



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 108303203 A

(43)申请公布日 2018.07.20

(21)申请号 201810024073.2

(22)申请日 2018.01.10

(30)优先权数据

2017-002547 2017.01.11 JP

(71)申请人 日立金属株式会社

地址 日本东京都

(72)发明人 中村晃之

(74)专利代理机构 北京银龙知识产权代理有限公司

公司 11243

代理人 金鲜英 马铁军

(51)Int.Cl.

G01L 3/10(2006.01)

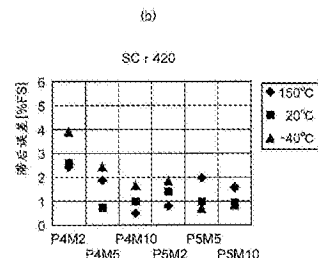
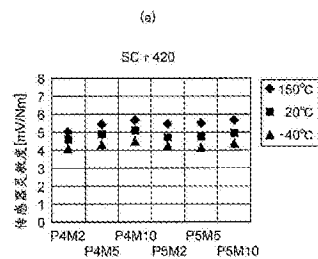
权利要求书1页 说明书8页 附图7页

(54)发明名称

磁致伸缩式扭矩传感器用轴的制造方法

(57)摘要

本发明提供一种磁致伸缩式扭矩传感器用轴的制造方法,在确保韧性的同时能够提高传感器灵敏度且降低滞后误差。安装有磁致伸缩式扭矩传感器(1)的传感器部(2)的磁致伸缩式扭矩传感器用轴(100)的制造方法,包括对于由铬钢或铬钼钢形成的轴材料进行渗碳淬火回火处理的热处理步骤以及至少对于热处理步骤后的轴材料的传感器部(2)安装位置进行喷丸处理的喷丸处理步骤,在喷丸处理步骤中,使用粒径0.6mm以上且洛氏硬度60以上的丸料,喷射压力为0.4MPa以上,喷射时间为2分钟以上。



1. 一种磁致伸缩式扭矩传感器用轴的制造方法,是安装磁致伸缩式扭矩传感器的传感器部的磁致伸缩式扭矩传感器用轴的制造方法,包括以下步骤:

热处理步骤,对由铬钢或铬钼钢形成的轴材料实施渗碳淬火回火处理;

喷丸处理步骤,至少对所述热处理步骤后的轴材料的所述传感器部的安装位置进行喷丸处理;

所述喷丸处理步骤中,使用粒径0.6mm以上且洛氏硬度60以上的丸料,喷射压力为0.4MPa以上,喷射时间为2分钟以上。

2. 如权利要求1所述的磁致伸缩式扭矩传感器用轴的制造方法,其中,所述喷丸处理步骤中,喷射压力为0.4MPa以上不足0.55MPa且喷射时间为5分钟以上,或喷射压力为0.55MPa以上且喷射时间为2分钟以上。

3. 如权利要求1所述的磁致伸缩式扭矩传感器用轴的制造方法,其中,所述喷丸处理步骤中,喷射压力为0.4MPa以上不足0.55MPa且喷射时间为10分钟以上,或喷射压力为0.55MPa以上且喷射时间为2分钟以上。

4. 如权利要求1所述的磁致伸缩式扭矩传感器用轴的制造方法,其中,所述喷丸处理步骤中,喷射压力为0.55MPa以上且喷射时间为2分钟以上。

5. 如权利要求2至4任一项所述的磁致伸缩式扭矩传感器用轴的制造方法,其中,所述轴材料由铬钢形成。

6. 如权利要求1至5任一项所述的磁致伸缩式扭矩传感器用轴的制造方法,其中,所述热处理步骤中进行热处理以使得该热处理步骤后的轴材料的硬度为洛氏硬度58以上。

## 磁致伸缩式扭矩传感器用轴的制造方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及磁致伸缩式扭矩传感器用轴的制造方法。

### 背景技术

[0002] 以往,已知有磁致伸缩式扭矩传感器。磁致伸缩式扭矩传感器使用具有在施加应力时磁导率发生变化的磁致伸缩特性的轴,当施加扭矩时轴被扭转导致轴的磁导率变化,将该变化作为检测线圈的电感的变化来检测,由此来检测施加在轴上的转矩(例如,参考专利文献1)。

[0003] 现有技术文献

[0004] 专利文献

[0005] 专利文献1:日本特开2002-340701号公报

### 发明内容

[0006] 发明所要解决的课题

[0007] 然而,轴所使用的钢材,已知含有称作奥氏体的非磁性组织。需要说明的是,奥氏体是在面心立方格子结构的 $\gamma$ 铁中固溶有其他元素的材料。

[0008] 当在轴中含有大量非磁性的奥氏体时,施加扭矩时的磁导率的变化减小,导致磁致伸缩式扭矩传感器灵敏度降低。

[0009] 但是,如果通过调节热处理的条件等来减少轴整体的奥氏体量,则轴的韧性会降低,导致轴易于破裂。

[0010] 另外,由于滞后是产生误差(线性误差,以下称作“滞后误差”)的原因,希望其尽可能小。

[0011] 为此,本发明的目的在于提供一种在保持韧性的同时,能够提高传感器灵敏度及降低滞后误差的磁致伸缩式扭矩传感器用轴的制造方法。

[0012] 解决课题的方法

[0013] 本发明以解决上述课题为目的,提供一种磁致伸缩式扭矩传感器用轴的制造方法,是安装有磁致伸缩式扭矩传感器的传感器部的磁致伸缩式扭矩传感器用轴的制造方法,包括以下步骤:对由铬钢或铬钼钢形成的轴材料施加渗碳淬火回火处理的热处理步骤以及至少对上述热处理步骤后的轴材料的所述传感器部安装位置实施喷丸处理的喷丸步骤;在所述喷丸步骤中,使用粒径0.6mm以上且洛氏硬度60以上的丸料,喷射压力为0.4MPa以上,喷射时间为2分钟以上。

[0014] 发明效果

[0015] 根据本发明,提供一种保持韧性的同时,能够提高传感器灵敏度以及减低滞后误差的磁致伸缩式扭矩传感器用轴的制造方法。

### 附图说明

[0016] 图1是显示磁致伸缩式扭矩传感器的传感器部的一例的图，(a)是安装在轴上时的侧视图，(b)是其A-A线截面图。

[0017] 图2是显示绕线管在展开状态下的平面示意图，(a)是说明第一检测线圈及第四检测线圈的图，(b)是说明第二检测线圈及第三检测线圈的图。

[0018] 图3是显示通过扭矩传感器的检测信号来测定施加在轴上的扭矩的测定部的一例的电路图。

[0019] 图4是说明灵敏度以及滞后误差的图。

[0020] 图5是显示作为轴材料使用铬钢 (SCr420) 的情况下的试验结果的图表，(a)为不同喷丸条件下的传感器灵敏度的测定结果，(b)为不同喷丸条件下的滞后误差的测定结果的图表。

