



(45) 授权公告日 2012.09.05

权利要求书 2 页 说明书 13 页 附图 15 页

```

graph TD
    A[8: A/D Conversion Unit] --> B[Data Storage Area (Original Data)]
    B --> C[71: 1st Area Data Selection]
    C --> D[72: 2nd Area Data Selection]
    C --> E[73: 1st Area Size Determination (Size, Position)]
    D --> F[74: 2nd Area Size Determination (Periodicity)]
    E --> G[76: Similarity Evaluation Data Selection]
    F --> G
    G --> H[75: Distance Evaluation]
    H --> I[77: Distance Comparison]
    I --> J[78: Final Judgment]
    J --> K[7: Periodicity Judgment Unit]
    K --> L[8: Defect Judgment Unit]
  
```

Figure 1 is a block diagram of a defect judgment device. The device includes an A/D conversion unit (8) connected to a data storage area (original data). The data is processed through several modules: 1st area data selection (71), 2nd area data selection (72), 1st area size determination (73), 2nd area size determination (74), similarity evaluation data selection (76), distance evaluation (75), distance comparison (77), and final judgment (78). The final judgment is based on the periodicity and position of the defect.

1. 一种周期性缺陷检测装置,其包括:

传感器,用于获得对被检体上的长度比所预测的缺陷周期长的区域的性状进行评价的信号;

小区域选择单元,决定区域长度比所述区域短的两个大小相同的小区域的位置,使得所述小区域在周期性缺陷的排列方向上以相邻的距离间隔全部相等的方式分离,并且从所述传感器输出中选择与所述两个小区域的位置对应的信号;

评价指数计算单元,在由该小区域选择单元选择出的多个信号间算出信号模式相互的类似性的评价指数;

设定值变更单元,变更所述小区域的位置和所述距离间隔,反复进行所述小区域选择单元和所述评价指数计算单元的运算处理;和

周期判定单元,在所述评价指数比预先设定的值高的情况下,将所述距离间隔判定为周期,

所述评价指数计算单元算出对所述小区域分别评价类似性的值,并且将这些值组合求出所述评价指数。

2. 根据权利要求1所述的周期性缺陷检测装置,其中,

所述小区域选择单元包括:

第1小区域选择单元,决定一个长度比所述区域短的小区域的位置,将其作为第1小区域,并且从所述传感器输出中选择与所述第1小区域的位置对应的信号;和

第2小区域选择单元,以所述第1小区域的位置作为基准,配置多个第2小区域,使得多个第2小区域在周期性缺陷的排列方向上以距离间隔全部相等的方式分离,并且从所述传感器输出中选择与所述多个第2小区域的位置对应的信号,

所述设定值变更单元变更所述第1小区域的位置和所述距离间隔,反复进行所述小区域选择单元和所述评价指数计算单元的运算处理。

3. 根据权利要求1所述的周期性缺陷检测装置,其中,

所述传感器是对由磁性金属部件构成的被检体进行励磁,以获得泄漏磁通信号的磁传感器。

4. 根据权利要求1所述的周期性缺陷检测装置,其中,

使所述小区域的长度与设想的最大缺陷为相同程度的长度。

5. 根据权利要求2所述的周期性缺陷检测装置,其中,

使所述小区域的长度与设想的最大缺陷为相同程度的长度。

6. 根据权利要求4或5所述的周期性缺陷检测装置,其中,

所述评价指数计算单元算出对所述小区域分别评价类似性的值,并且将这些值相加作为所述评价指数。

7. 根据权利要求1~5中任一项所述的周期性缺陷检测装置,其中,

对所述小区域分别评价类似性的值是所述小区域间的相关值。

8. 一种周期性缺陷检测方法,其包括:

(a) 信号输入步骤,获得对被检体上的长度比所预测的缺陷周期长的区域的性状进行评价的传感器输出;

(b) 小区域选择步骤,决定区域长度比所述区域短的两个大小相同的小区域的位置,并

使所述多个小区域在周期性缺陷的排列方向上以相邻的距离间隔全部相等的方式分离,并且从所述传感器输出中选择与所述多个小区域的位置对应的信号;

(c) 评价指数计算步骤,在由该小区域选择单元选择出的多个信号间算出信号模式相互的类似性的评价指数;

(d) 设定值变更步骤,变更所述小区域的位置和距离间隔,反复进行(b)和(c);和

(e) 周期判定步骤,在由(c)求出的评价指数比预先设定的值高的情况下将所述距离间隔判定为周期,

在所述评价指数计算步骤中,对所述小区域分别算出评价类似性的值,并且将这些值组合求出所述评价指数。

9. 根据权利要求8所述的周期性缺陷检测方法,其中,

在所述小区域选择步骤中,决定一个长度比所述区域短的小区域的位置,将其作为第1小区域,并且以该第1小区域的位置作为基准,配置多个第2小区域,使得所述多个第2小区域在周期性缺陷的排列方向上以距离间隔全部相等的方式分离,并且从所述传感器输出中选择与所述第1小区域的位置及所述多个第2小区域的位置对应的信号,

在所述设定值变更步骤中,变更所述第1小区域的位置和距离间隔,反复进行(b)和(c)。

周期性缺陷检测装置及其方法

技术领域

[0001] 本发明涉及用于检测由金属、塑料及其他材料形成的带状体或柱状体的周期性产生的周期性缺陷的周期性缺陷检测装置及其方法。

背景技术

[0002] 在带状体或柱状体的制造线中,用于输送产品存在使用辊的情况。在制造工艺中发生任何故障的时候,都有可能因该辊而使钢板产生缺陷。对于该缺陷的检测方法,特别是薄钢板的制造工艺中的例子。

[0003] 在薄钢板的制造工艺中,有可能产生被称为“辊痕”的周期性缺陷。该“辊痕”是因设置在制造线内的辊上所附着的异物或者该异物被卡入辊中而在钢板上转印上辊自身所产生的凹凸而产生。这样的周期性缺陷由辊上产生的凹凸转印到钢板上而产生,一旦发生则会连续地发生,直到更换了辊或者改善了工艺,所以研究早期发现的对策从提高成品率的方面来看也是极其重要的。

[0004] 现有技术中,作为该周期性缺陷的检测方法,着眼于周期性缺陷的周期性的检测方法被较多的提出。

[0005] 专利文献 1 记载的技术是利用周期性的方法之一。在该方法中,首先用缺陷检测用传感器计测被检体,再将该传感器输出信号以预想的周期(在上述专利文献 1 中相当于年钢铁生产线的最终压延辊的 1 次旋转的长度)进行同步相加,从不具有周期的其他噪声成分中增强处理具有周期性的缺陷信号的手法。但是,该方法只能在预先预想了周期的情况下使用。在例如钢铁的制造线中,存在缺陷产生原因的辊发生磨损而直径改变的情况。当直径改变时当然缺陷的产生周期也改变,因此难以适用上述的方法。

[0006] 目前为止,提出有几个对该缺陷的产生周期改变的问题进行处理的方法。

[0007] 作为第 1 方法,是用缺陷检测用传感器计测被检体,对该传感器输出信号进行阈值处理提取多个瑕疵候补,将多个瑕疵候补的间隔进行比较,在其一致的情况下,以一致的间隔作为周期判定为产生周期性缺陷。但是在想要将该方法实际应用时存在以下问题:

[0008] 在实际的制造线上,例如在压延辊的轧制率改变时等,辊与钢板的接触程度并不一定是一样的。在辊与钢板的接触较弱的情况下缺陷的等级小,因此缺陷信号也变弱有可能不被检测出来。此外,在不具有周期性的突发性的缺陷、本来无害的钢板的表面粗糙度、(磁性型的检测装置的情况下)磁特性等轻微的不均所产生的信号被检测出来,这些信号有可能与周期性缺陷混合而产生。因此,在单纯地比较缺陷候补的间隔以判定周期性的方法中,存在由于缺陷候补的未检测出来或者由于突发性的缺陷或过检测等的噪声导致瑕疵候补的间隔不一致,不能够正确地检测出周期性缺陷及其周期性的问题。

[0009] 作为用于对缺陷的产生周期改变的问题进行处理的第 2 方法,已知有利用自相关的检测方法(例如参照专利文献 2)。

[0010] 由于通过自相关的运算结果得到的峰值间的距离表示周期信号成分的周期,所以即使应处理的信号系列中包含的周期信号成分的周期未知,也能够从埋入噪声中的信号系

列中有选择地仅提取周期信号成分。但是,在该利用自相关的检测方法中,在来自被检体的传感器输出信号中大量包含有噪声成分的情况下,也存在周期性缺陷的判定精度降低的问题。此外,在为了抑制该过检测而降低检测灵敏度时却存在不能够检测出轻度缺陷产生的轻微信号的问题。

[0011] 此外,作为用于对缺陷的产生周期改变的问题进行处理的第 3 方法,包括例如专利文献 3 记载的检测方法。

[0012] 在该检测方法中,对移动的带状体等的表面连续地进行摄像,从摄像图像中切出模板图像 T,在其与长度方向的长度比作为目标的辊周长更长的目标图像 G 之间比较图像的类似性,检测出周期性。利用该方法,为了正确地获得缺陷周期,不仅缺陷部,健全部的基底模样部分的相关也需要计算。因此,在辊一周的量以上的范围比较图像的类似性。利用该方法,在对模板图像和目标图像的类似性进行评价的阶段,将相互的图像的相对位置一点点地偏移地对类似性进行评价,所以能够应对上述辊的直径因磨耗而一点点改变的这种情况。但是,由于在该方式中为了获得周期信息而利用健全部的基底图案,所以存在除形成基底图案的辊即检查前的最后的压延辊以外不能够加以适用的问题。

[0013] 在实际的钢板的制造线上,不仅检查前的最后的压延辊,在此之前产生的辊性缺陷也需要检测。具体而言,在冷压延中在最终压延辊的一段或者 2 段前的压延辊的缺陷,在 CAL 线上在最终调制压延辊前的退火炉内的辊的缺陷,在冷压延时产生的辊性缺陷等也必须被检测出来。因此,需要检测具有不同的直径的多个辊产生的缺陷,但是专利文献 3 的检测方法存在不能应对这一点的问题。

[0014] 专利文献 1 :日本特开平 6-324005 号公报

[0015] 专利文献 2 :日本特开昭 58-156842 号公报

[0016] 专利文献 3 :日本特开 2006-105791 号公报

发明内容

[0017] 本发明的目的在于提供即使缺陷的产生周期改变也能够使用,并且不仅最终压延辊,对由不同直径的多个辊产生的周期性缺陷特别是即使在缺陷轻微的情况下也能够高精度地进行判定的带状体等的周期性缺陷检测装置及其方法。

[0018] 本发明的发明人们首先对现有的相关运算的问题点进行了研讨。图 18 是示意性地表示对通常的周期性缺陷的测定信号进行相关运算的例子。在参考信号与输入信号的信号波形完全一致或者类似性较高时,利用相关系数的值变大这一情况,根据相关值大的部位的间隔求出周期性缺陷的周期。但是,在适用于周期性缺陷的检测的情况下,由于参考信号是从输入信号(即,在缺陷检测的情况下为传感器的测定信号)中切出而生成,所以如图 19 所示,在输入信号的 S/N 较低的情况下,相关运算的 S/N 也不会提高。

[0019] 对于此,本发明的发明人们着眼于周期性缺陷一旦产生则会反复(例如,5 次以上)产生多个缺陷的这一特征,想出了使 S/N 提高的本发明。相关运算虽然具有能够以一个周期的量的数据算出周期的优点,但是却不是利用多个周期的量的数量的运算。对于此,在本发明中活用多个周期的量的数据实现 S/N 的提高。

[0020] 进而,本发明的发明人们为了进一步的 S/N 的提高,得出了在进行相关运算的数据区域(数据数)中具有优选范围的见解。即,可知作为进行相关运算的数据区域,优选其

中缺陷信号的数据数所占比例高的区域。

[0021] 本发明是基于上述见解而研究得出,包括以下的结构。

[0022] 本发明的周期性缺陷检测装置包括:

[0023] 传感器,用于获得对被检体上的长度比所预测的缺陷周期长的区域的性状进行评价的信号;

[0024] 小区域选择单元,决定多个区域长度比所述区域短的小区域的位置,使得所述小区域在周期性缺陷的排列方向上以相邻的距离间隔全部相等的方式分离,并且从所述传感器输出中选择与所述多个小区域的位置对应的信号;

[0025] 评价指数计算单元,在由该小区域选择单元选择出的多个信号间算出信号模式相互的类似性的评价指数;

[0026] 设定值变更单元,变更所述小区域的位置和所述距离间隔,反复进行所述小区域选择单元和所述评价指数计算单元的运算处理;和

[0027] 周期判定单元,在所述评价指数比预先设定的值高的情况下,将所述距离间隔判定为周期。

[0028] 此外,在本发明的周期性缺陷检测装置中,上述小区域选择单元优选以下方式,其包括:

[0029] 第1小区域选择单元,决定一个长度比所述区域短的小区域的位置,将其作为第1小区域,并且从所述传感器输出中选择与所述第1小区域的位置对应的信号;和

[0030] 第2小区域选择单元,以所述第1小区域的位置作为基准,配置多个第2小区域,使得多个第2小区域在周期性缺陷的排列方向上以距离间隔全部相等的方式分离,并且从所述传感器输出中选择与所述多个第2小区域的位置对应的信号,

