



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 104066854 B

(45) 授权公告日 2016.02.24

(21) 申请号 201280064121.1

B22D 27/20(2006.01)

(22) 申请日 2012.12.19

C22C 37/04(2006.01)

C22C 38/00(2006.01)

(30) 优先权数据

2011-282407 2011.12.22 JP

(56) 对比文件

JP 昭 59-43844 A, 1984.03.12,

JP 昭 61-223116 A, 1986.10.03,

JP 特开平 8-188812 A, 1996.07.23,

JP 特开平 8-333650 A, 1996.12.17,

CN 101775532 A, 2010.07.14,

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2014.06.23

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/JP2012/082962 2012.12.19

(87) PCT国际申请的公布数据

W02013/094652 JA 2013.06.27

审查员 陈俊杰

(73) 专利权人 曙制动器工业株式会社

地址 日本东京

(72) 发明人 马场司 堀谷贵雄 时山拓也

佐藤隆 出井浩 西川裕

北原政和 成田英和

(74) 专利代理机构 北京奉思知识产权代理有限

公司 11464

代理人 吴立 邹轶蛟

(51) Int. Cl.

C21C 1/10(2006.01)

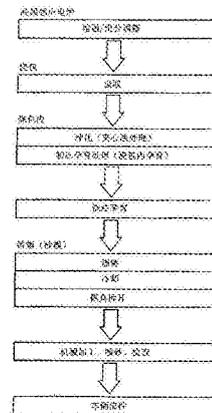
权利要求书1页 说明书18页 附图15页

(54) 发明名称

生产球墨铸铁的方法和由该球墨铸铁获得的球墨铸铁构件

(57) 摘要

本发明的目的是提供使用不含稀土元素的球化剂来生产具有高性能的球墨铸铁的方法,并提供包括所述球墨铸铁的球墨铸铁构件。本发明涉及通过使用含有给定量的Ba并且基本上不含稀土元素的Fe-Si-Mg-Ca系合金的球化剂对铁水进行球化处理,并进行初次孕育处理和浇注孕育处理,来获得具有高性能的球墨铸铁和球墨铸铁构件。



1. 一种用于生产基本上不含稀土元素的球墨铸铁的方法,该方法包括:

(a) 在浇包中,以铁水的质量%计 0.8 ~ 2.0% 的量向所述铁水加入 Fe-Si-Mg-Ca 系合金的球化剂,以对所述铁水进行球化处理的步骤,所述 Fe-Si-Mg-Ca 系合金以质量%计含有 3.0 ~ 6.0% 的 Mg、1.0 ~ 2.0% 的 Ca、0.5 ~ 3.5% 的 Ba 和 0.3% 以下的 Al,并且所述 Fe-Si-Mg-Ca 系合金基本上不含稀土元素;

(b) 与所述步骤 (a) 同时或在所述步骤 (a) 之后,使用第一 Fe-Si-Ca 系孕育剂或 Ca-Si 系孕育剂进行孕育处理的步骤;以及

(c) 在所述步骤 (b) 之后并且在将所述铁水浇铸到铸模中之前,以尚未经过球化处理的所述铁水的质量%计 0.2 ~ 0.4% 的量向所述铁水加入第二 Fe-Si-Ca 系孕育剂,以进行浇注孕育处理的步骤,所述第二孕育剂以质量%计含有 45 ~ 75% 的 Si 和 1.0 ~ 3.0% 的 Ca,

其中,获得的所述球墨铸铁的组成以质量%计含有 3.0 ~ 4.5% 的 C、3.0 ~ 4.0% 的 Si、0.2 ~ 0.4% 的 Mn、0.006 ~ 0.020% 的 S、0.08 ~ 0.30% 的 Cu、0.020 ~ 0.040% 的 Sn、0.015 ~ 0.050% 的 Mg、0.03% 以下的 Al 和 0.01% 以下的 Zn,其余为 Fe 和不可避免的杂质。