[0021] 图6中，(a)～(c)是显示图5中的P5M10试样以及未施加喷丸处理的试样的X射线衍射试验的结果的图表。

[0022] 图7是显示作为轴材料使用铬钼钢 (SCM420) 的情况下的试验结果的图表，(a)为不同喷丸条件下的传感器灵敏度的测定结果，(b)为不同喷丸条件下的滞后误差的测定结果的图表。

[0023] 图8中，(a)～(c)是显示图7中的P5M10试样以及未施加喷丸处理的试样的X射线衍射试验的结果的图表。

[0024] 附图标记

[0025] 1…扭矩传感器(磁致伸缩式扭矩传感器)

[0026] 2…传感器部

[0027] 3…检测线圈

[0028] 21…线圈

[0029] 22…磁环

[0030] 23…绕线管

[0031] 100…轴(磁致伸缩式扭矩传感器用轴)

## 具体实施方式

[0032] 以下，参考附图对本发明的实施方式进行说明。

[0033] 1. 磁致伸缩式扭矩传感器的说明

[0034] 首先，对于磁致伸缩式扭矩传感器(以下，简称为“扭矩传感器”)，利用图1至图3进行说明。图1是显示扭矩传感器的传感器部的一例的图，(a)为安装在轴上时的侧视图，(b)为其A-A线截面图。图2是显示绕线管在展开状态下的平面示意图，(a)是说明第一检测线圈及第四检测线圈的图，(b)是说明第二检测线圈及第三检测线圈的图。图3是显示通过扭矩传感器的检测信号来测定施加在轴上的扭矩的测定部的一例的电路图。

[0035] 如图1(a)、(b)所示，扭矩传感器1的传感器部2安装在具有磁致伸缩特性的磁致伸缩式扭矩传感器用轴(以下简称为“轴”)101周围。扭矩传感器1是测定施加在轴100上的扭矩(旋转扭矩)的部件。

[0036] 轴100由具有磁致伸缩特性的材料构成，形成为圆柱状(棒状)。轴100例如是用于传输车辆的传动系统的扭矩的轴，或是用于传输车辆的引擎的扭矩的轴。

[0037] 传感器部2包括线圈21和磁环22。磁环22由磁性体(强磁性体)形成,形成为中空圆柱状。在磁环22的中空部插入线圈21。磁环22具有抑制因线圈21的检测线圈3所产生的磁通量向外部泄露导致灵敏度降低的效果。

[0038] 线圈21包括由非磁性体的树脂形成的绕线管23以及在绕线管23的外周缠绕绝缘电线所构成的多个检测线圈3。绕线管23与轴100同轴且间隔来设置,形成为中空圆柱状。在绕线管23的外周面形成有相对于轴100的轴向倾斜预定角度(此处为+45度)的多个第一倾斜槽4以及相对于轴向在与第一倾斜槽4相反方向上倾斜预定角度(此处为-45度)的多个第二倾斜槽5。第一倾斜槽4及第二倾斜槽5由在绕线管23的径向上的凹槽形成。

[0039] 如图2(a)、(b)所示,线圈21具有第一~第四检测线圈31~34来作为检测线圈3。第一检测线圈31及第四检测线圈34通过将绝缘电线沿着第一倾斜槽4缠绕在绕线管23上来形成。第二检测线圈32及第三检测线圈33通过将绝缘电线沿着第二倾斜槽5缠绕在绕线管23上来形成。

[0040] 图2(a)中,附图标记31a、31b分别表示一层第一检测线圈31的输入端和输出端,附图标记34a、34b,分别表示一层第四检测线圈34的输入端和输出端。图2(b)中,附图标记32a、32b分别表示一层第二检测线圈32的输入端和输出端,附图标记33a、33b分别表示一层第三检测线圈33的输入端和输出端。需要说明的是,在图2(a)、(b)中显示1圈的绝缘电线的绕线,通过重复绝缘电线的绕线至目标圈数,形成各检测线圈31~34。另外,图2(a)、(b)所示的绝缘电线的绕线方法仅为一例,也可以使用其他的绕线方法形成检测线圈31~34。

[0041] 第一检测线圈31及第四检测线圈34是用于检测第一方向上的轴100的磁导率变化的部件,所述第一方向为相对轴100的轴向倾斜预定角度(此处为+45度)的方向。另外,第二检测线圈32及第三检测线圈33是用于检测第二方向上的轴100的磁导率变化的部件,所述第二方向为相对轴100的轴向在第一方向相反侧倾斜预定角度(此处为-45度)的方向。

[0042] 如图3所示,测定部41通过测定第一~第四检测线圈31~34的电感的变化来测定施加在轴100上的扭矩。

[0043] 测定部41包括桥电路42、发射器43、电压测量电路44以及扭矩计算部45;其中,桥电路42由将第一检测线圈31、第二检测线圈32、第四检测线圈34、第三检测线圈33依次连接形成环状来构成;发射器43在第一检测线圈31与第二检测线圈32之间的接点a和第三检测线圈33与第四检测线圈34之间的接点b之间施加交流电压;电压测量电路44测定第一检测线圈31和第三检测线圈33之间的接点c与第二检测线圈32和第四检测线圈34之间的接点d之间的电压;扭矩计算部45基于由电压测量电路44所测定的电压来计算施加在轴100上的扭矩。桥电路42配置在第一检测线圈31及第四检测线圈34相对的一侧的边,并配置在第二检测线圈32及第三检测线圈33相对的另一方的边来构成。

[0044] 测定部41在轴100上未施加有扭矩的状态下,第一~第四检测线圈31~34的电感L1~L4变为相同,由电压测量电路44所检测出的电压大致为0。

[0045] 当在轴100上施加扭矩时,则在相对于轴为+45度的方向上的磁导率减少(或增加),相对于轴向为-45度方向的磁导率增加(或减少)。由此,在由发射器43施加了交流电压的状态在轴100上施加了扭矩时,则第一检测线圈31及第四检测线圈34的电感减少(或增加),第二检测线圈32及第三检测线圈33的电感增加(或减少)。其结果,由电压测量电路44检测的电压发生变化,由此,基于该电压的变化,扭矩计算部45计算施加在轴100上的扭矩。

[0046] 由于第一检测线圈31及第四检测线圈34与第二检测线圈32及第三检测线圈33除了绕线方向不同之外结构完全相同,通过使用如图3的桥电路42,就能够取消温度等对第一~第四检测线圈31~34的电感的影响,能够高精度地检测施加在轴100上的扭矩。另外,对于扭矩传感器1,只要第一检测线圈31及第四检测线圈34的电感增加(或降低),则第二检测线圈32及第三检测线圈33的电感降低(或增加),因此,通过使用如图3所示的桥电路42,能够进一步提高检测灵敏度。