[0031] 所述设定值变更单元变更所述第1小区域的位置和所述距离间隔,反复进行所述小区域选择单元和所述评价指数计算单元的运算处理。

[0032] 此外,在本发明的周期性缺陷检测装置中,上述传感器优选是对由磁性金属部件构成的被检体进行励磁,以获得泄漏磁通信号的磁传感器。

[0033] 此外,在本发明的周期性缺陷检测装置中,优选使上述小区域的长度与设想的最大缺陷为相同程度的长度。

[0034] 此外,在本发明的周期性缺陷检测装置中,优选上述评价指数计算单元对上述小区域分别算出评价类似性的值,并且将这些值组合求出上述评价指数。

[0035] 此外,在本发明的周期性缺陷检测装置中,优选上述评价指数计算单元对上述小区域分别算出评价类似性的值,并且将这些值相加作为上述评价指数。

[0036] 此外,在本发明的周期性缺陷检测装置中,优选对所述小区域分别评价类似性的值是所述小区域间的相关值。

[0037] 此外,本发明的周期性缺陷检测装置包括:

[0038] 传感器,用于对被检体上的长度比所预测的缺陷周期长的二维区域的性状进行评价的信号;

[0039] 周期性判定单元,基于上述传感器的输出求出周期性缺陷的缺陷候补;和

[0040] 缺陷判定单元,基于上述缺陷候补和上述传感器输出至少对缺陷的有无进行判定,其中,

[0041] 上述周期性判定单元进行：

[0042] 第 1 运算处理,在上述二维区域内选择比上述二维区域小的第 1 二维小区域,以与第 1 二维小区域相同的大小选择从该第 1 二维小区域在周期性缺陷的排列方向上逐个偏离预定距离的多个第 2 二维小区域,计算出与上述二维小区域分别对应的传感器输出的信号模式相互的类似性的评价指数,对类似性进行评价,在评价为类似性高的情况下以上述距离作为周期,改变上述距离而反复进行判定在各二维小区域中存在缺陷候补的处理 ;和

[0043] 第 2 运算处理,在反复进行上述第 1 运算处理直到上述距离满足可能产生周期性缺陷的周期的范围为止以后,在原来的二维区域内变更上述第 1 二维小区域的位置而反复进行上述第 1 运算处理直到上述第 1 二维小区域满足原来的二维区域内的预定范围为止。

[0044] 此外,本发明的周期性缺陷检测方法包括：

[0045] (a) 信号输入步骤,获得对被检体上的长度比所预测的缺陷周期长的区域的性状进行评价的传感器输出；

[0046] (b) 小区域选择步骤,决定区域长度比所述区域短的多个小区域的位置,并使所述多个小区域在周期性缺陷的排列方向上以相邻的距离间隔全部相等的方式分离,并且从所述传感器输出中选择与所述多个小区域的位置对应的信号；

[0047] (c) 评价指数计算步骤,在由该小区域选择单元选择出的多个信号间算出信号模式相互的类似性的评价指数；

[0048] (d) 设定值变更步骤,变更所述小区域的位置和距离间隔,反复进行 (b) 和 (c) ;和

[0049] (e) 周期判定步骤,在由 (c) 求出的评价指数比预先设定的值高的情况下将所述距离间隔判定为周期。

[0050] 此外,在本发明的周期性缺陷检测方法中,上述小区域选择步骤优选为以下方式：

[0051] 在所述小区域选择步骤中,决定一个长度比所述区域短的小区域的位置,将其作为第 1 小区域,并且以该第 1 小区域的位置作为基准,配置多个第 2 小区域,使得所述多个第 2 小区域在周期性缺陷的排列方向上以距离间隔全部相等的方式分离,并且从所述传感器输出中选择与所述第 1 小区域的位置及所述多个第 2 小区域的位置对应的信号,

[0052] 在所述设定值变更步骤中,变更所述第 1 小区域的位置和距离间隔,反复进行 (b) 和 (c)。

[0053] 此外,本发明的周期性缺陷检测方法包括：

[0054] 获得对被检体上的长度比所预测的缺陷周期长的二维区域的性状进行评价的传感器输出的第 1 步骤；

[0055] 第 2 步骤,在上述二维区域内选择比上述二维区域小的第 1 二维小区域,以与第 1 二维小区域相同的大小选择从该第 1 二维小区域在周期性缺陷的排列方向上逐个偏离预定距离的多个第 2 二维小区域,计算出与上述二维小区域分别对应的传感器输出的信号模式相互的类似性的评价指数,对类似性进行评价,在评价为类似性高的情况下以上述距离作为周期,改变上述距离而反复进行判定在各二维小区域中存在缺陷候补的处理 ;和

[0056] 第 3 步骤,在反复进行上述第 2 步骤直到上述距离满足可能产生周期性缺陷的周期的范围为止以后,在原来的二维区域内变更上述第 1 二维小区域的位置而反复进行上述第 2 步骤直到上述第 1 二维小区域满足原来的二维区域内的预定范围为止 ;和

[0057] 基于上述缺陷候补和上述传感器输出至少对缺陷的有无进行判定的第 4 步骤。

[0058] 发明效果

[0059] 根据本发明,包括:传感器,用于获得对被检体上的长度比所预测的缺陷周期长的区域的性状进行评价的信号;小区域选择单元,决定多个区域长度比所述区域短的小区域的位置,使得所述小区域在周期性缺陷的排列方向上以相邻的距离间隔全部相等的方式分离,并且从所述传感器输出中选择与所述多个小区域的位置对应的信号;评价指数计算单元,在由该小区域选择单元选择出的多个信号间算出信号模式相互的类似性的评价指数;设定值变更单元,变更所述小区域的位置和所述距离间隔,反复进行所述小区域选择单元和所述评价指数计算单元的运算处理;和周期判定单元,在所述评价指数比预先设定的值高的情况下,将所述距离间隔判定为周期。因此,即使缺陷的产生周期变动也能够容易地检测出缺陷,并且即使是由各种直径的辊产生的轻微的周期性缺陷得到的轻微信号,也能够高精度地检测出来。

[0060] 此外,根据本发明,包括:(a) 信号输入步骤,获得对被检体上的长度比所预测的缺陷周期长的区域的性状进行评价的传感器输出;(b) 小区域选择步骤,决定区域长度比所述区域短的多个小区域的位置,并使所述多个小区域在周期性缺陷的排列方向上以相邻的距离间隔全部相等的方式分离,并且从所述传感器输出中选择与所述多个小区域的位置对应的信号;(c) 评价指数计算步骤,在由该小区域选择单元选择出的多个信号间算出信号模式相互的类似性的评价指数;(d) 设定值变更步骤,变更所述小区域的位置和距离间隔,反复进行(b)和(c);和(e)周期判定步骤,在由(c)求出的评价指数比预先设定的值高的情况下将所述距离间隔判定为周期。因此,即使缺陷的产生周期变动也能够容易地检测出缺陷,并且即使是由各种直径的辊产生的轻微的周期性缺陷得到的轻微信号,也能够高精度地检测出来。

附图说明

[0061] 图 1 是实施方式 1 的周期性缺陷检测装置的结构图。

[0062] 图 2 是表示实施方式 1 的周期性判定装置的功能框的一个例子的图。

[0063] 图 3 是表示实施方式 1 的周期性判定装置和缺陷判定装置的处理过程的流程图。

[0064] 图 4A 和图 4B 是周期性判定装置的运算处理的说明图。

[0065] 图 5 是表示实施方式 2 的周期性判定装置和缺陷判定装置的处理过程的流程图。

[0066] 图 6A ~ 图 6C 是表示数据采样的间距与缺陷检测的关系的说明图。

[0067] 图 7 是实施方式 3 的周期性缺陷检测装置的结构图。

[0068] 图 8 是宽度方向磁化的示意图。

[0069] 图 9 是钢板制造线上产生的辊性微小凹凸缺陷的探伤例。

[0070] 图 10 是表示对图 9 的漏泄磁通信号进行了自相关的结果的图。

[0071] 图 11 是通过实施方式 1 的信号处理求出的类似性评价指数 R 的例子(其 1)。

[0072] 图 12 是通过实施方式 1 的信号处理求出的类似性评价指数 R 的例子(其 2)。

[0073] 图 13 是通过实施方式 1 的信号处理求出的类似性评价指数 R 的例子(其 3)。

[0074] 图 14 是通过实施方式 1 的信号处理求出的类似性评价指数 R 的例子(其 4)。

[0075] 图 15A 和图 15B 是表示在连续退火线上产生的缺陷的大小的分布的调查结果的

图。

[0076] 图 16A 和图 16B 是表示改变图 15 的数据区域的窗长度和窗宽度而求出的类似性评价指数 R 的 S/N 的例子的图。

[0077] 图 17 是表示实施方式 1 的测定信号的例子的图。

[0078] 图 18 是表示现有的周期性缺陷的检测方法的说明图。

[0079] 图 19 是表示现有的周期性缺陷的检测方法的说明图。

[0080] 图 20A ~ 图 20C 是表示本发明的周期性缺陷的检测方法的原理的说明图。

[0081] 附图标号的说明

[0082] 1 钢板、2 缺陷、3 磁化器、4 磁传感器、5 信号前处理装置、6A/D 转换装置、7 周期性判定装置、8 缺陷判定装置、71 数据存储区域、72 第 1 小区域选择部、73 第 1 小区域数据设定部、74 第 2 小区域选择部、75 第 2 小区域数据设定部、76 类似性评价指数运算部、77 周期判定部、78 判定结果存储部。

具体实施方式

[0083] 使用图 20, 对本发明的周期性缺陷的检测原理进行说明。

[0084] 在图 20 中, 为了容易理解, 以一维的数据列进行说明。但是如后面所述也可以适用 2 维的数据列。首先, 如图 20A 所示, 考虑选取包含缺陷的第 1 小区域 1, 并且以与缺陷周期 p_0 相同的间隔 (指将小区域的大小和相邻的小区域所离的距离间隔相加的距离间隔) 在数据列上选取与该第 1 小区域相同大小的第 2 小区域 2、3、4、5 (此处为 4 个, 但是第 2 小区域的个数并不特别限定)。然后, 用第 1 小区域 1 与第 2 小区域 2、3、4、5 分别进行积和运算, 得到的 4 个相关值能够分别得到大的值, 再将这 4 个相加的值作为类似性评价指数 R 算出。

[0085] 这样, 如图 20A 所示在第 1 小区域包含缺陷位置, 并且间隔 d 与缺陷周期 p_0 刚好一致时, 全部的相关值变大, 所以与之相关的类似性评价指数 R 确实地变成较大的值。另一方面, 在第 1 小区域不包含缺陷, 或者间隔 d 与缺陷周期 p_0 不一致的情况下, 即使某个相关值偶尔为较大的值, 也不会全部变成较大的值, 所以类似性评价指数 R 不会变大。本发明是基于上述考虑而研究得出的, 例如, 如图 20C 所示, 将间隔 d 以 $d' (= d + \Delta d)$ 的方式一点点地改变, 对设定的各个间隔 d 分别求出类似性评价指数 R 。若间隔 d 网罗了预定范围 (例如达到设想的缺陷周期的最大长度), 接着再改变第 1 小区域的位置 q , 与上述同样地改变间隔 d 反复进行类似性评价指数 R 的计算, 并从类似性评价指数 R 变成大于预先设定的值的情况或者成为最大值的情况下的间隔 d 求出周期性缺陷的周期。

[0086] 以上为本发明的原理, 通过以下的实施方式详细进行说明。

[0087] 实施方式 1.

