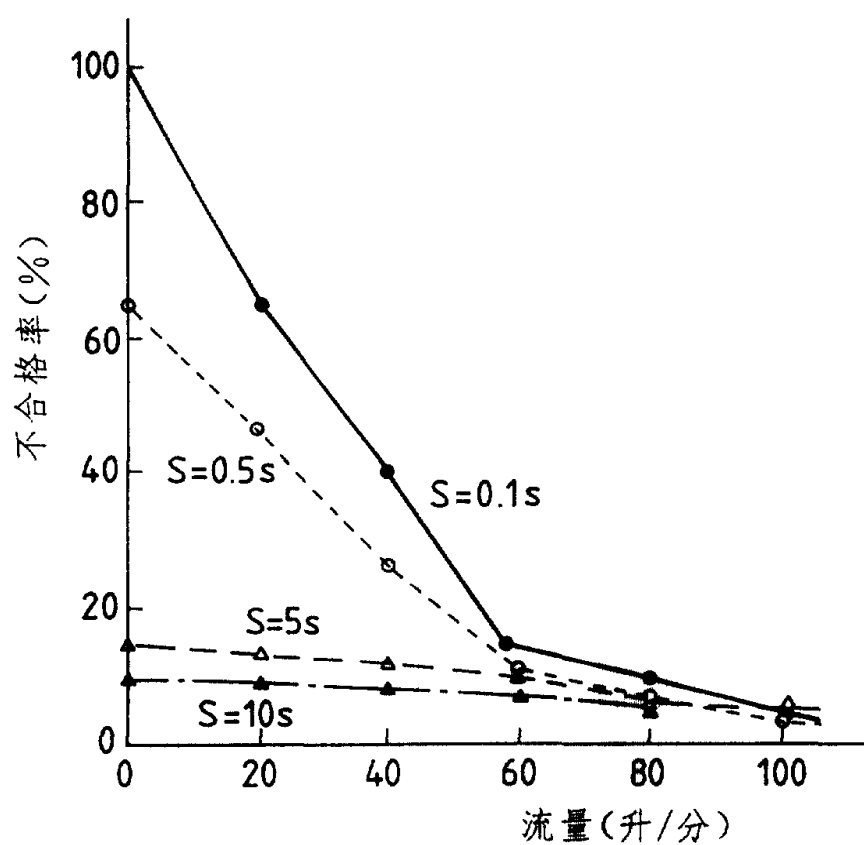


图 7

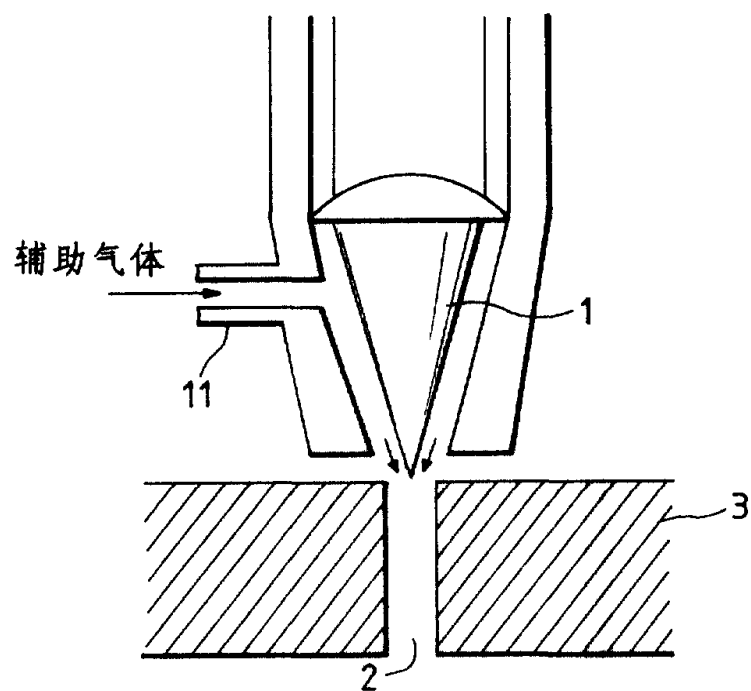


图 8

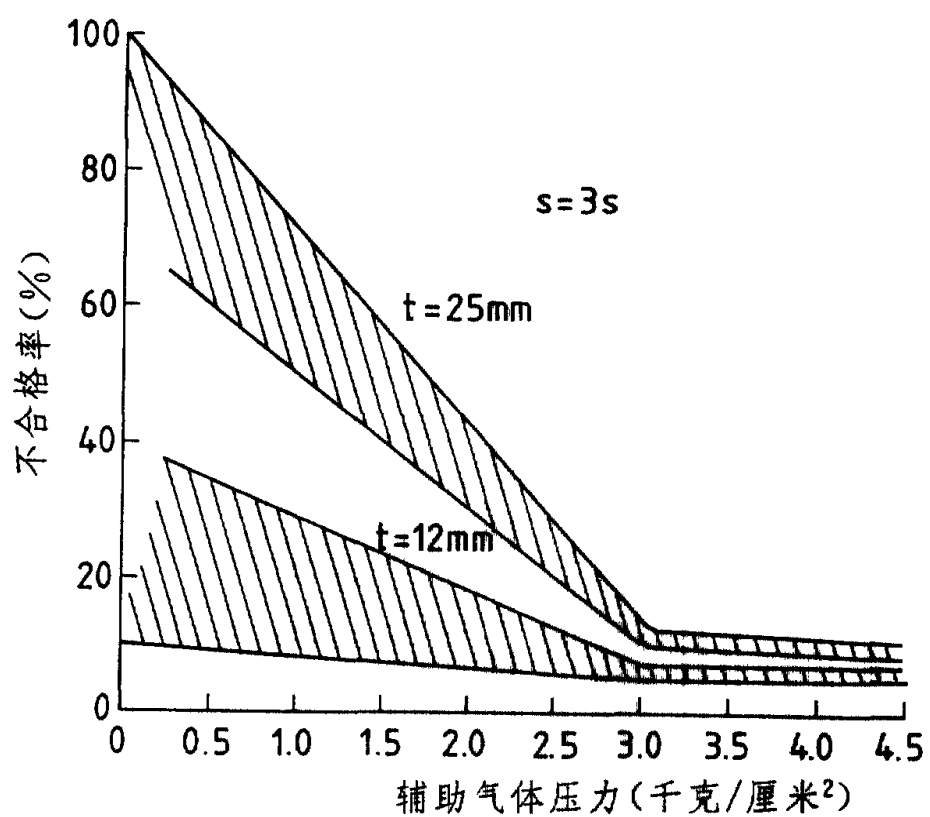


图 9

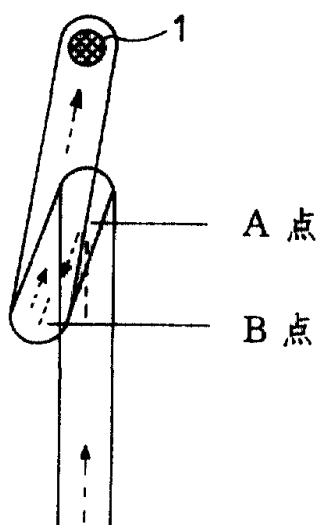


图 10