[0047] 2.轴100及其制造方法的说明

[0048] 本实施方式中,作为轴100,使用如下材料,即对于由铬钢(SCr)或铬钼钢(SCM)形成的轴材料在施加渗碳淬火回火处理后,实施喷丸处理得到的材料。

[0049] 也就是说,根据本实施方式的轴100的制造方法包括:对由铬钢或铬钼钢形成的轴材料实施渗碳淬火回火处理的热处理步骤以及至少对于热处理步骤后的轴材料的传感器部2所安装的位置实施喷丸处理的喷丸处理步骤。

[0050] 通过对轴材料整体实施渗碳淬火回火处理,能够提高轴100包括韧性在内的机械强度。

[0051] 进一步,通过对热处理后的轴材料实施喷丸处理,使得在轴100的表面(从表面至预定深度的区域)发生马氏体相变(无扩散相变),能够减少非磁性的奥氏体,增加强磁性的马氏体。其结果是,通过减少轴100的表面的非磁性区域并增加磁性区域,使得在施加扭矩时的磁导率的变化增大,能够提高扭矩传感器1的灵敏度。需要说明的是,奥氏体是在面心立方格子结构的铁( $\gamma$ 铁)中固溶有其他元素的材料。另外,马氏体是在体心正方格子的铁的结晶中掺入碳而形成的固溶体。

[0052] 另外,通过对热处理后的轴材料实施喷丸处理,轴材料的表面被加工硬化从而滞后特性得到改善。更具体而言,通过对热处理后的轴材料实施喷丸处理,轴100的表面的磁区(磁矩的方向一致的区域)被细化的同时,作为妨碍磁壁(即磁区边界)移动的钉扎点(pinning site)的奥氏体减少。其结果是,在释放所施加的扭矩时,磁区或磁壁易于恢复至其原来的状态,减少了滞后误差。

[0053] 需要说明的是,扭矩传感器1的灵敏度,如图4所示,是将传感器输出 $V$ (mV)除以施加在轴100上的扭矩 $T$ (Nm)而得到的,表示为 $V/T$ (mV/Nm)。以施加在轴100上的扭矩 $T$ 为 $-T1$ 以上 $+T1$ 以下,与扭矩 $-T1$ 对应的传感器输出为 $V1$ ,与扭矩 $+T1$ 对应的传感器输出为 $V2$ ,则传感器灵敏度表示为 $(V2-V1)/(2 \times T1) = V_s/T_s$ 。另外,滞后误差,也称作线性误差,可以表示为扭矩增加时及减少时在同扭矩下的传感器输出差的最大值 $V_h$ 相对于传感器输出 $V_s$ (= $V2-V1$ )的比率 $V_h/V_s$ (%FS,FS表示全尺寸(full scale))。

[0054] 本实施方式中,对于作为轴100的轴材料使用铬钢(SCr420)的情况以及使用铬钼钢(SCM420)的情况,研究了最佳的喷丸处理的条件。所使用的铬钢(SCr420)及铬钼钢(SCM420)的成分表示于表1。另外,各自的热处理条件示于表2。

[0055] 表1

		成分(质量%)							
		C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo
[0056]	铬钢 SCr420	0.17~0.23	0.15~0.35	0.55~0.95	0.03以下	0.03以下	0.25以下	0.90~1.20	~
	铬钼钢 SCM420	0.15~0.23	0.15~0.35	0.60~0.90	0.03以下	0.03以下	0.25以下	0.90~1.20	0.15~0.25

[0057] ※余量部Fe

[0058] 表2

		铬钢 SCr420	铬钼钢 SCM420
[0059]	热处理	1	渗碳, 930℃, 3小时, 液体浸渍
		2	淬火, 200℃, 20分钟, 盐液中(中温盐)
		3	油冷, 等温分级淬火油(MARQUEENCH) 180℃液中20分钟后, 水冷15分钟
		4	回火, 180℃, 1小时, 盐液中(低温盐)
		5	水冷, 60分钟左右
		6	回火, 180℃, 2小时
		7	空冷
		8	回火, 170℃, 2小时
		9	空冷
热处理后的硬度		HRC59~62	HRC59~62

[0060] 如表2所示,在本实施方式中,热处理步骤后的轴材料的硬度为HRC59以上62以下。这是因为,热处理步骤后的轴材料的硬度较低时,存在传感器灵敏度降低、滞后误差增加的情况。为了抑制传感器灵敏度及滞后误差的恶化,优选热处理步骤后的轴材料的硬度为HRC58以上。也就是说,优选在热处理步骤中进行热处理以使得热处理步骤后的轴材料的硬度为HRC58以上。但是,当热处理步骤后的轴材料的硬度过高,则存在韧性降低、作为轴100的性能降低的风险,因此,热处理步骤后的轴材料的硬度优选为HRC62以下,更优选为HRC59以上62以下。

[0061] 本实施方式中,作为喷丸处理的丸料,使用粒径0.6mm、由HRC(洛氏硬度)60的钢形成的材料。另外,喷丸处理的喷射压力为0.4MPa(记作P4)或0.55MPa(记作P5),喷射时间为2分钟(记作M2)、5分钟(记作M5)或10分钟(记作M10)。

[0062] 试验中,改变施加在轴100上的扭矩为0、10、20、30、40、50、40、30、20、10、0、-10、-20、-30、-40、-50、-40、-30、-20、-10、0(单位为Nm),获取传感器输出相对于扭矩的关系(参考图4),从该关系计算传感器灵敏度与滞后误差。另外,在温度150℃、20℃、-40℃进行同样的试验。

[0063] 作为轴材料使用铬钢(SCr420)的情况下的试验结果示于图5(a)、(b)。图5(a)、(b)的横坐标中,例如P4M2的标记表示喷射压力为0.4MPa,喷射时间为2分钟。图5(a)、(b)的横坐标中,概括而言,从左至右,喷丸处理的喷射能量增加。

[0064] 如图5(a)、(b)所示,可知在铬钢(SCr420)的情况下,喷射时间越长或者喷射压力越高,能够获得传感器灵敏度增加以及滞后误差降低的效果。也就是说或,喷丸处理的喷射能量越大,传感器灵敏度及滞后误差越得到改善。

[0065] 对于未进行喷丸处理的试样也进行了同样的试验,其结果,传感器灵敏度为大致2mV/Nm,滞后误差为大致6%FS。因此,在使用铬钢作为轴材料并使用粒径0.6mm、HRC60的丸