[0088] 图 1 是实施方式 1 的周期性缺陷检测装置的结构图。在图 1 中, 1 为钢板 (为了使钢板下配置的设备容易看到而以透视图表示), 2 为周期性缺陷, 3 为磁化器, 4 为磁传感器, 5 为内置放大器和过滤电路的信号前处理装置, 6 为 A/D 转换装置, 7 为周期性缺陷检测器, 8 为缺陷判定装置。

[0089] 在钢板 1, 在该例子中作为周期性缺陷 2, 因压延辊引起的辊性表面缺陷在压延方向 (在图 1 中为行进方向) 存在多个。磁化器 3 和磁传感器 4 的组隔着钢板 1 相对并且沿

着钢板 1 的宽度方向（与周期性缺陷的排列方向正交的方向）配置有多个。磁化器 3 中被供给来自未图示的磁化电源的直流电源而被磁化，通过磁化器 3 在两磁极间产生的磁通通过钢板 1。此处，磁化器 3 被设置为磁通在钢板 1 的宽度方向流动。另外，在此处，磁化器和磁传感器的组是隔着钢板 1 相对设置，但是也可以是在相同侧设置。周期性缺陷 2 在钢板 1 上存在时会由此妨碍磁通，能够通过磁传感器 4 检测出该变化。

[0090] 在图 1 的例子中，如图所示的行进方向对应于周期性缺陷的排列方向，所以与钢板 1 由压延线等输送相应，周期性缺陷 2 到达磁传感器 4 的位置，此时如上所述信号发生变化。从而，与钢板的行进方向的移动量（即，钢板 1 的位置）相应，收集磁传感器 4 的测定信号作为时间序列的数据，则能够得到周期性缺陷 2 的排列方向的测定数据（用于评价性状的信号）。

[0091] 此处，需要获得比周期性缺陷 2 的预想的缺陷周期的最大值（在压延辊存在多个的情况下以最大辊周长为基准）更长的距离量（钢板的移动距离）的测定数据，可以设定为能够获得多个周期量例如 3 乃至 5 个周期量程度。但是，并不限于于此，如后面所述，通过使周期数多地收集数据进行运算，S/N 进一步提高，所以上限与测定对象的信号 S/N 的程度相匹配地适当决定即可。

[0092] 只要是能够同时测定宽度方向整体的传感器，则能够遍及钢板长度方向的整个长度进行测定，所以会成为多个周期以上而不存在问题，但是在周期性缺陷检查的情况下，一般以成本的观点来考虑，存在使用仅测定宽度方向的一部分的传感器，使传感器来回移动进行测定的情况。在这种情况下，在相同宽度位置测定了上述设定的周期量（做大周期的多个长度以上，例如 3～5 周期量程度）以后，移动宽度位置即可。

[0093] 这样得到的磁传感器 4 的输出信号由内置在信号前处理装置 5 中的放大器进行信号放大，然后，由内置在信号前处理装置 5 中的过滤电路除去噪声，发送到 A/D 转换装置 6。

[0094] 在 A/D 转换装置 6 中，将该模拟信号以在钢板 1 上成为等距离间距的方式进行采样并进行数字化。能够得到例如将旋转编码器 (rotaryencoder) 与钢板 1 相接等采样脉冲。在 A/D 转换装置 6 被数字化后的数据被发送至周期性判定装置 7。在此，进行以下的图 2 所示的周期性判定。其中，此处的采样间距是指将磁传感器 4 的信号转换为数字数据，并存储在数据用存储器中时的空间分辨率，设定为能够检测出成为检测对象的缺陷的最小长度的值（例如，最小长度的 1/2 程度以下）即可。

[0095] 图 2 是表示周期性判定装置 7 的功能框图的一个例子的说明图。

[0096] 周期性判定装置 7 包括：对于 A/D 转换后的测定数据（此处，因为磁传感器 4 在宽度方向配置有多个所以成为 2 维的数据列）直接存储原始数据的数据存储区域 71、用于选择第 1 小区域的数据的第 1 小区域选择部 72、在选择第 1 小区域的数据时设定小区域的大小和位置的第 1 小区域数据设定部 73、用于选择第 2 小区域的数据的第 2 小区域选择部 74、在选择第 2 小区域的数据时设定第 2 小区域的大小和距离间隔的第 2 小区域数据设定部 75、输入从第 1 小区域选择部和第 2 小区域选择部选择的数据并计算出类似性评价指数的类似性评价指数运算部 76、根据类似性评价指数进行是否存在周期性的判定的周期判定部 77、和存储判定后的结果并将结果输出至缺陷判定部的判定结果存储部 78。

[0097] 利用第 1 小区域数据设定部 73 依次变更第 1 小区域的位置，在第 1 小区域选择部进行设定，利用第 2 小区域数据设定部 75 依次变更第 2 小区域的距离间隔，在第 2 小区域

选择部设定第 2 小区域的位置,反复执行类似性评价指数的运算。小区域的大小在反复运算的期间为一定,由第 1 小区域数据设定部 73 设定的小区域的大小的值被输出至第 2 小区域选择部 74,设定为相同的值。利用周期判定部 77,在算出的评价指数被评价为类似性高的值的情况下,根据此时的距离间隔决定周期,根据位置决定周期性缺陷候补的存在区域。

[0098] 图 3 是表示周期性判定装置 7 和缺陷判定装置 8 的处理过程的流程图,图 4 是其运算处理的说明图。

[0099] (S1) 第 1 小区域选择部 72 如图 4A 所示,在所测定的范围中,选择宽度方向为 h、压延方向为 1(L) 的大小的区域 1(基准区域)。其中,作为在后述的步骤 S2 以后使用的 d 的初始值,可以将 d 设定为最小辊周长(缺陷周期的最小值)的值。

[0100] (S2) 第 2 小区域选择部 74 如图 4A 所示,在从区域 1 来看宽度方向上为相同位置、压延方向上偏离距离 d 的位置以与区域 1 相同大小选择区域 2。同样地,在与区域 1 偏离 2d 的位置选择区域 3,在偏离 3d 的位置选择区域 4,在偏离 4d 的位置选择区域 5。

[0101] 其中,区域 1 相当于上述的第 1 小区域,区域 2~区域 5 相当于上述的第 2 小区域。

[0102] (S3) 类似性评价指数运算部 76 在区域 1 和区域 2 的对应的部位,进行以下的(数学式 1)的计算,计算区域 1 和区域 2 的相关值 R_{12} 。此处, $x(i, j)$ 为数字化后的传感器输出的所测定的全部范围内的宽度方向第 i 个,压延方向第 j 个的点的值。

[0103]
$$R_{12} = \sum_i \sum_j x(i, j) * x(i, j + d) \dots \dots \text{(数学式 1)}$$

[0104] 同样地,进行以下的(数学式 2)的计算,在区域 2 和区域 3、区域 3 和区域 4、区域 4 和区域 5 的对应部位求出相关值 R_{23} 、 R_{34} 、 R_{45} 。

[0105]
$$\left. \begin{aligned} R_{23} &= \sum_i \sum_j x(i, j + d) * x(i, j + 2d) \\ R_{34} &= \sum_i \sum_j x(i, j + 2d) * x(i, j + 3d) \\ R_{45} &= \sum_i \sum_j x(i, j + 4d) * x(i, j + 5d) \end{aligned} \right\} \dots \text{(数学式 2)}$$

[0106] (S4) 类似性评价指数运算部 76 进行以下的(数学式 3)的计算,将相关值 R_{12} 、 R_{23} 、 R_{34} 、 R_{45} 相加求出类似性的评价指数。此处是将多个区域的相关值相加的用于排除各区域的偏差或偏离等的影响,是检测周期性缺陷的特有的处理。

[0107]
$$R = R_{12} + R_{23} + R_{34} + R_{45} \dots \dots \text{(数学式 3)}$$

[0108] (S5) 周期性判定部 77 在类似性的评价指数 R 为预先设定的阈值以上的情况下判定为存在周期性缺陷候补。

[0109] (S6) 接着,如图 4B 所示,将计算相关值的成为区域间的基准的距离 d 变更为 $d + \Delta$ ($d + \Delta = d$),反复进行上述的 S2 ~ S5 的处理。此处, Δ 是比预先决定的区域的压延方向的大小 1(L) 小的常数。为了不遗漏地进行评价,优选 $\Delta < 1(L)/2$ 。d 的变更的范围为可能产生周期性缺陷的周期的范围(图 3 的 S6 的预定范围)。优选在钢板 1 的生产线上网罗可能从产生“辊痕”的处于生产线内的辊的周长。其中,d 的变更可以在对各辊设想的

周长的前后范围（例如，数 10mm 程度的范围）进行，所以线内的各辊的周长大不相同，在存在不会产生周期性缺陷的范围的情况下，也可以不在该范围设定 d 的值。

[0110] (S7) 将成为类似性评价的基准的区域 1 的位置 q 在压延方向偏移 Δq ，反复进行上述的 S1 ~ S6 的处理。作为此时的 1 次的偏移量 Δq 。为了不遗漏地进行评价优选为比区域的压延方向的大小 $1(L)$ 的 $1/2$ 小的值。偏移量 Δq 的下限为数字化后的传感器输出的所测定的压延方向采样间隔，但是因为需要运算时间，所以适当决定即可。然后，直到区域 1 的位置 q 成为缺陷周期最大值（最大辊周长的值）为止（网罗图 3 的 S7 的预定范围为止）反复进行从而能够无遗漏地进行评价。其中，在上述的步骤 S1, d 的初始值被设定为最小辊周长，但是在 q 的值比最小辊周长大的情况下，也可以将 S1 中的 d 的初始值设定为 q 的值。即，总是将位置 q 的值从 0（零）进行至缺陷周期最大值（最大辊周长的值）的话，在 q 超出 d 的范围中计算会重复，所以如果使 q 超出 d 的条件不进行计算则能够进行有效的计算，因为优选。

[0111] (S8) 将成为类似性评价的基准的区域 1 的位置在宽度方向偏移，反复进行上述的从 S1 到 S7 的处理。作为此时的偏移量，为了不遗漏地进行评价而优选比区域的宽度方向的大小 h 的 $1/2$ 小的值。

[0112] (S9) 进行了以上的周期性评价的结果，在上述的 S5 的判定中，在判定为存在周期性缺陷候补的情况下，将缺陷候补的压延方向、宽度方向的位置、周期的长度及其周边区域的信号数据存储在判定结果存储部 78 中并且发送至缺陷判定装置 8。缺陷候补的压延方向、宽度方向的位置由区域 1（或者区域 2、3、4、5）的位置决定。

[0113] 利用缺陷判定装置 8，根据缺陷候补的信号强度、宽度方向的长度、压延方向的长度、缺陷形状等数值判定是否为缺陷，在判定为缺陷的情况下将该结果与由周期性判定装置 7 得到的周期 d 一起输出。在缺陷判定装置 8 中，在以由周期性判定装置 7 得到的周期为基础对缺陷部的信号进行同步相加而使 S/N 提高的基础上进行上述判定也可以。然后，当 S9 的处理结束后，返回到步骤 S6。

[0114] 其中，上述流程图是处理顺序的一个例子，该处理顺序可以适当变更。例如，改变间隔 d 的反复处理包含在变更区域 1 的位置的反复处理中，但是也可以相反，关于 S5 的类似性评价指标 R 的处理评价，说明的是在每次算出类似性评价指标 R 时执行，但是也可以在全部的反反复复处理完成以后，进行类似性评价指标 R 的评价处理。此外，S8 的数据区域 1 的宽度方向位置的变更在以一维数据为对象的情况下也可以不进行。

[0115] 在由缺陷判定装置 8 对缺陷部的信号进行同步相加的情况下，缺陷候补位置和周期在事先的步骤中明确可知，该同步相加对与区域 1 相同（或者相同程度）大小的范围进行就足够，最为简单的是能够通过加上判定为包含缺陷候补的时刻的区域 1、2、3、4、5 的缺陷部的信号而实现。计算同步相加值 $y(i, j)$ 的数学式用数学式 4 表示。该 $y(i, j)$ 的值超过了预定值的情况下判定为缺陷。通过这样能够使计算方式简易，特别是只进行在狭小的区域间的相加，所以能够大量节约计算量。此外，也可以基于在 S5 中判定为无周期性缺陷的数据，在线决定噪声等级 N ，并在 $y(i, j)$ 例如超过 $3N$ 的情况下判定为缺陷（即， $S/N > 3$ 的情况下为缺陷）。其中， N 由预定区域的最大值或平均平方误差决定即可。

[0116] $y(i, j) = x(i, j) + x(i, j+d) + x(i, j+2d) + x(i, j+3d) + x(i, j+4d)$

[0117] (数学式 4)

[0118] 此外,在沿宽度方向扩展的缺陷的情况下,当对相同压延方向位置在宽度方向进行累计,S/N 提高所以优选。

[0119] 如以上所示,在本实施方式 1 中,通过采用进行上述这种处理,即使缺陷的产生周期变动也能够容易地检测出缺陷,并且,即使是因各种直径的辊产生的轻微的周期性缺陷所带来的轻微的信号也能够高精度地检测出来。

[0120] 实施方式 2

[0121] 通常,在缺陷计中为了提高判断出缺陷的无害部的判别精度,一般的是提高缺陷信号的分辨率。在本发明中,如实施方式 1 所说明的那样,首先作为第 1 阶段,进行测定信号中是否包含周期性成分的判定处理(即,周期性缺陷候补的检测),在包含周期性成分的情况下(检测出周期性缺陷候补的情况下),作为第 2 阶段,利用周期和发生位置的信息对判定缺陷有害度的缺陷信号进行增强处理,进行缺陷的种类和程度等的判定。

[0122] 第 1 阶段:周期性缺陷候补检测(周期性成分的有无判定)

[0123] 基于周期性评价(基于相关运算的类似性评价的反复:上述步骤 S1 ~ S8)的缺陷候补(步骤 S5)的检测

[0124] 第 2 阶段:缺陷有害度判定

[0125] 进行缺陷判定(步骤 S9),判定为缺陷还是无害

[0126] 因为像这样,分两阶段进行处理,在第 2 阶段进行最终的缺陷判定,所以在第 1 阶段的周期性评价中可以降低运算上的分辨率,可以是粗略的评价(过检变多)。即,由此,能够降低运算处理的负荷,使处理速度高速化。

[0127] 以下,对该处理方法进行说明。另外,本实施方式 2 与在实施方式 1 中说明过的图 3 的处理顺序相同,是在 S1 的前段进行的处理,所以与实施方式 1 重复的部分的说明省略。