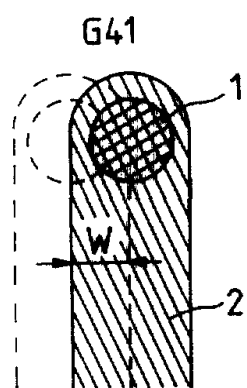


图 11(a)

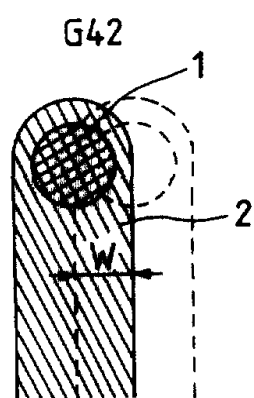


图 11(b)

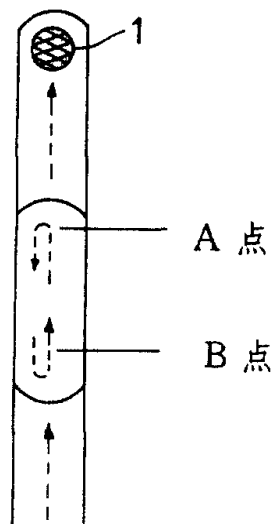


图 12(a)

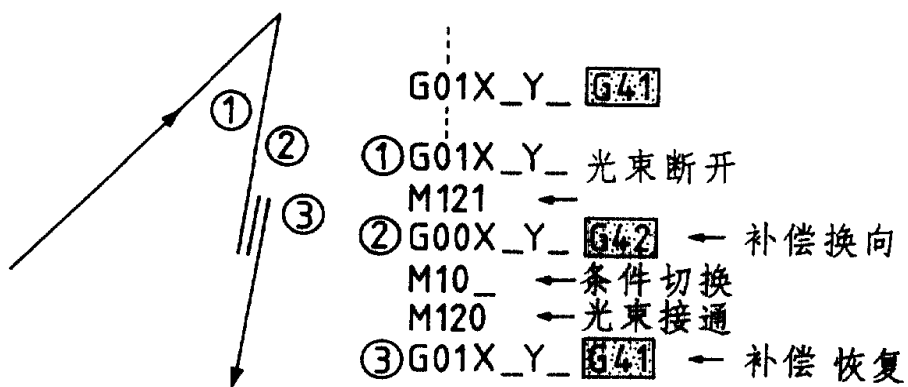


图 12(b)