料的情况下,至少在喷射压力为0.4MPa以上、喷射时间为2分钟以上,由此能够获得传感器灵敏度增加以及滞后误差降低的效果。

[0066] 扭矩传感器1优选传感器灵敏度为4mV/Nm以上,且滞后误差为3%以下。因此,为了使得传感器灵敏度为4mV/Nm以上且滞后误差为3%以下,优选喷射压力为0.4MPa以上不足0.55MPa且喷射时间为5分钟以上,或者喷射压力为0.55MPa以上且喷射时间为2分钟以上。

[0067] 进一步,考虑到误差或轴100的旋转的影响(旋转轴的偏心的影响),为了将整体的滞后误差抑制在3%以下,优选将没有这些影响的状况下的滞后误差抑制在2%以下,优选喷射压力为0.4MPa以上不足0.55MPa且喷射时间为10分钟以上,或者喷射压力为0.55MPa以上且喷射时间为2分钟以上。需要说明的是,在10分钟以上的喷射时间的情况下,轴100的生产耗时,存在量产性降低的风险。因此,从提高量产性的观点出发,在喷丸处理步骤中,更优选喷射压力为0.55MPa以上且喷射时间为2分钟以上。

[0068] 如上所述,喷射能量越大则传感器灵敏度及滞后误差越得到改善,由此,作为丸料,优选尽可能使用粒径大硬度高的材料。由图5的试验结果可知,至少使用粒径0.6mm以上、HRC60以上(HV700以上)的丸料,且以喷射压力为0.4MPa以上、喷射时间为2分钟以上的条件进行喷丸处理,能够改善传感器灵敏度及滞后误差。

[0069] 需要说明的是,本发明人使用粒径0.35mm且HV(维氏硬度)1200的丸料进行喷丸处理的结果,虽然滞后误差减低但未能确认到传感器灵敏度充分增加。另外,使用粒径0.8mm且HRC60的丸料进行喷丸处理的结果,得到与使用粒径0.6mm且HRC60的丸料的情况下几乎相同的结果。需要说明的是,当丸料的粒径过大,则轴100的表面的凹凸过大,由此引起的误差增加,因此丸料的粒径优选为0.6mm以上0.8mm以下。

[0070] 另外,当喷丸处理时的喷射压力过高时,为了确保安全性有必要使用特殊的喷丸装置,成本增加。如果考虑使用一般的喷丸装置,从确保安全性的观点出发,优选喷丸处理时的喷射压力为0.4MPa以上0.6MPa以下。

[0071] 接下来,使用喷射压力为0.5MPa且喷射时间为2分钟的试样(P5M10),进行X射线衍射试验。X射线衍射试验中,使用直径20mm且厚度为5mm的短圆柱状的试样,对该试样照射CuK $\alpha$ 射线进行试验。X射线衍射试验的结果示于图6(a)~(c)。需要说明的是,图6(b)、(c)是图6(a)的一部分的放大图。另外,图6(a)~(c)中,为了进行比较,同时示出了未进行喷丸处理的试样的结果。

[0072] 如图6(a)~(c)所示,可知本发明的试样(实施喷丸处理P5M10),与未实施喷丸处理的现有例的试样(未实施喷丸处理)相比较,非磁性的奥氏体减少,强磁性的马氏体增加,由此传感器灵敏度增加。需要说明的是,图6(a)~(c)中的括弧内的数字表示米勒指数。另外,图6(a)~(c)的纵坐标的衍射强度的单位为cps(counts per second,每秒计数)。

[0073] 另外,如图6(c)所示,米勒指数(200)中的奥氏体与马氏体的峰值的大小关系,在本发明与现有例中发生逆转。也就是说,现有例中,奥氏体(200)的峰值比马氏体(200)的峰值大,但本发明的情况下,奥氏体(200)的峰值比马氏体(200)的峰值小。本发明人研究发现,尤其是马氏体(200)及马氏体(211)的峰值越高,越能够降低低温时的滞后误差。为了降低低温时的滞后误差,优选马氏体(200)及马氏体(211)的峰值为进行喷丸处理前的峰值的1.15倍以上。

[0074] 接下来,铬钼钢(SCM420)的情况下的试验结果示于图7(a)、(b)。需要说明的是,试



验条件与图5的铬钢的试验条件相同。如图7(a)、(b)所示,铬钼钢的情况下,在P4M2、P5M2及P5M10的任一情况下,传感器灵敏度为4mV/Nm以上,且滞后误差为大致2%以下。因此,至少使用粒径0.6mm以上、HRC60以上(HV700以上)的丸料,喷射压力为0.4MPa以上,喷射时间为2分钟以上,由此能够获得足够的提高传感器灵敏度以及降低滞后误差的效果。

[0075] 另外,对于铬钼钢,也使用喷射压力为0.5MPa且喷射时间为2分钟的试样(P5M10),与铬钢同样地进行X射线衍射试验。结果示于图8(a)~(c)。需要说明的是,图8(b)、(c)是图8(a)的一部分的放大图。另外,在图8(a)~(c)中,为了进行比较,同时示出了未进行喷丸处理的试样(SCM420)的结果。

[0076] 如图8(a)~(c)所示,可知本发明的试样(实施喷丸处理P5M10),与未实施喷丸处理的现有例的试样(未实施喷丸处理)相比较,非磁性的奥氏体减少,强磁性的马氏体增加,由此有助于提高传感器灵敏度。另外,米勒指数(200)中的奥氏体与马氏体的峰值的大小关系,在本发明与现有例中发生逆转。进一步,马氏体(200)及马氏体(211)的峰值为进行喷丸处理前的峰值的1.15倍以上。

[0077] 3.实施方式的作用及效果

[0078] 如上所述,根据本实施方式的轴100的制造方法包括下述步骤,即,对于由铬钢或铬钼钢形成的轴材料实施渗碳淬火回火处理的热处理步骤以及至少对热处理步骤后的轴材料的传感器部安装位置进行喷丸处理的喷丸处理步骤,在喷丸处理步骤中,使用粒径0.6mm以上且HRC60以上的丸料,喷射压力为0.4MPa以上,喷射时间为2分钟以上。

[0079] 通过包括喷丸处理步骤,可以仅减少轴100的表面的非磁性的奥氏体,能够抑制轴100的韧性的降低。另外,在使用由铬钢或铬钼钢形成的轴材料的情况下,使用粒径0.6mm以上且HRC60以上的丸料,在喷射压力为0.4MPa以上、喷射时间为2分钟以上的条件下进行喷丸处理,由此能够提高传感器灵敏度,且降低滞后误差。