[0128] 图 5 是表示本实施方式 2 的周期性判定装置 7 和缺陷判定装置 8 的处理过程的流程图。

[0129] (S11) 以能够检测出检测对象缺陷的最小长度的值作为采样间距进行测定,输入测定数据。

[0130] (S12) 测定数据存储在图 2 的数据存储区域 71 中,并且保持原样地暂时存储在用于缺陷有害度判定而准备的未图示的缺陷有害度判定用数据保存区域(数据存储器等)。

[0131] (S13) 对于所输入的数据(所测定的信号)的压延方向,施加 LPF(低通滤波器;也可以是移动平均)。这是为了在后面进行周期性运算时,因为对数据进行间拔,要使得即使缺陷位置和采样位置偏移也能够检测出缺陷的缘故。即,考虑测定数据保持原样直接进行间拔处理有可能没有残留下缺陷信号,这是为了在间拔处理后残留下的数据中残留下缺陷信号的信息。

[0132] (S14) 生成以对在 S13 中生成的数据进行计测的采样间距的几次中 1 次(例如,4 次中 1 次,2 ~ 8 次中 1 次也可以)的比例对信号进行间拔的周期性评价用数据。

[0133] (S15) 将在 S14 中生成的周期性评价用数据存储在图 2 的数据存储区域 71 中。

[0134] (S16) 以后,与实施方式 1 同样地进行步骤 S1 ~ S8 的处理。其中,在 (S15) 中,为了周期性评价用数据的存储,周期性评价用数据保存区域在数据存储区域 71 之外存在,在其中存储周期性评价用数据的情况下,该运算使用存储在周期性评价用数据保存区域中的数据代替数据区域 71 的数据而进行。

[0135] (S17) 在存在周期性的情况下,使用缺陷有害度判定用数据保存区域的数据进行在实施方式 1 中说明过的 S9 的处理,进行缺陷判定。

[0136] 其中,在二维数据的情况下,当在压延方向的相同位置沿宽度方向连续地进行间拔时(在宽度方向呈条纹图案地使用数据),根据时机不同,容易如图 6A 所示遗漏缺陷。为了避免这种情况,在使作为检测对象的缺陷的最小缺陷宽度为 w 时,使测定信号的宽度方向的空间分辨率为例如 $w/2$ 时,至少在宽度方向两个数据位置能够得到缺陷信号。如果为 $w/4$,则能够在宽度方向 4 个数据位置得到缺陷信号。

[0137] 这样,在使得能够在宽度方向上从多个数据位置获得缺陷信号的基础上,例如如图 6B 所示,通过在宽度方向上将压延方向偏移进行间拔,可抑制缺陷的遗漏。

[0138] 此外,如图 6C 所示,偏移量也可以不一定是一个数据位置的量。

[0139] 实施方式 3

[0140] 在图 1 的实施方式 1 的计测中,采用的是在长度方向进行励磁,但是也可以如图 7 所示,将感知铅垂方向的磁场的传感器在宽度方向上排列,沿宽度方向进行磁化。在这种情况下,因缺陷产生的磁通沿宽度方向具有正负的分布(图 8)。在评价周期性时,在实施方式 1、2 中,是评价二维的区域间的类似性,但是像这样通过利用宽度方向磁化使缺陷信号具有特征性的正负的峰值,即使在进行图 6(C) 所示的这种数据采样时也能够使未检测出的概率降低,能够提高周期性评价精度。由此,即使如上所述进行间拔也能够评价周期性。

[0141] 进一步,着眼于缺陷信号在宽度方向上遍及多个磁传感器而产生,选择二维的区域和小区域,进行运算,对具有二维的特征的缺陷信号的二维区域上的类似性进行评价,从而能够在评价周期性的基础上更加精度良好地进行评价。

[0142] 实施例

[0143] 接着,对上述的实施方式 1 的周期性缺陷检测装置的适用例进行说明。

[0144] 图 9 是钢板制造线上产生的辊性微小凹凸缺陷的探伤例。在图中箭头表示缺陷位置,但是缺陷信号与噪声信号比较差较小而难以直接自动检测。在图 10 中表示对该信号作为实施了一般的信号处理进行了自相关运算的结果的例子。在原信号中,缺陷信号和噪声信号的差较小,即使进行自相关运算也不能够检测到缺陷的周期(1670mm)。

[0145] 图 11 和图 12 是实施了上述的实施方式 1 的信号处理的结果。

[0146] 图 11 是作为第 1 小区域的大小采用宽度方向 8mm、压延方向 50mm 的区域,对一组该区域计算了相关值作为类似性评价指数的图。在图 11 中,因为作为缺陷的周期的 1670mm 的位置(用箭头表示)相比于其他周期,类似性评价指数 R 的值变大,所以周期性变强(与其他周期相比较,类似性评价指数 R 的值大 1.5 倍程度,周期性强)能够发现周期性缺陷的存在。例如,在图 11 中,通过将阈值设定为 $R = 1.5$,能够辨别周期性缺陷。

[0147] 图 12 是区域的大小与图 6 相同,采取 4 组区域的组合计算相关值并相加作为类似性评价指数的图。在图 12 中可知与其他周期相比类似性评价函数 R 的值进一步增大且周期性高(与其他周期相比较,类似性评价函数 R 的值大 4~5 倍且周期性强),存在周期性缺陷的情况非常明显。例如,在图 12 中,通过将阈值设定为 $R = 2.5$,能够进一步提高周期性缺陷的辨别精度。通过像这样使用类似性评价指数设定辨别阈值,能够进行缺陷判定。

[0148] 像这样,为了评价类似性而通过在 4 组区域间求出相关值并相加,能够更加明显地检测出缺陷的周期性,但是将 2 个区域间的相关值作为类似性的指标也能够获得周期

性。越增加求取相关值的区域的组数则类似性评价结果即获得的周期的可靠性越高,但是另一方面则计算量变得庞大。根据结果的可靠性与计算量的关系,3组~5组程度最为适当,优选上述的4组。

[0149] 其中,在上述的数学式(3)的例子中,是将4组区域间的相关值相加作为类似性的评价指数,但是采用相乘、加权相加等其他手法也可以。

[0150] 此外,在上述例子中求取相关值的区域是相邻的2组,这对于在被检体的行进中使沿宽度方向偏移(摇晃)的影响尽可能地小这一点非常重要。特别是,在钢铁生产线上,由于在行进时存在被称为蛇行的宽度方向的摇晃,所以该计算方式的效果较大。但是,在行进时的摇晃小的被检体的情况下,也可以不一定是相邻的2组。例如,通过计算最初的基准位置与第2个区域、第3个区域、第4个区域……各自的相关,能够采用简单的计算方法。

[0151] 此外,在上述的例子中,表示的是使用相关值的方式的例子作为类似性评价方法,但是也可以采用差分累计处理等其他类似性评价方式。

[0152] 接着,在图13和图14中表示改变第1区域的大小的结果。

[0153] 图13相对于图11,图14相对于图12,对第1小区域采用压延方向100mm的大小,其以外的条件相同地进行计算。在该测定数据中,采用压延方向100mm的大小时的类似性评价价值变差,读取到根据区域的大小不同类似性评价价值发生变化。其理由是与缺陷尺寸相比使第1小区域过大时,相对于缺陷信号的数据数,噪声信号的数据数增加,噪声信号的影响变大,因此相关值的S/N变差。

[0154] 但是,在钢铁生产线上的辊性缺陷中,在钢板表面的粗糙度($R_a = 0.5 \sim 2 \mu m$)中具有平缓的轮廓(曲率半径 $R \geq 10mm$)的凹凸量为 $5 \mu m$ 以下,而具有面积 $10mm^2$ 以上的形状的缺陷被称为微小凹凸缺陷,是特别难以检测到的缺陷。根据发明人们对在连续退火线上产生的缺陷的大小的分布的调查结果,该缺陷如图15A和图15B所示,以宽度方向的长度为2mm至8mm程度,压延方向的长度为3mm至50mm程度为主。在以该微小凹凸缺陷为测定对象的情况下,计算相关值的区域的大小优选相当于该缺陷的尺寸的最大的大小的、 $h = 8mm$ 、 $l = 50mm$ 程度。对于几个改变了大小的样本(最小级尺寸的缺陷(长度3mm×宽度3mm)、最大级尺寸的缺陷(长度50mm×宽度10mm)),改变计算相关值的区域(第1小区域、第2小区域)的窗框的宽度(h)、长度(l),计算出(数学式3)的类似性的评价指数R。将代表性的结果表示在图16A和图16B中。

[0155] 图16A和图16B的纵轴是缺陷部与健全部的评价指数的值的比(称呼为S/N)。

[0156] 根据该数据,小区域的适用范围是长度:10mm~100mm、宽度:1mm~30mm($S/N \geq 2$),优选范围是长度:20mm~80mm、宽度:2mm~20mm($S/N \geq 2.5$),更加优选的范围是长度:25mm~62mm、宽度:7mm~11mm($S/N \geq 3$)。

[0157] 可以知道,相对于设想的缺陷的最大宽度、长度,在使区域的窗框的宽度、长度分别为1/4以上、2倍以下时,S/N成为2以上能够应对缺陷的自动检测,在与设想的缺陷的最大宽度、长度相匹配地使区域的窗框的宽度、长度为大致相同程度时,S/N成为3以上为最佳。

[0158] 此外,如图17所示,本实施例的磁传感器的测定信号在压延方向上具有大约10mm左右的扩展,所以在图9中在优选范围没有出现缺陷尺寸的相对比那样大的差。此外,优选范围的下限可以为缺陷最大尺寸,但考虑优选范围的上限也以该测定信号的扩展为基准,

所以如果将优选范围以别的标记,则为缺陷最大尺寸的 1/4 以上且信号的最小扩展的 10 倍以下,更加优选为缺陷最大尺寸的 2/5 以上且信号的最小扩展的 8 倍以下,进一步优选为缺陷最大尺寸的 1/2 以上且信号的最小扩展的 6 倍以下。

[0159] 其中,在上述的实施方式中表示了泄漏磁通探伤的例子,但是只要是评价被检体的性状的方法则不一定要是泄漏磁通探伤,也可以是其他的方法,也可以是使用通常的摄像头的表面缺陷计、使用红外线的传感器、温度记录器 (thermography)、超声波传感器、涡流传感器等其他检测缺陷的装置。

[0160] 此外,在上述的专利文献 3 的技术中,进行光学式的缺陷检查,利用所得到的信号的健全部的作为噪声的基底图案与最终压延辊的周长具有相同的周期性的这一情况。但是,在泄漏磁通探伤中健全部的噪声不仅受到表面的凹凸,而且受到因压延时的轧制率、温度不均等微妙条件产生的变形的影响,所以在泄漏磁通探伤中健全部的噪声不限于与最终压延辊具有相同的周期。因此,特别是在泄漏磁通探伤中按照缺陷部的周边的各区域进行类似性评价的效果大。

[0161] 此外,作为泄漏磁通的传感器,可使用霍尔元件、线圈、磁电阻元件、SQUID 等磁传感器。此外,在宽度方向上排列多个传感器,但是也可以采用将一个或者多个传感器来回移动的方式。此外,对整个宽度进行探伤,但是也可以采用对宽度方向的一部分区域进行探伤的方式。特别是如果为周期性的连续缺陷,则也可以采用对宽度方向的一部分区域进行一定长度的探伤,再在宽度方向改变位置进行反复探伤的方式。