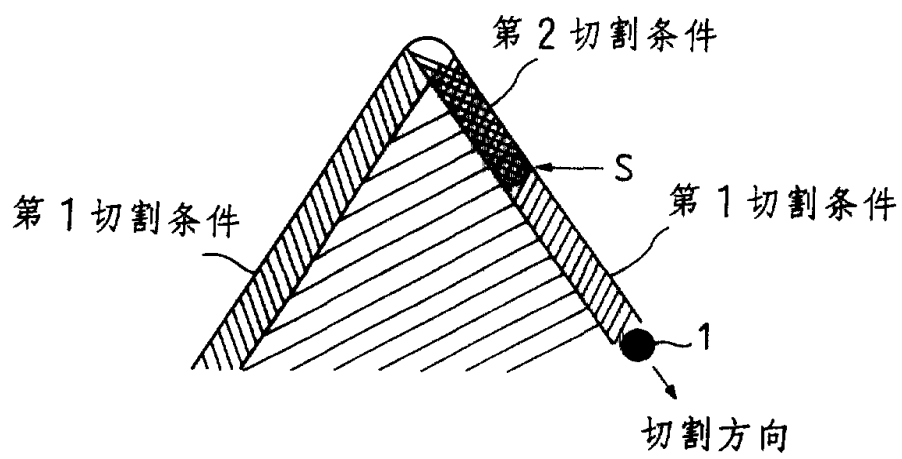


图 13

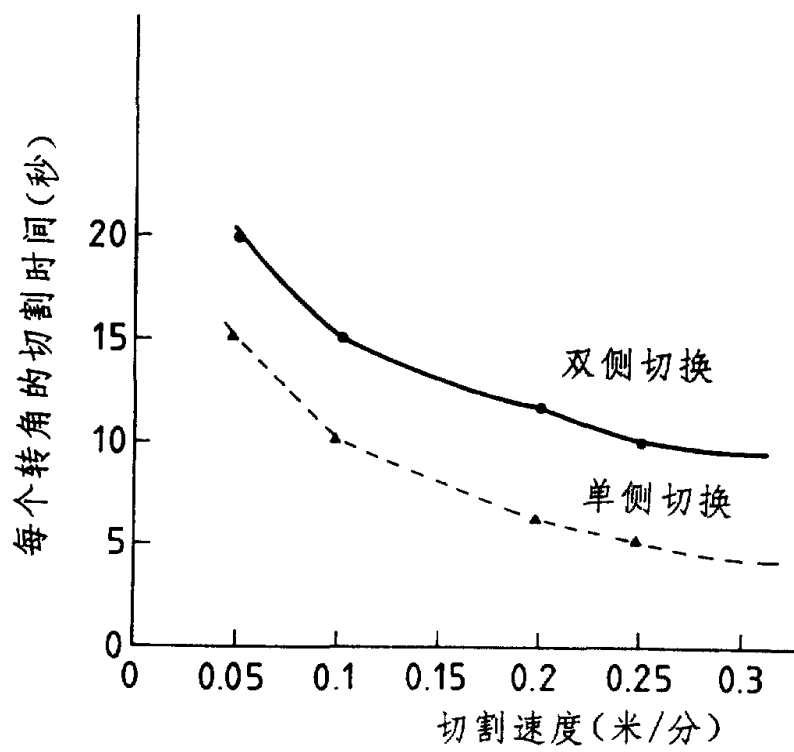


图 14

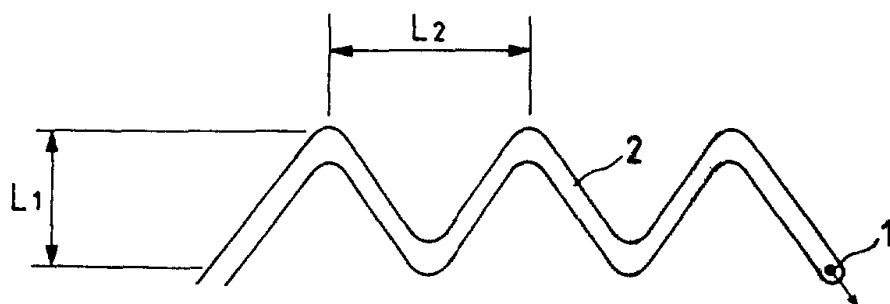