[0080] 另外,在喷丸处理步骤中,使得喷射压力为0.4MPa以上不足0.55MPa且喷射时间为5分钟以上,或者使得喷射压力为0.55MPa以上且喷射时间为2分钟以上,由此,在-40℃以上150℃以下的较广的温度范围内,能够确保传感器灵敏度为4mV/Nm以上的高传感器灵敏度,且能够实现3%FS以下的低滞后误差。

[0081] 进一步,在喷丸处理步骤中,使得喷射压力为0.4MPa以上不足0.55MPa且喷射时间为10分钟以上,或者使得喷射压力为0.55MPa以上且喷射时间为2分钟以上,由此使得滞后误差为2%FS以下,即使考虑误差或轴100的旋转的影响的情况下,也能够实现整体3%FS以下的低滞后误差。

[0082] 更进一步,在喷丸处理步骤中,使得喷射压力为0.55MPa以上且喷射时间为2分钟以上,由此能够维持2%FS以下的滞后误差,还能够缩短喷丸处理步骤所消耗的时间,能够提高量产性。

[0083] 另外,在热处理步骤中进行热处理以使得热处理步骤后的轴材料的硬度为HRC58以上,由此能够抑制由于热处理的影响产生的传感器灵敏度及滞后误差的恶化。

[0084] 另外,在喷丸处理步骤中,进行喷丸处理以使得喷丸处理步骤后的轴表面的表面粗糙度Ra为0.2以下,由此能够抑制轴100表面的凹凸的影响所产生的误差,能够以更高精度检测扭矩。

[0085] 4.实施方式的总结

[0086] 接下来,对从如上说明的实施方式所把握的技术思想,引用实施方式中的标记等进行记载。但是,以下记载中的各标记等,不是用于将权利要求书中的构成要素限定为实施方式中的具体所示的部件等。

[0087] [1]一种磁致伸缩式扭矩传感器用轴的制造方法,是安装磁致伸缩式扭矩传感器(1)的传感器部(2)的磁致伸缩式扭矩传感器用轴(100)的制造方法,包括以下步骤:

[0088] 热处理步骤,对由铬钢或铬钼钢形成的轴材料实施渗碳淬火回火处理,

[0089] 喷丸处理步骤,至少对所述热处理步骤后的轴材料的所述传感器部(2)的安装位置进行喷丸处理;

[0090] 所述喷丸处理步骤中,使用粒径0.6mm以上且洛氏硬度60以上的丸料,喷射压力为0.4MPa以上,喷射时间为2分钟以上。

[0091] [2]如[1]所述的磁致伸缩式扭矩传感器用轴的制造方法,其中,所述喷丸处理步骤中,喷射压力为0.4MPa以上不足0.55MPa且喷射时间为5分钟以上,或喷射压力为0.55MPa以上且喷射时间为2分钟以上。

[0092] [3]如[1]所述的磁致伸缩式扭矩传感器用轴的制造方法,其中,所述喷丸处理步骤中,喷射压力为0.4MPa以上不足0.55MPa且喷射时间为10分钟以上,或喷射压力为0.55MPa以上且喷射时间为2分钟以上。

[0093] [4]如[1]所述的磁致伸缩式扭矩传感器用轴的制造方法,其中,所述喷丸处理步骤中,喷射压力为0.55MPa以上且喷射时间为2分钟以上。

[0094] [5]如[2]至[4]任一项所述的磁致伸缩式扭矩传感器用轴的制造方法,其中,所述轴材料由铬钢形成。

[0095] [6]如[1]至[5]任一项所述的磁致伸缩式扭矩传感器用轴的制造方法,其中,所述热处理步骤中进行热处理以使得该热处理步骤后的轴材料的硬度为洛氏硬度58以上。

[0096] 以上,对本发明的实施方式进行了说明,但以上记载的实施方式不用于限定根据权利要求书的发明。另外,需要留意的是,所有的实施方式中说明的特征的组合,不限于是解决本发明的课题所必须的手段。

[0097] 本发明,在不脱离其宗旨的范围内可以适当变形并实施。

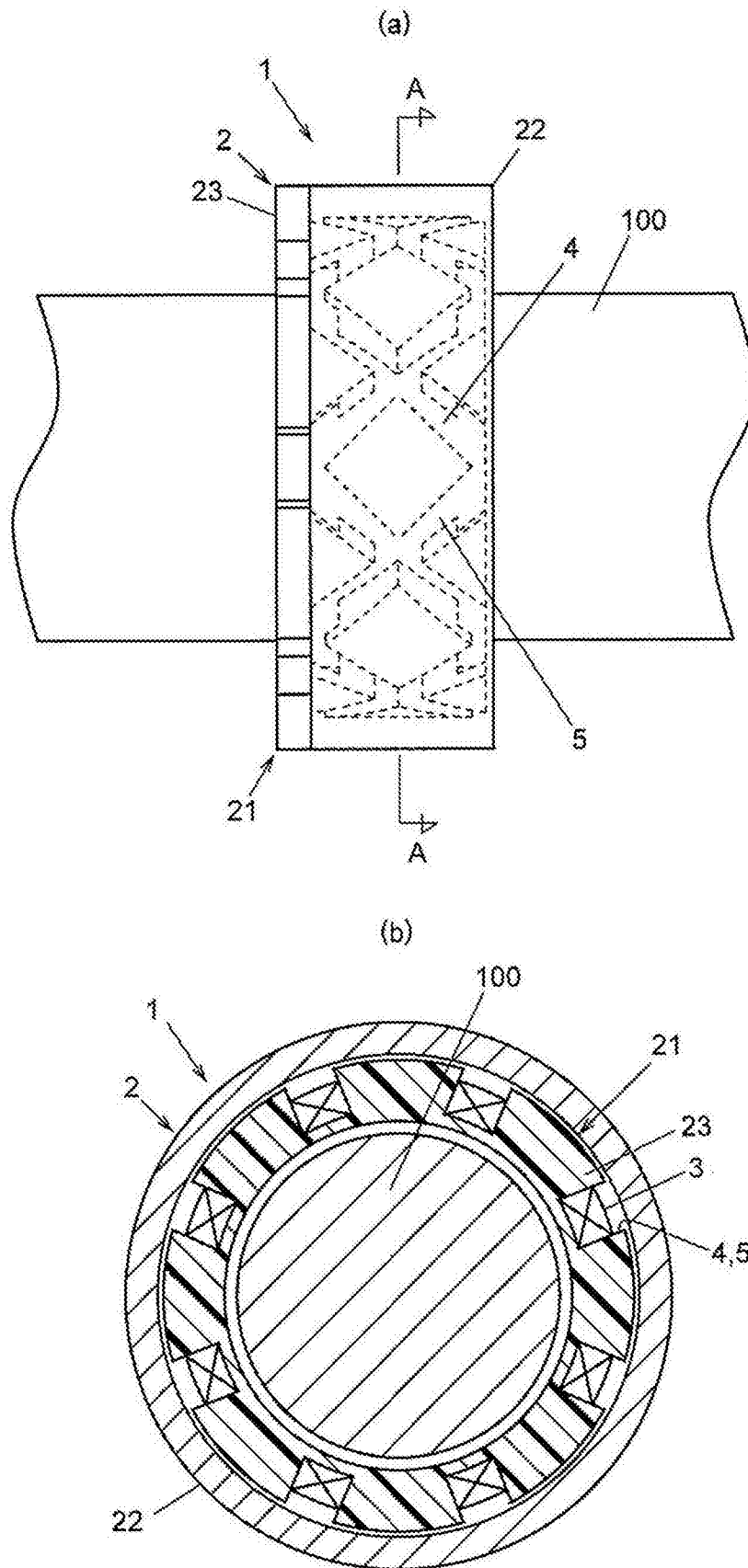
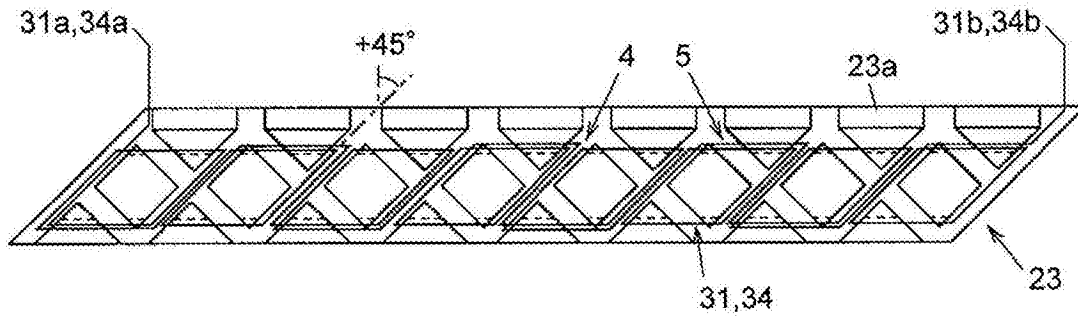