[0162] 此处,磁化器 3 以磁通在钢板的宽度方向上流动的方式设置。此外,此处,磁化器和磁传感器的组隔着钢板 1 相对设置,但是也可以设置在相同侧。

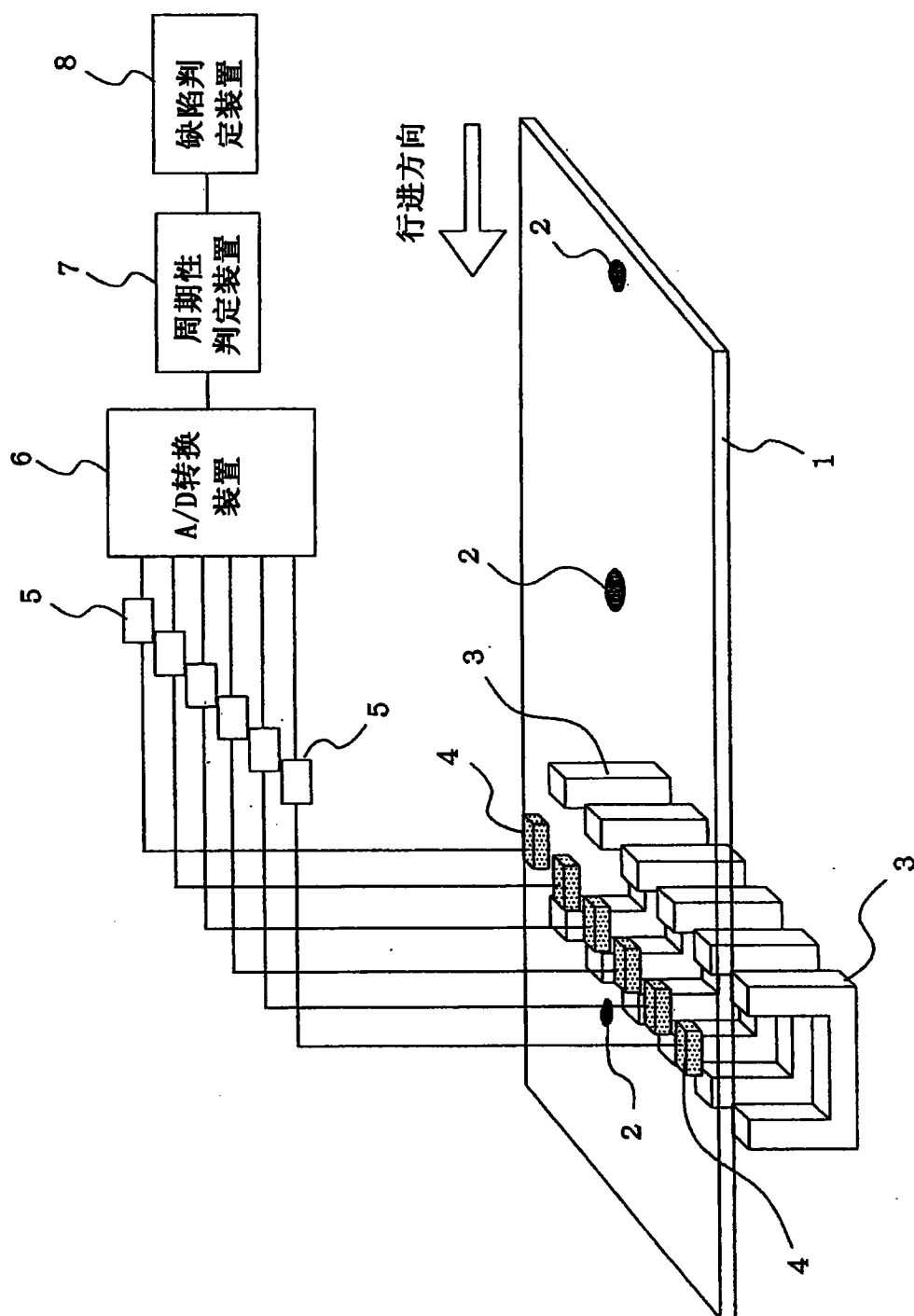


图 1

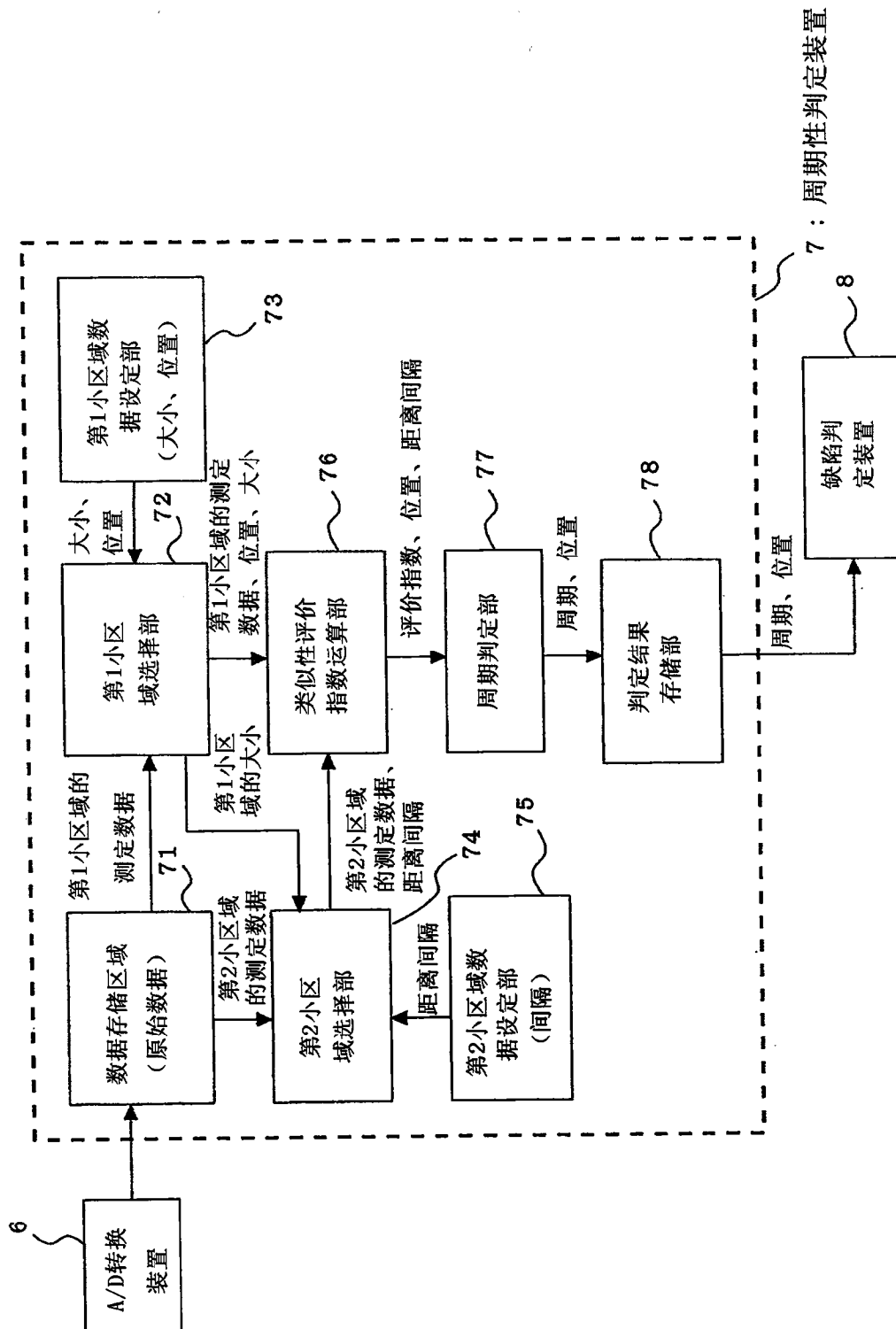


图 2

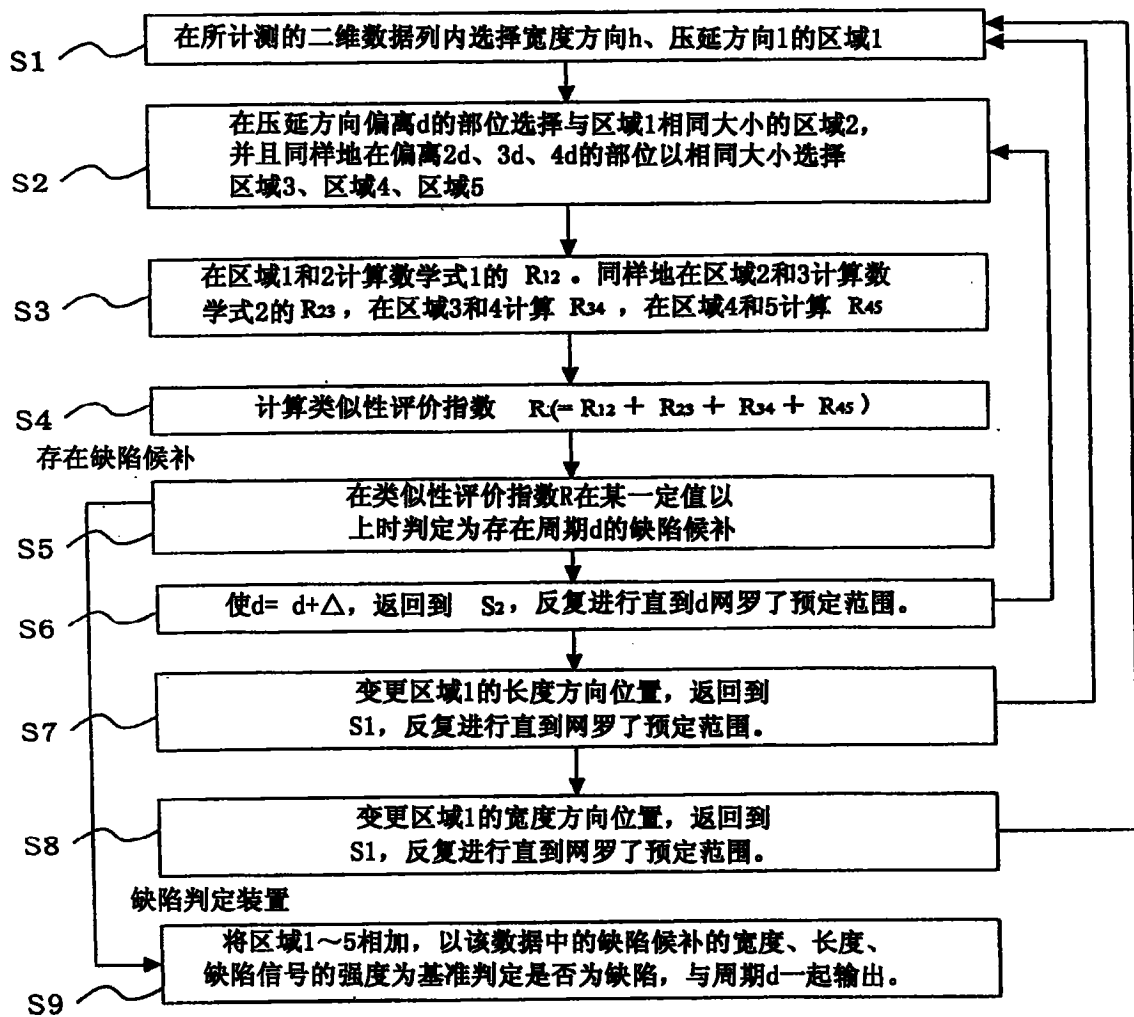


图 3

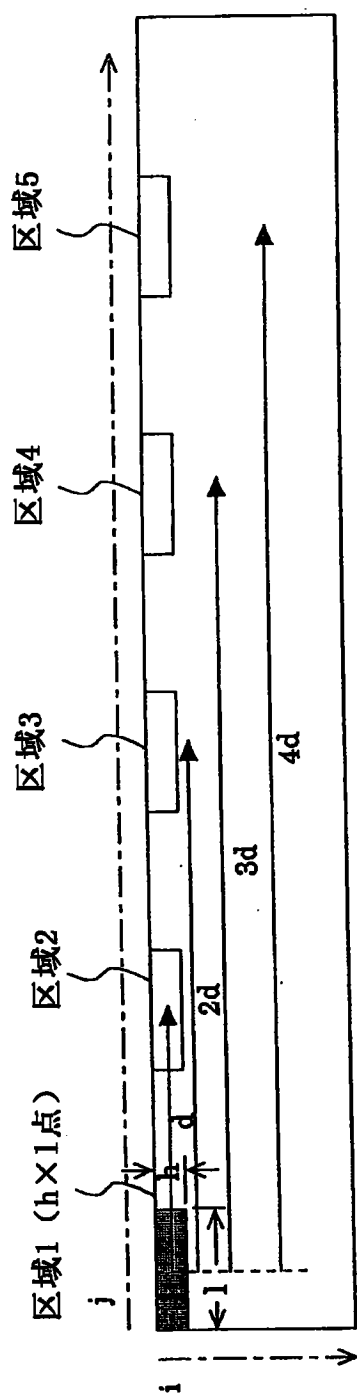


图 4A

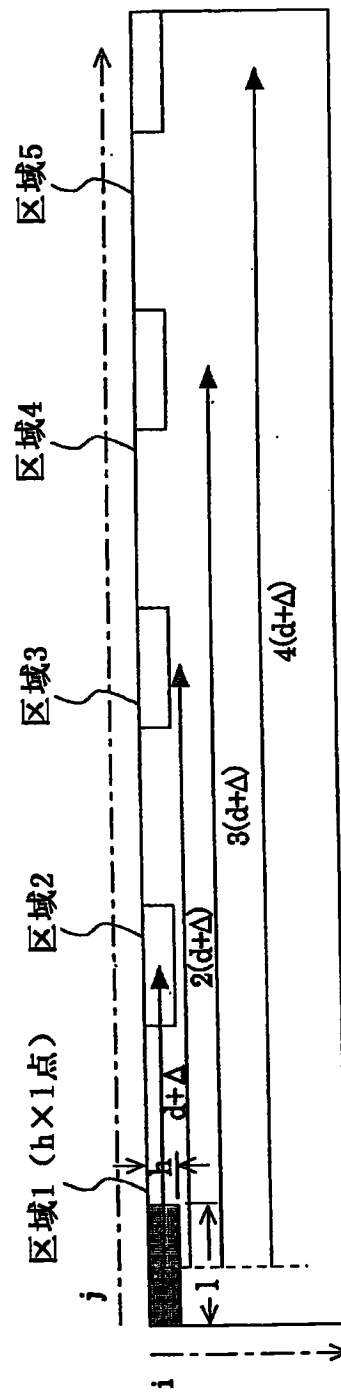


图 4B