图 15

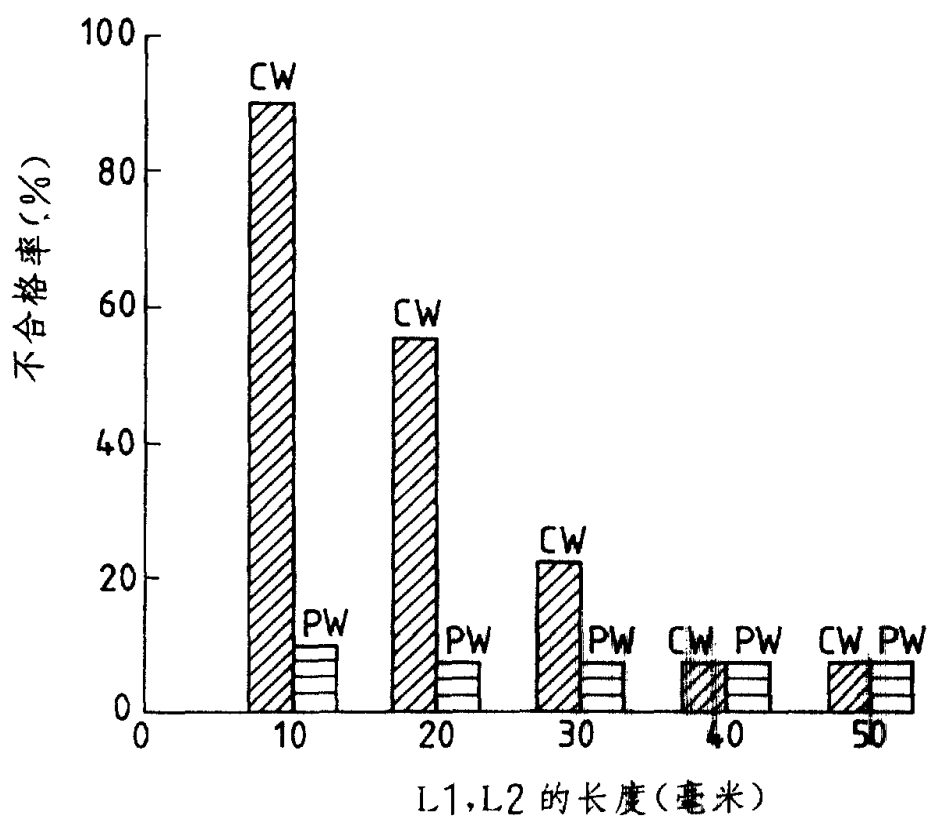


图 16

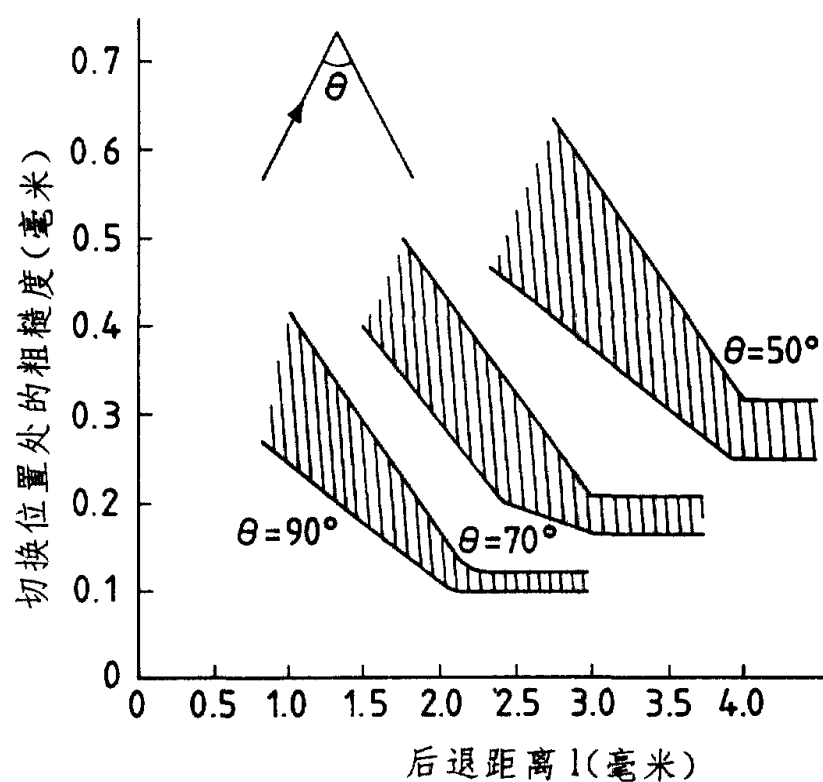