图1

(a)



(b)

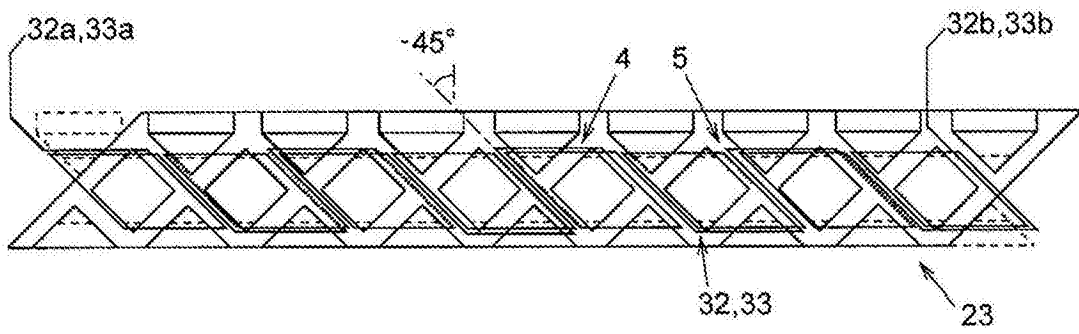


图2

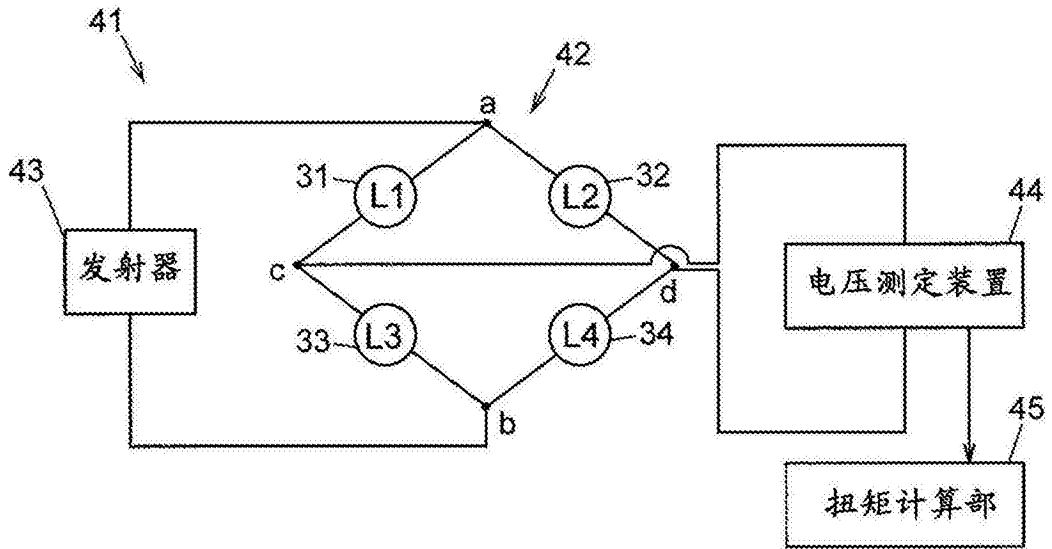


图3

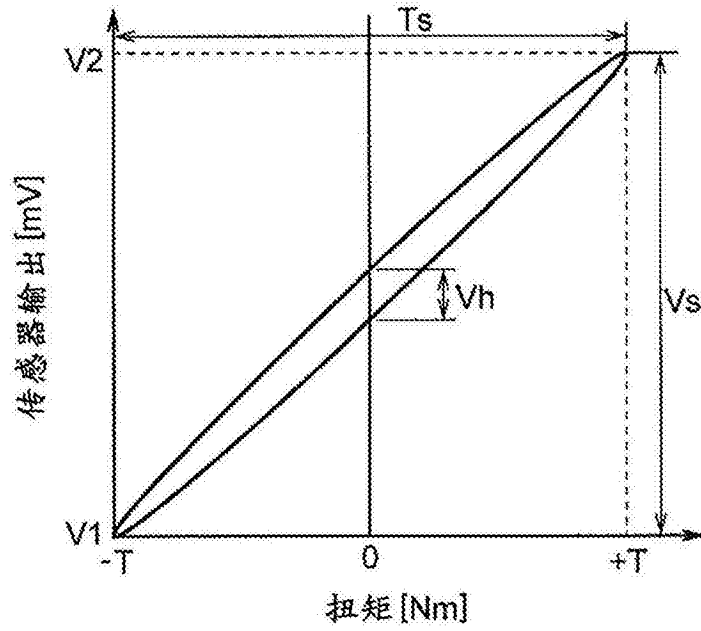


图4

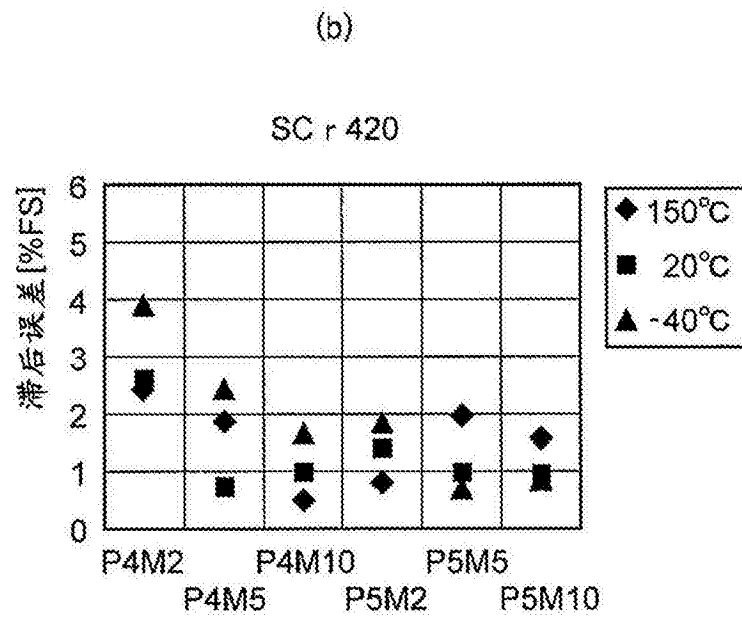
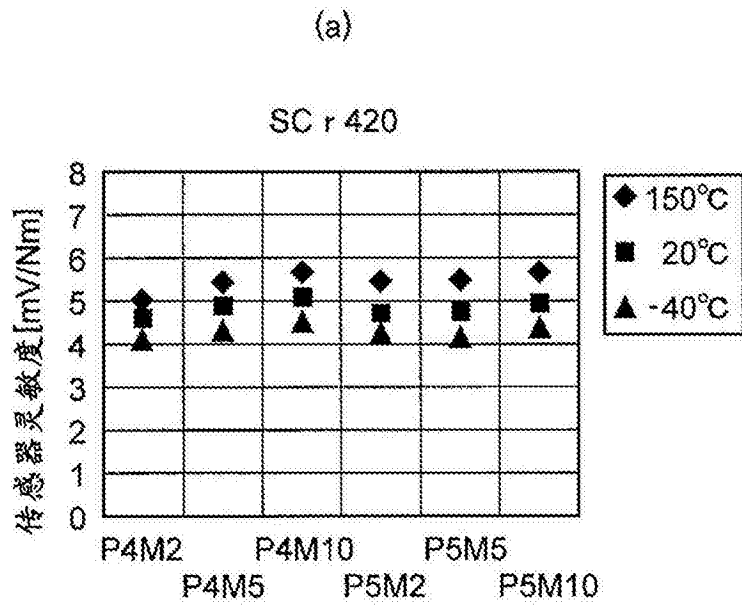