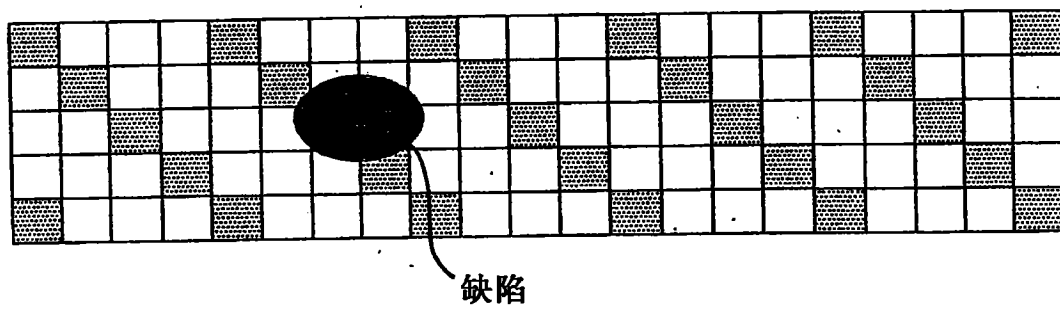


图 6B

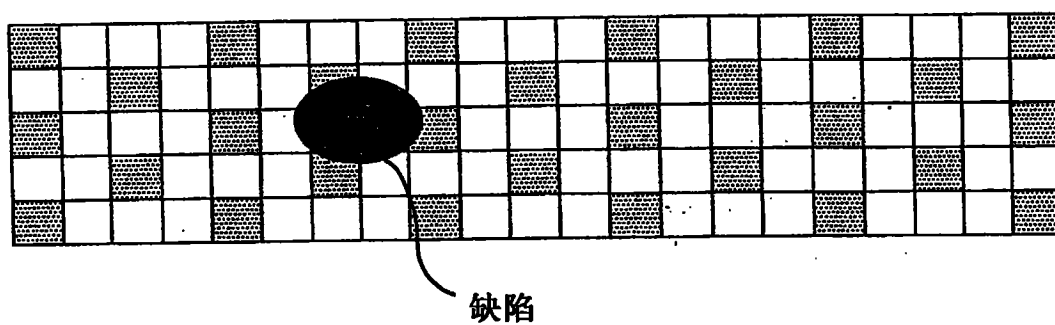


图 6C

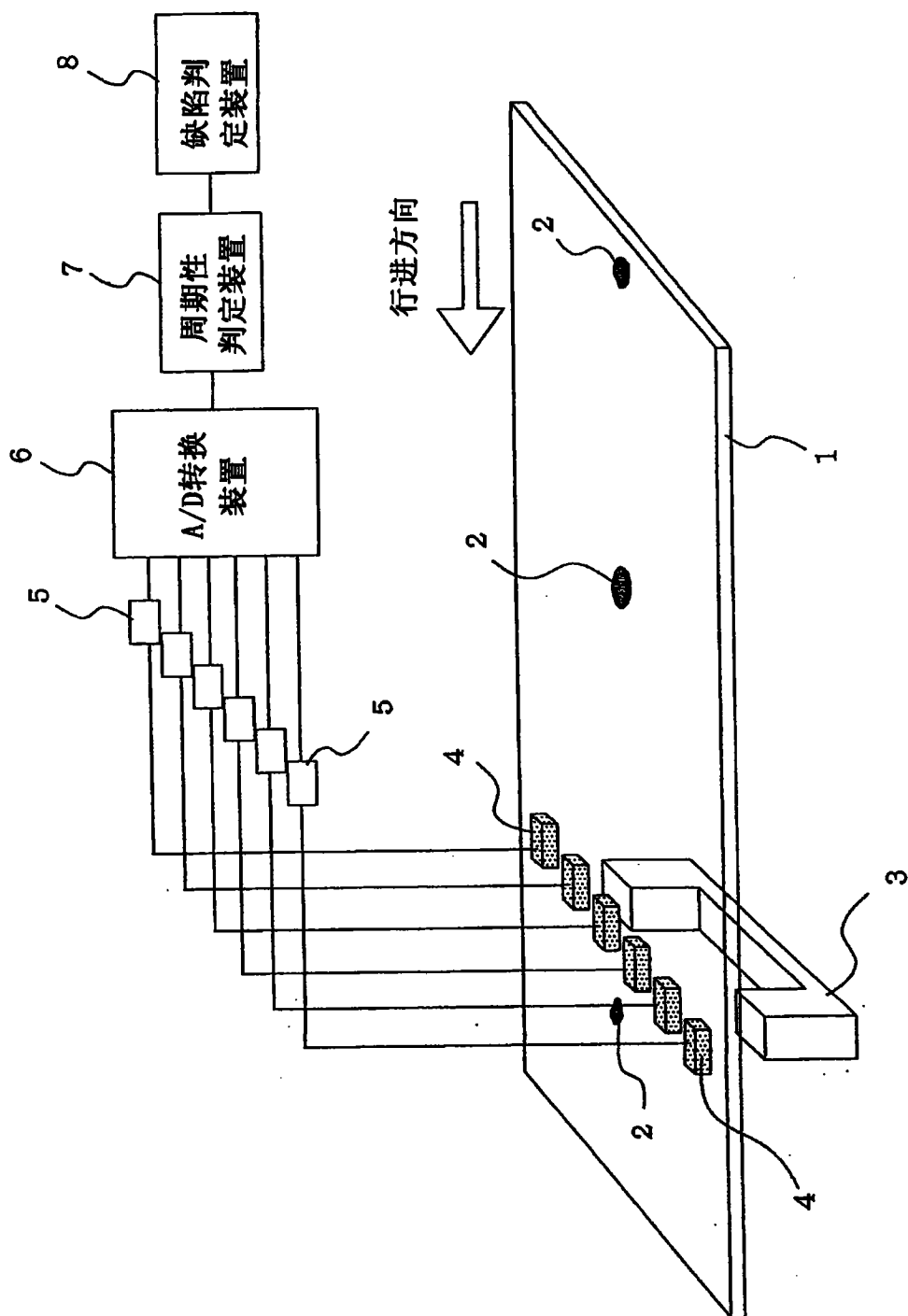


图 7

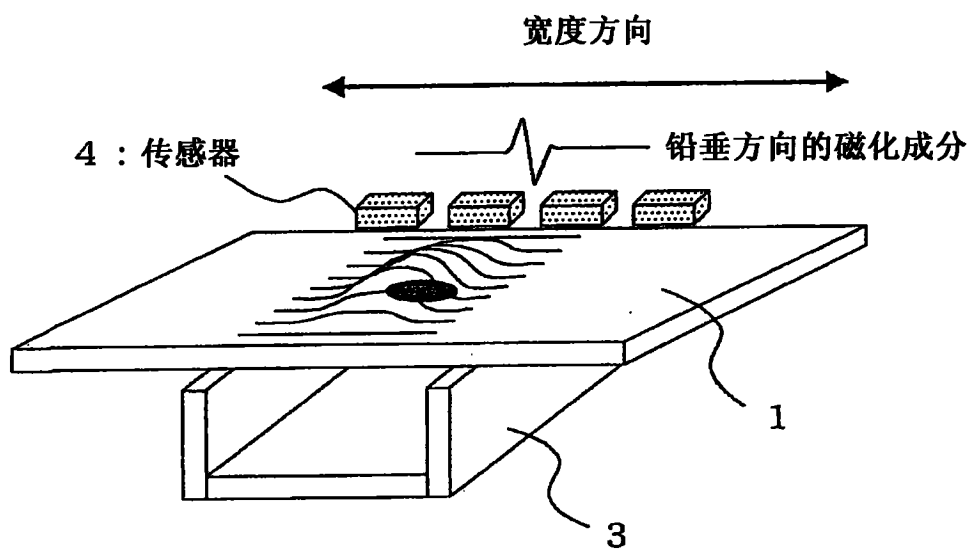


图 8

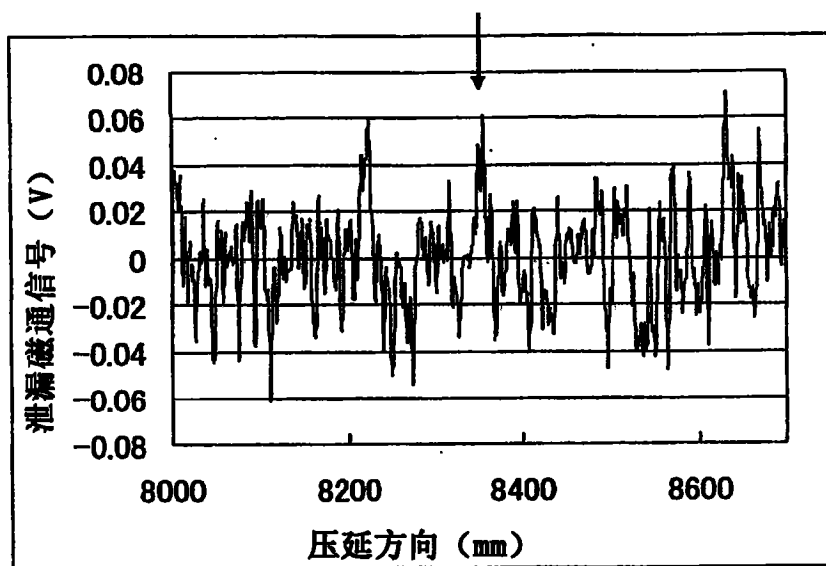


图 9

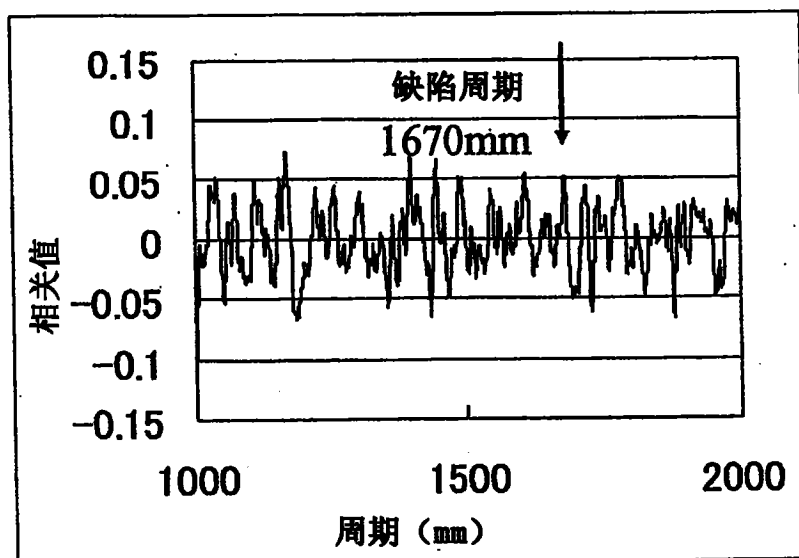


图 10

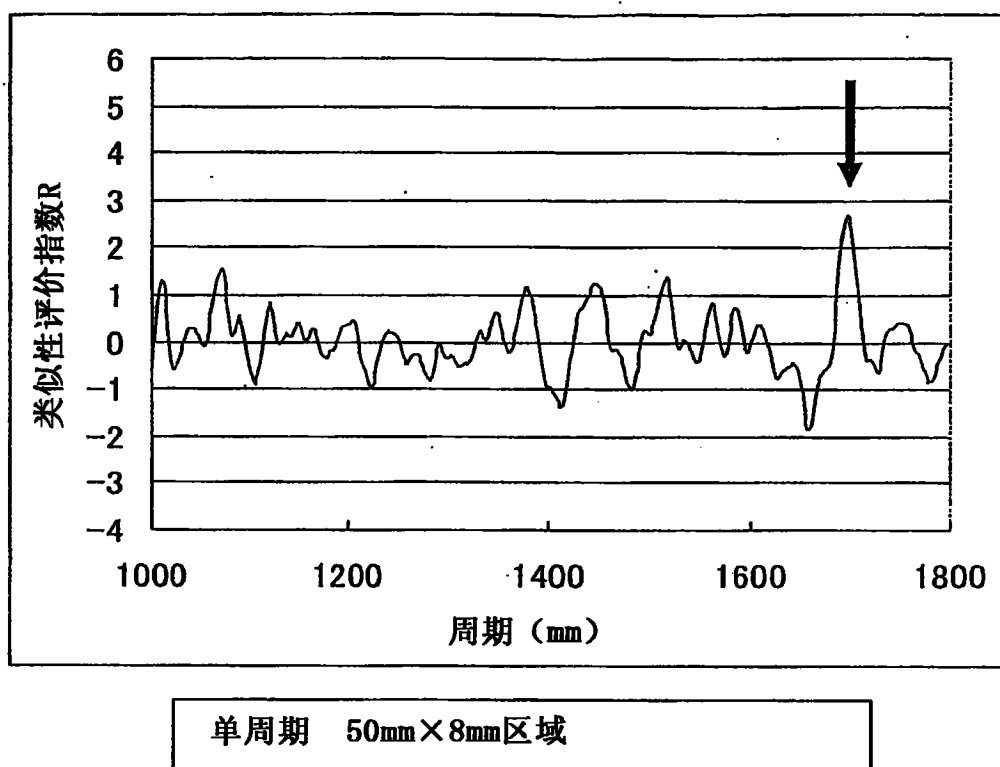


图 11