图 17

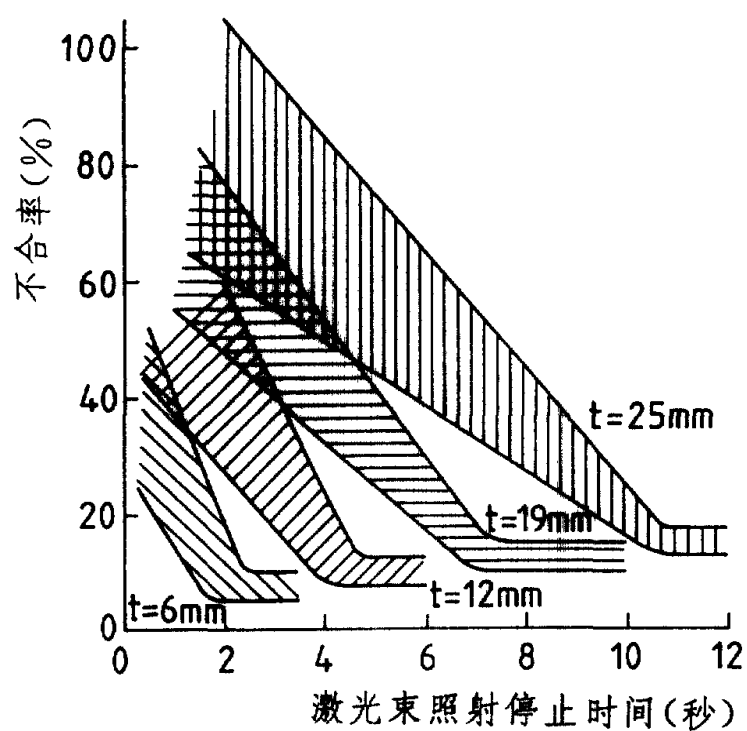


图 18

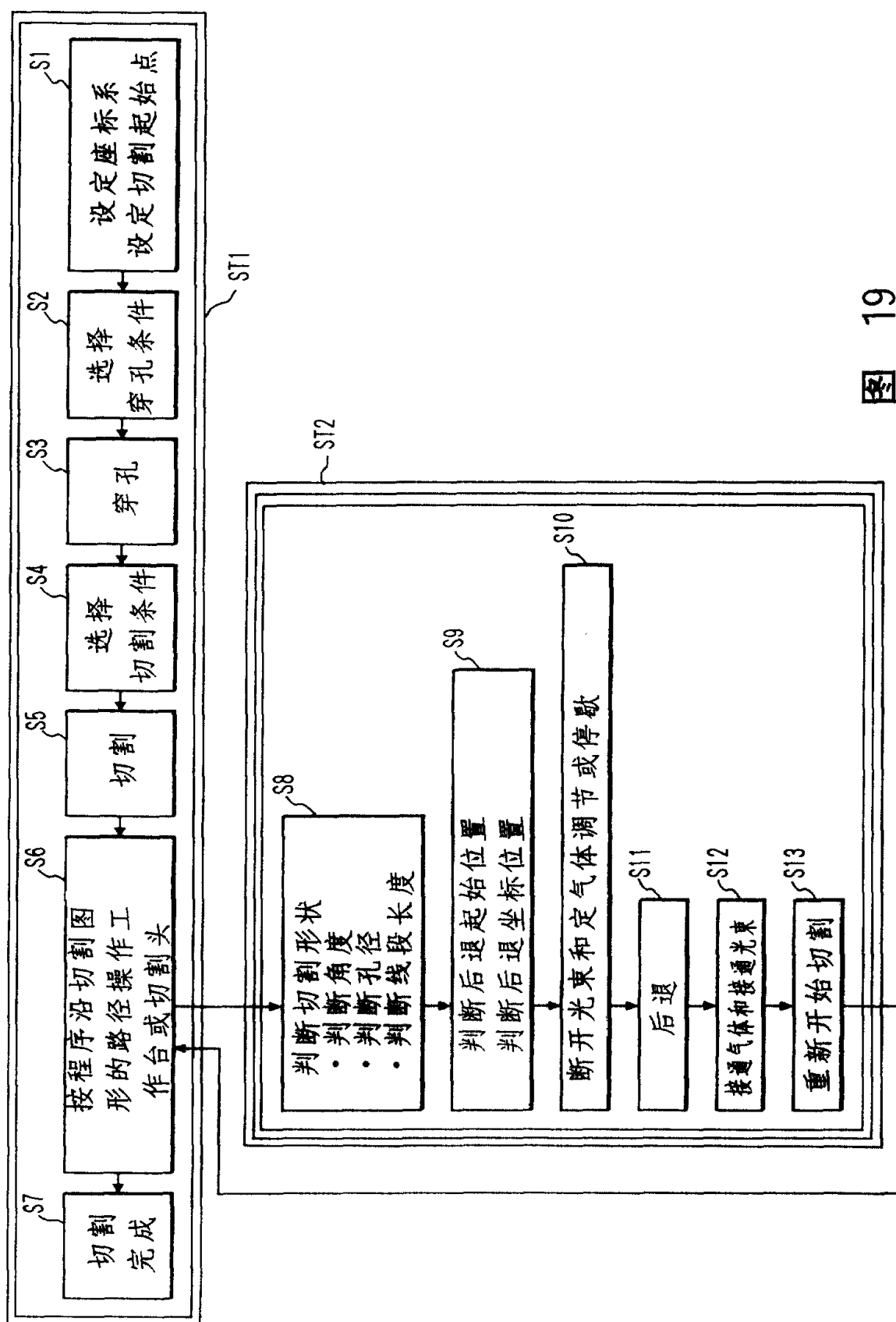


图 19