图5

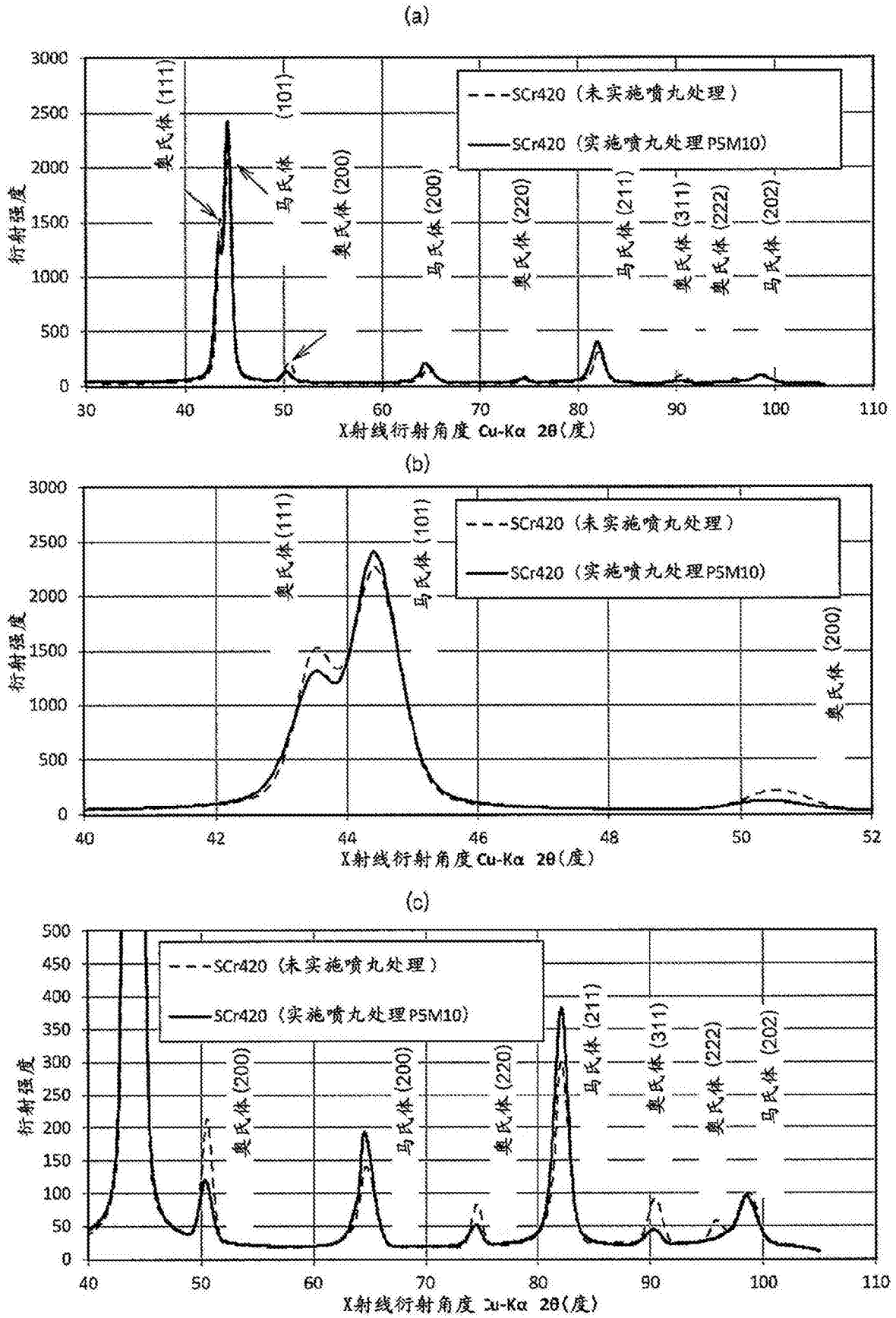


图6

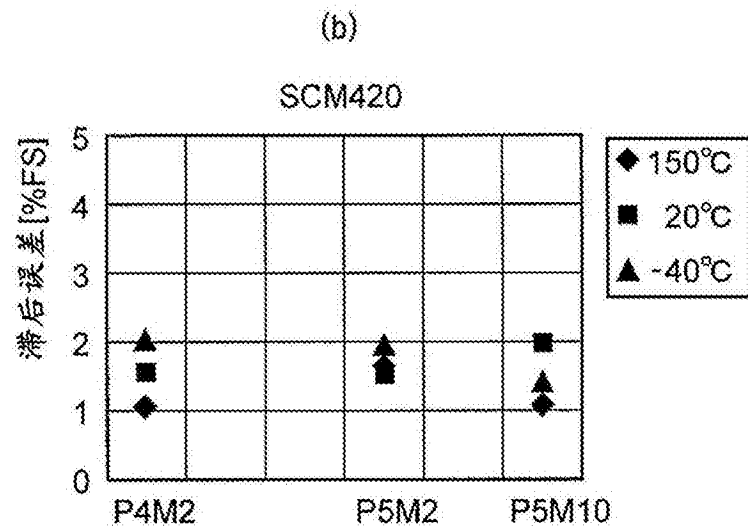