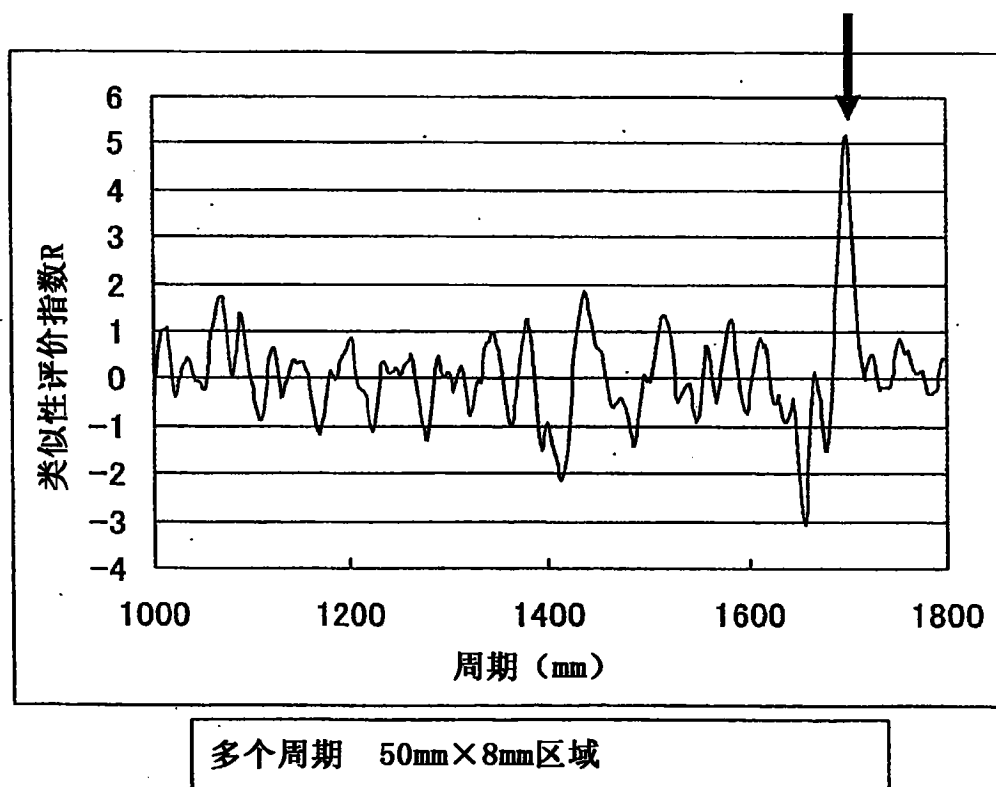


图 12

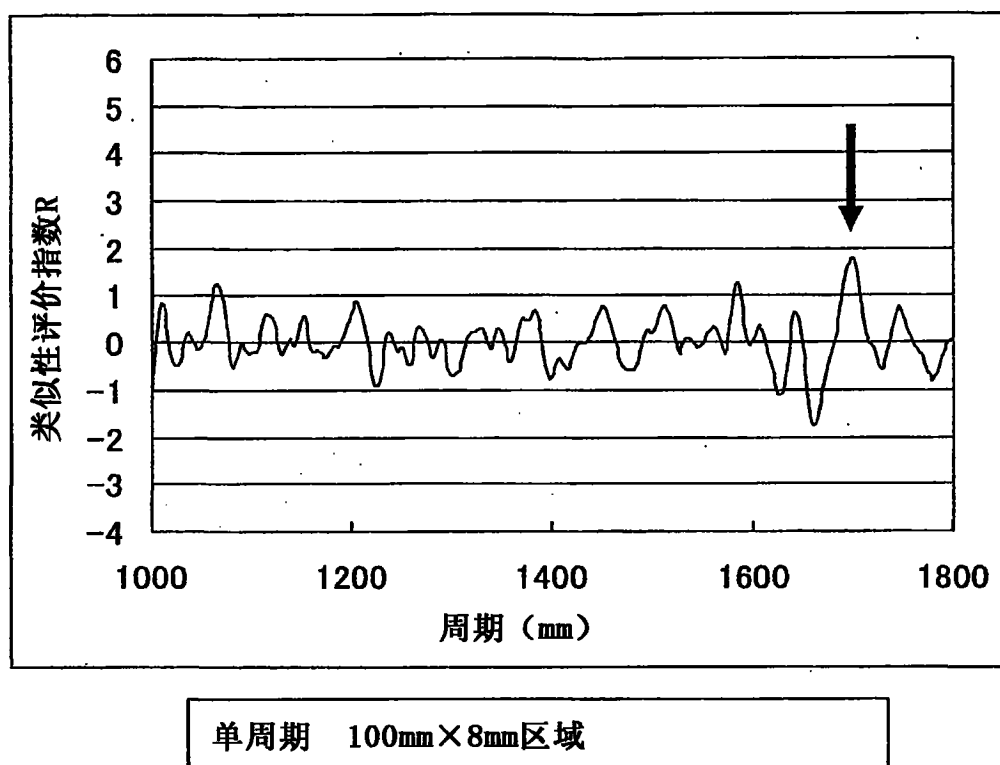


图 13

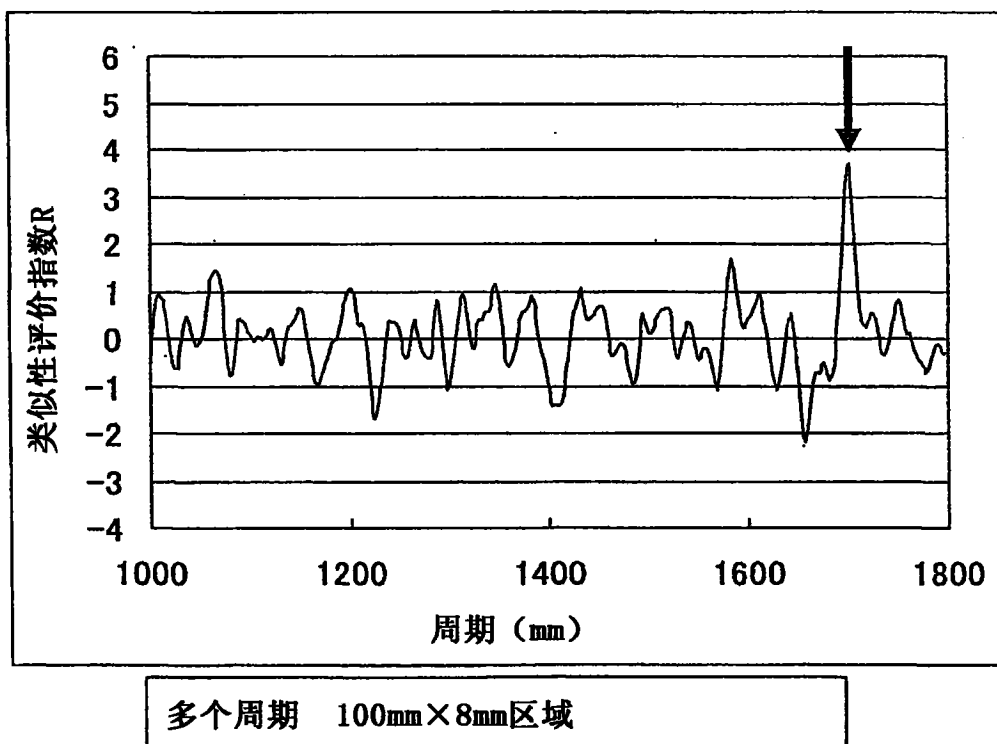


图 14

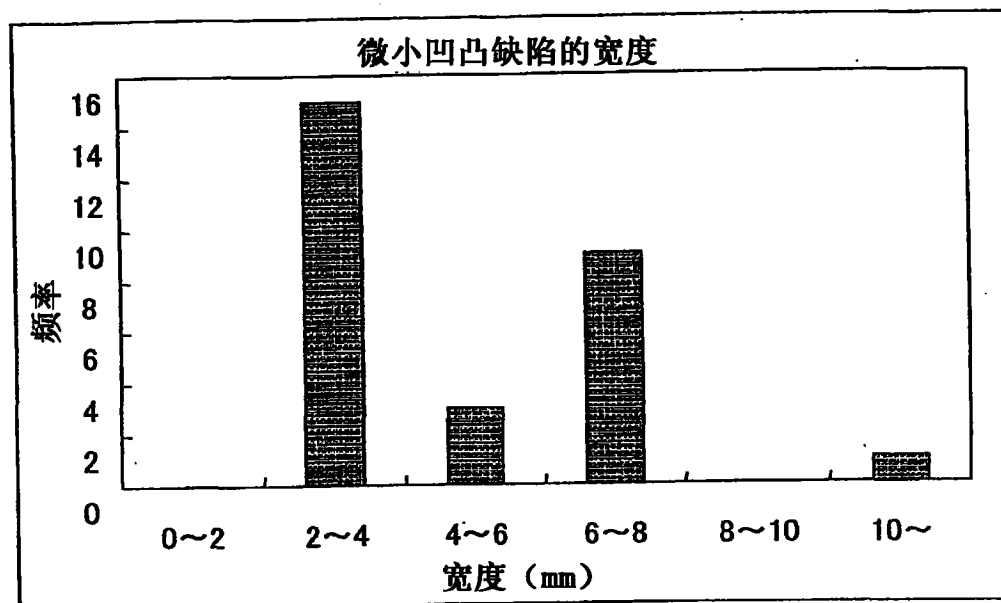


图 15A

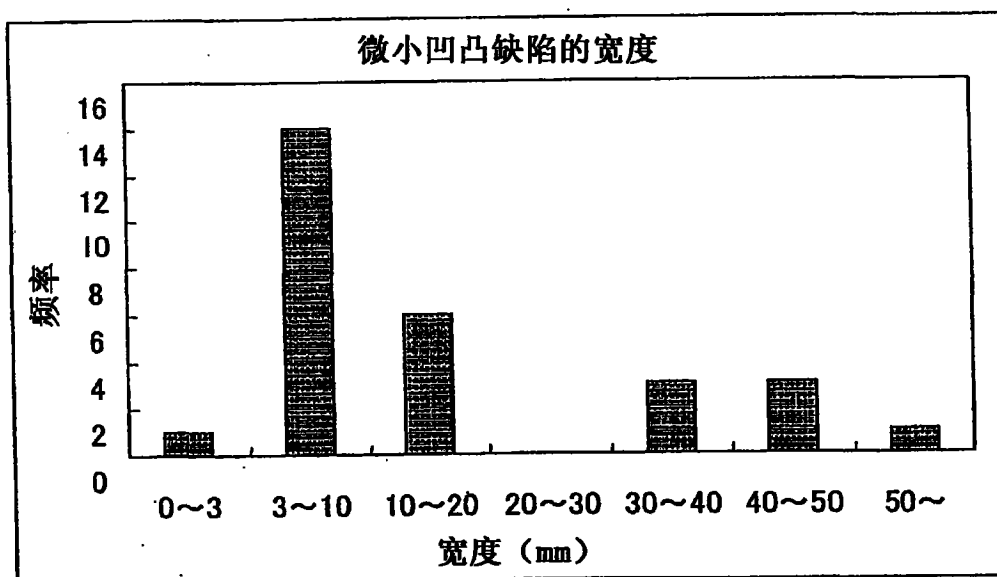


图 15B

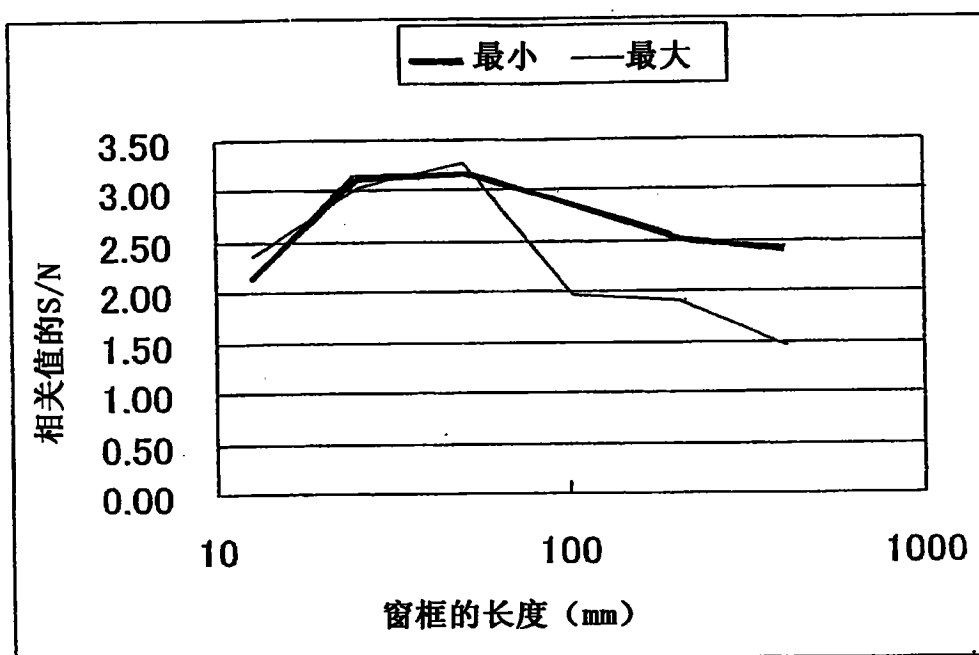


图 16A

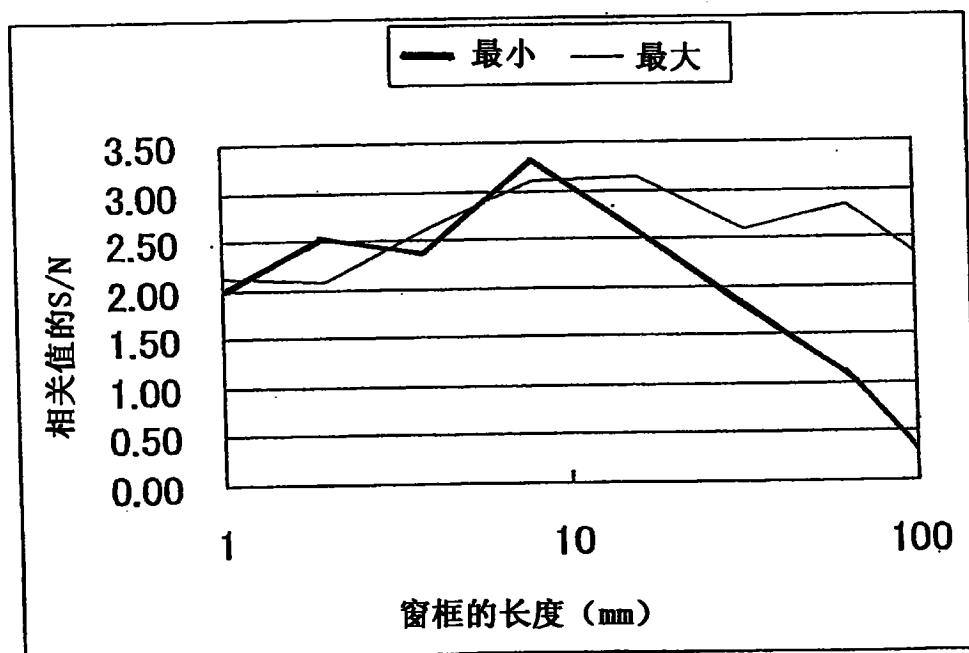