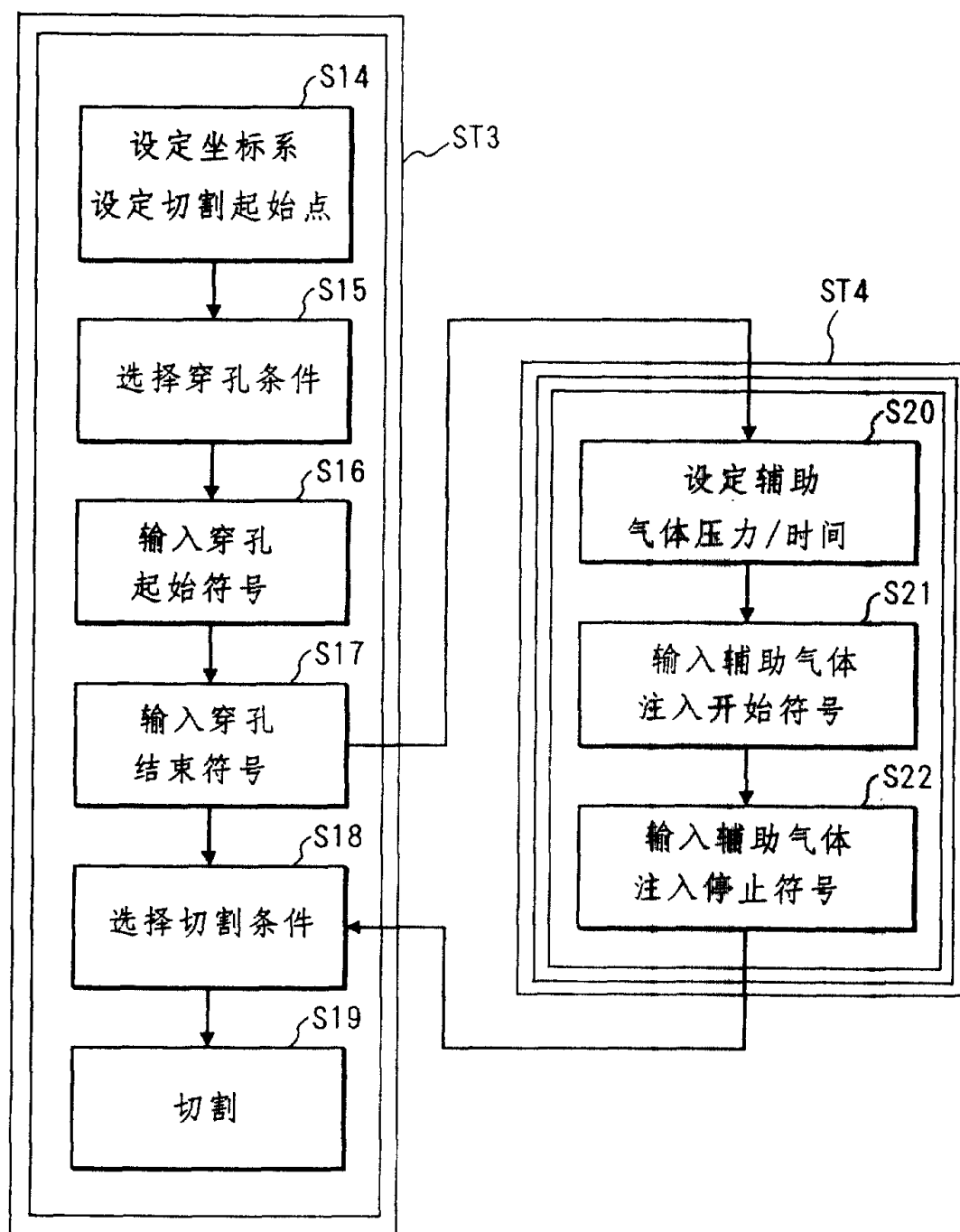


图 20

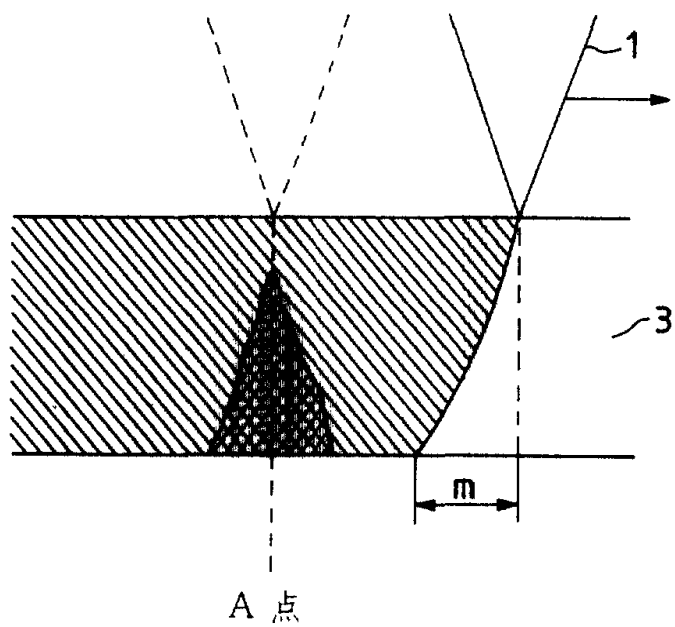


图 21

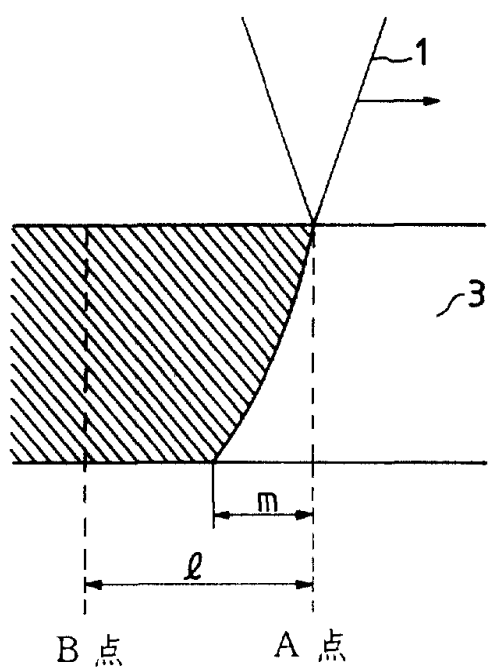