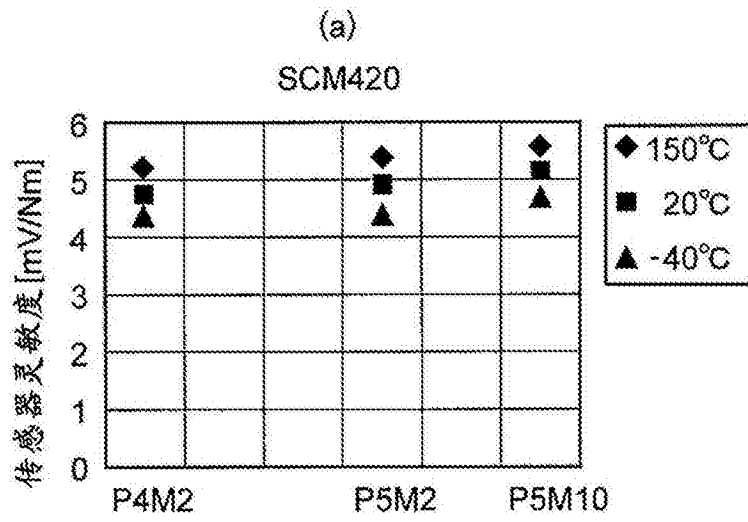


图7



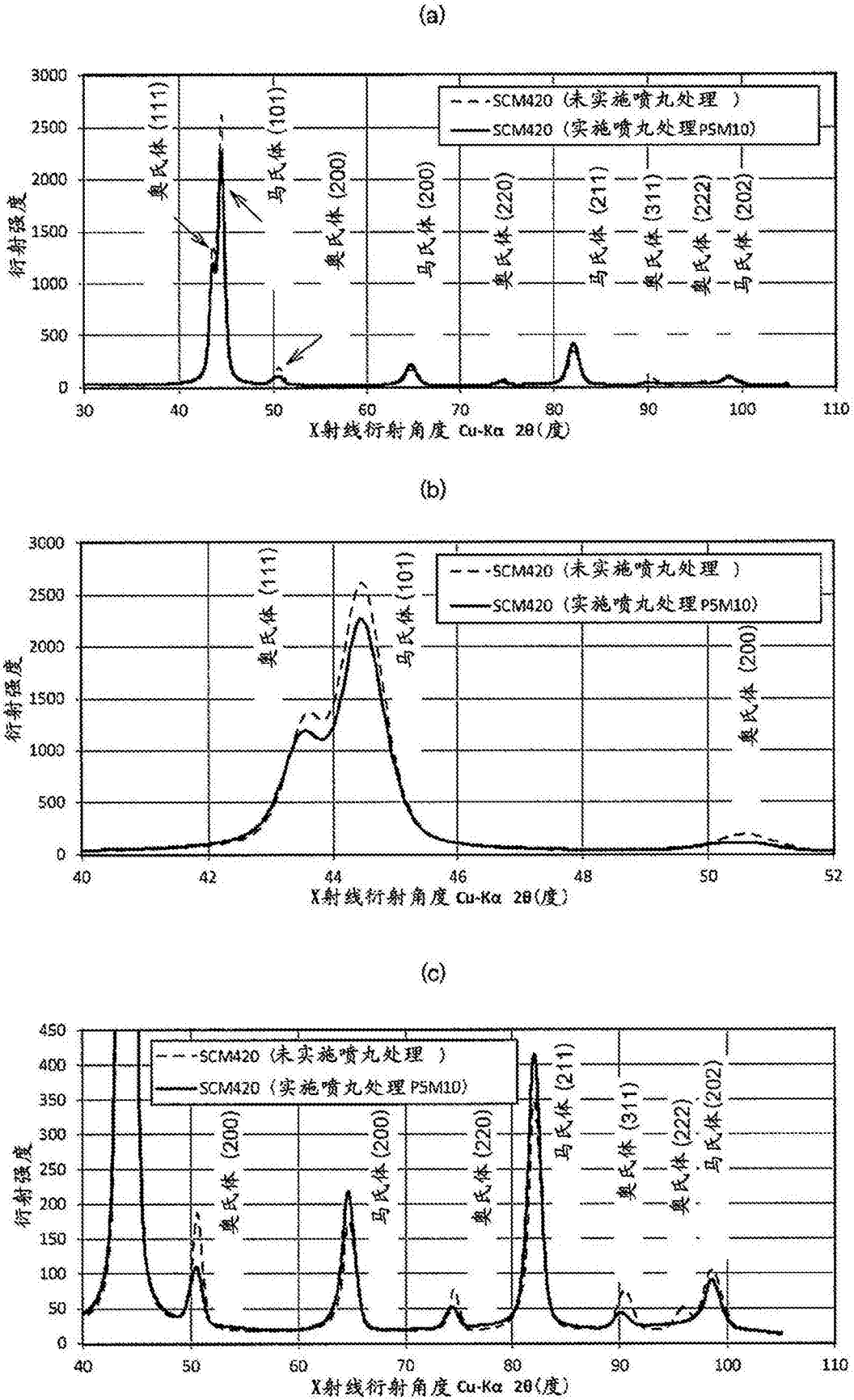


图8