图 16B

3×3mm的缺陷的探伤例

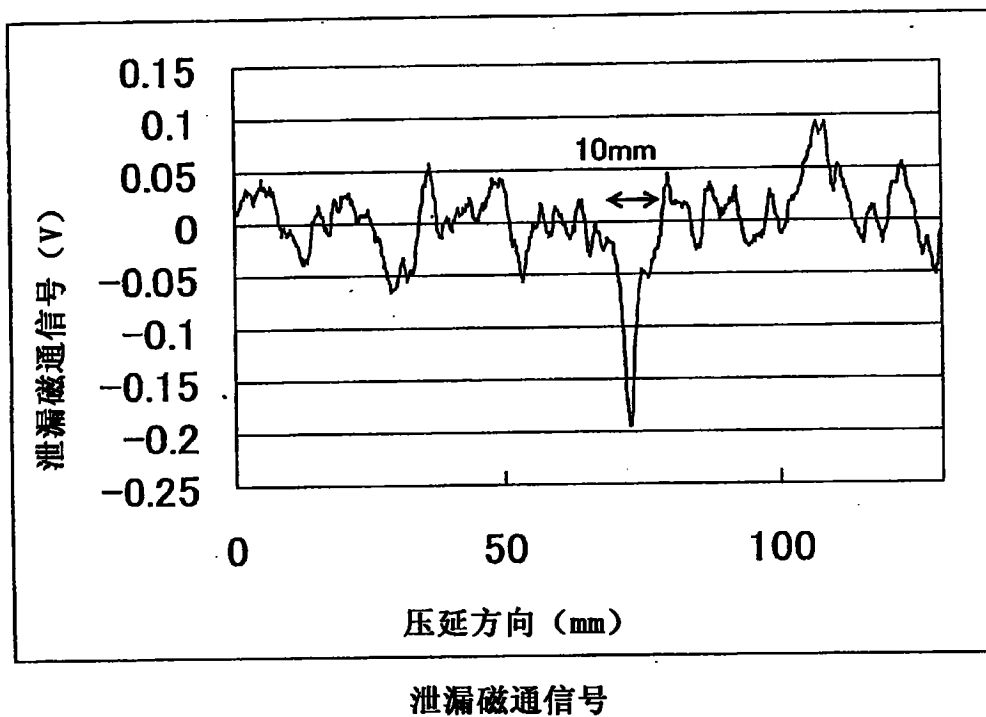


图 17

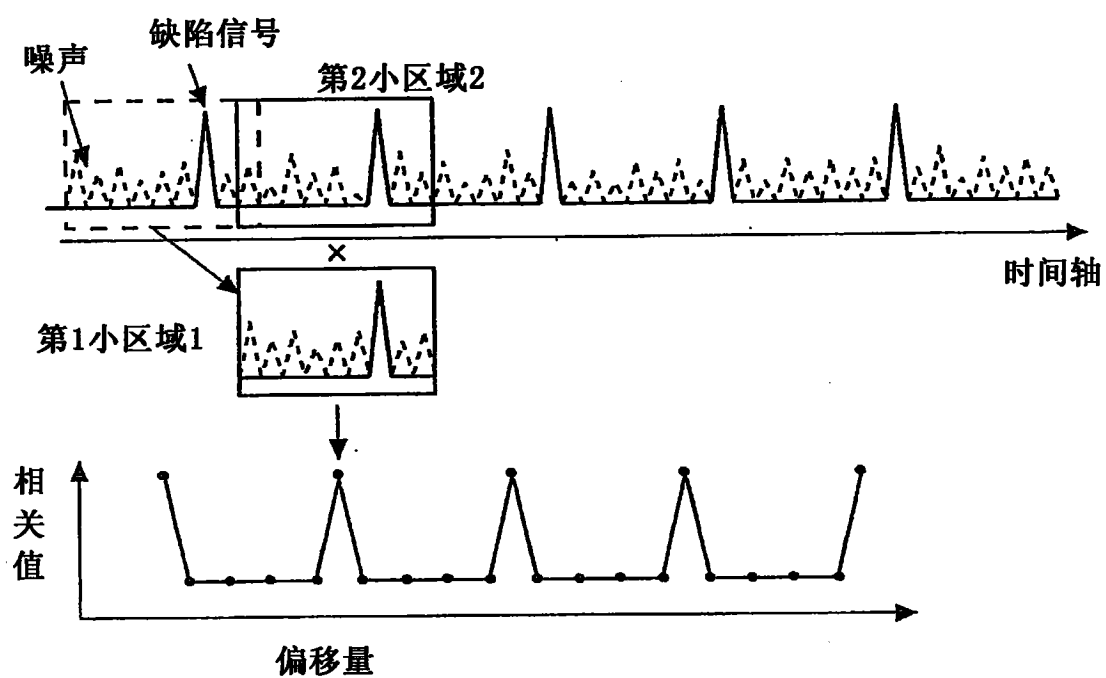


图 18

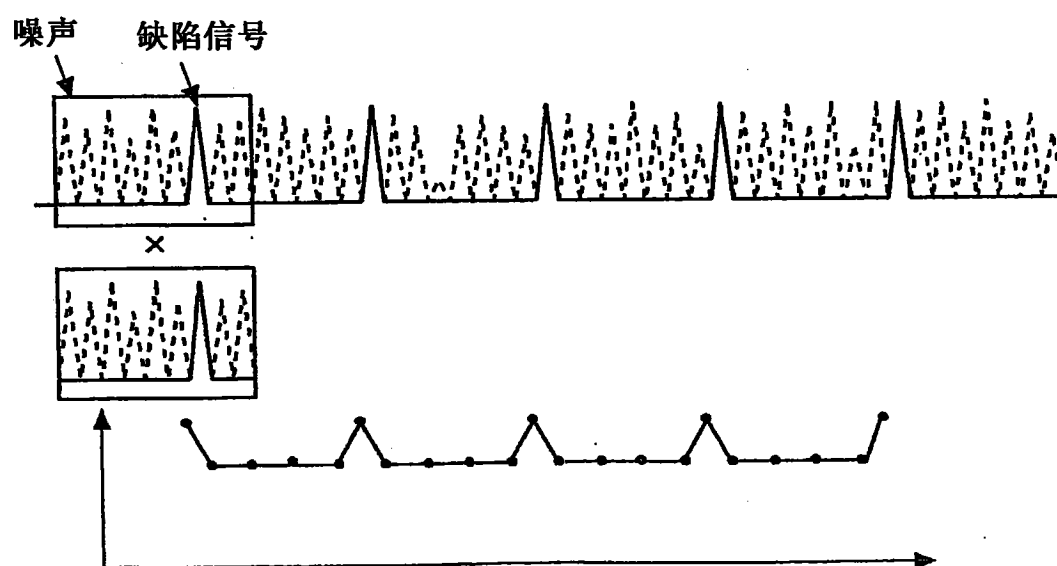


图 19

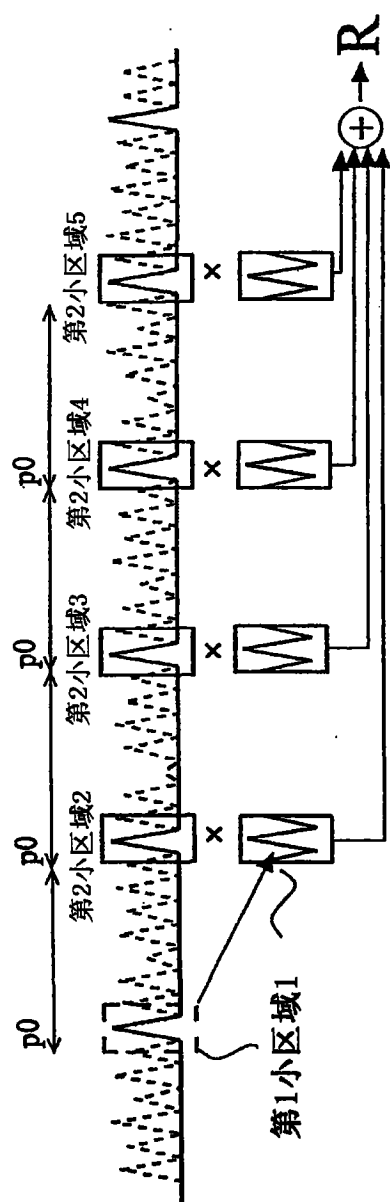


图 20A

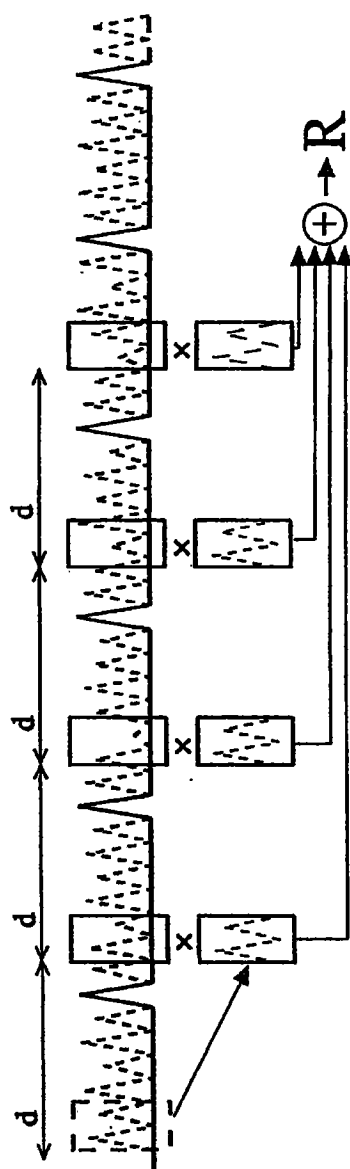


图 20B

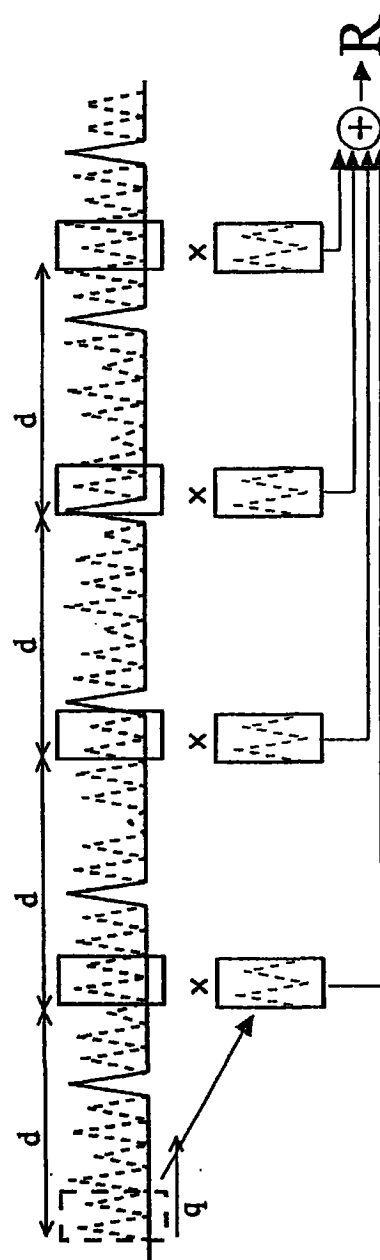


图 20C