图 22

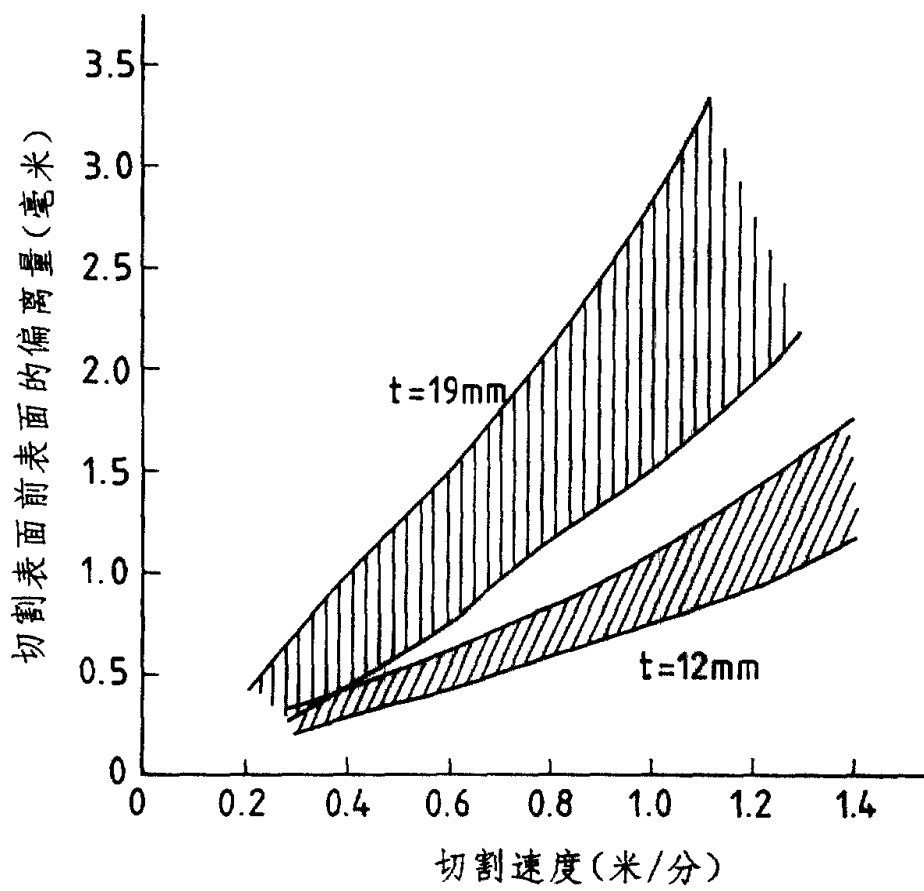


图 23

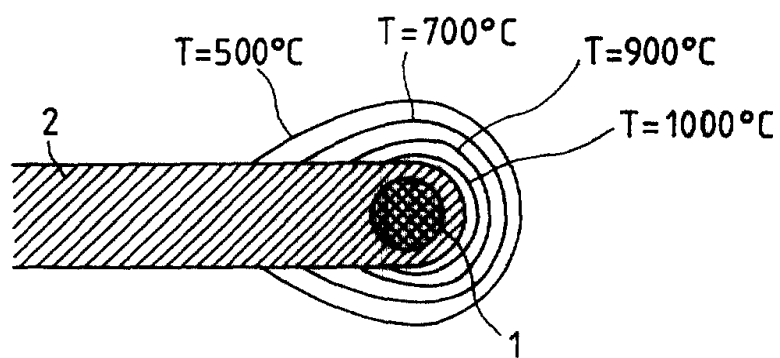


图 24

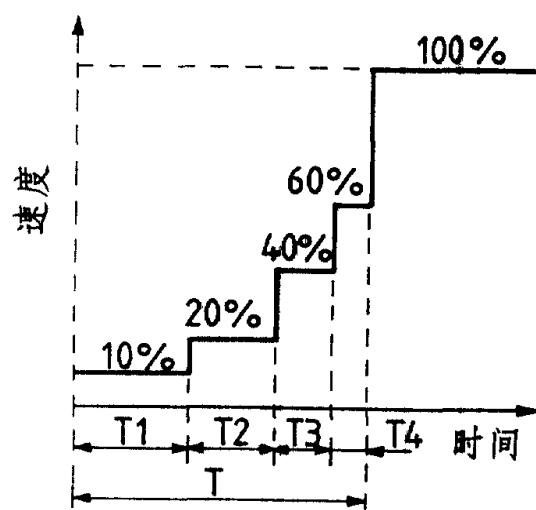
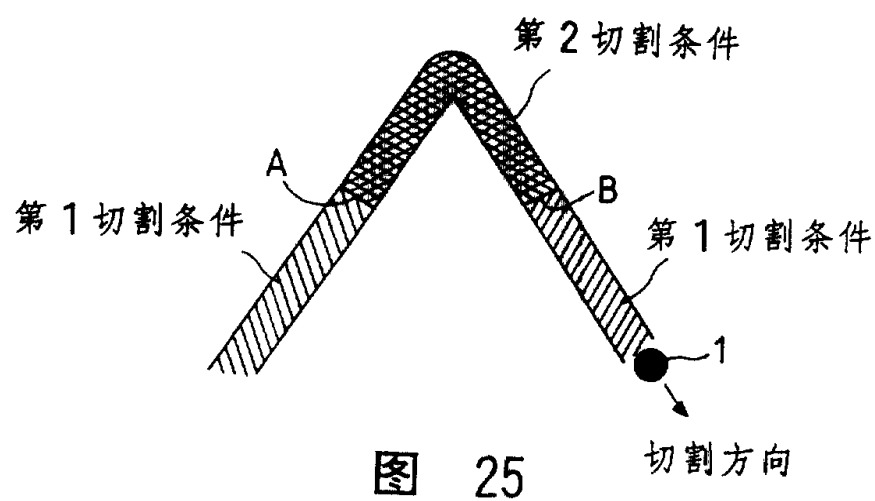


图 26

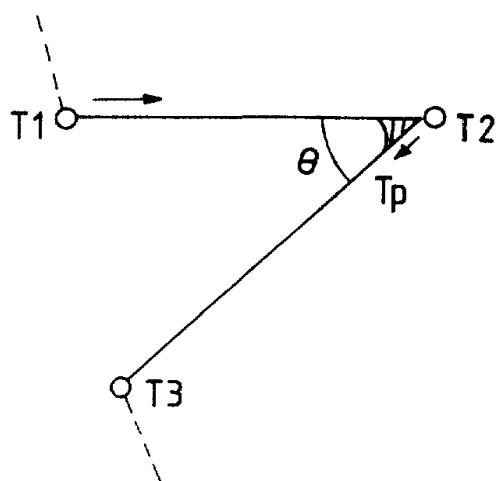


图 27