2. 一种球墨铸铁构件,该球墨铸铁构件包含通过权利要求 1 的生产方法获得的球墨铸铁,

所述球墨铸铁构件具有 85% 以上的石墨球化度、450MPa 以上的抗张强度、15% 以上的伸长率、170GPa 以上的杨氏模量和 1.0×10^3 以上的对数衰减率,其中,薄壁部中的激冷面积率为 1% 以下,在所述薄壁部中,包含所述球墨铸铁的所述球墨铸铁构件具有 6mm 以下厚度,

其中,在所述薄壁部的横截面的宏观检查中,所述横截面没有各自具有 1mm 以上的直径或主轴长度的缩孔、针眼和空隙。

生产球墨铸铁的方法和由该球墨铸铁获得的球墨铸铁构件

技术领域

[0001] 本发明涉及用于生产球墨铸铁的方法以及使用该球墨铸铁的球墨铸铁构件, 例如尤其是具有薄壁部的车辆部件。

背景技术

[0002] 由于球墨铸铁具有优异的抗张强度和延展性, 所以球墨铸铁被广泛用作包括机动车辆的车辆、机器部件等的部件。具体来说, 这种球墨铸铁被用于制动钳中, 以便确保其质量, 制动钳作为用于例如机动车辆的的安全部件来说是重要的。

[0003] 由于最近在这些部件中对于减轻重量和减小尺寸存在需求, 因此也要求减小所使用的球墨铸铁构件的厚度。在球墨铸铁构件被生产成厚度减小的情况下, 在其薄壁部中冷却速率提高, 这导致激冷相(异常结构)的形成。由于这种激冷相具有格外坚硬的结构, 因此球墨铸铁构件的机械加工性能不合乎需要地降低。

[0004] 因此, 具有薄壁部的球墨铸铁构件、尤其是用于机动车辆的部件, 通常需要抑制激冷结构的出现, 并需要在抗张强度与延展性之间保持高水平平衡。因此, 在生产球墨铸铁构件时, 对浇铸铁水进行球化处理并进一步进行多次孕育处理。在球化处理中, 一般使用含有稀土元素(稀土)的球化剂, 以便更可靠地进行球化和石墨化。

[0005] 例如, 专利文献 1 至 4 公开了含有给定量(在约 0.5 ~ 9 质量%的范围内)稀土的球化剂以及使用该球化剂生产的球墨铸铁。稀土不仅具有在脱氧和脱硫功能以及降低球化抑制性元素的作用的功能两者的基础上加速球墨化的效果, 而且在产生石墨核等的基础上起到例如加速石墨化、阻止激冷相形成、抑制块状石墨形成和抑制衰退的作用。因此, 对于球墨铸铁来说, 稀土是极为有益的元素。尤其是在用于机动车辆用部件的球墨铸铁的生产中, 使用含有这样的稀土的球化剂, 被视为对于在薄壁部中防止激冷相形成来说是必不可少的。

[0006] 现有技术文献

[0007] 专利文献

[0008] 专利文献 1 :JP-A-10-237528

[0009] 专利文献 2 :JP-A-2000-303113

[0010] 专利文献 3 :JP-A-2007-182620

[0011] 专利文献 4 :JP-A-9-125125

[0012] 专利文献 5 :JP-A-6-279917

[0013] 专利文献 6 :JP-A-10-317093

[0014] 专利文献 7 :JP-A-2004-339577

发明内容

[0015] 本发明待解决的问题

[0016] 然而, 稀土集中于地球上的有限地区中, 并且取决于生产国或制造商的情况, 其价

格和生产量常常相当大地波动。尤其是近年来,不仅在铸造金属领域,而且在电子器具、磁体等领域中,稀土已变成不可或缺的资源,并且其价格飞涨。因此,其供应也是不稳定的。

[0017] 因此,为了避免这样的供应问题或价格飞涨,强烈需要建立使用不含稀土的球化剂生产球墨铸铁的方法以及以低成本稳定地供应球墨铸铁构件

[0018] 有鉴于这样的当前情况,实现了本发明。本发明的目的是提供一种用于生产球墨铸铁的方法,并且提供使用所述球墨铸铁的球墨铸铁构件,所述球墨铸铁在抗张强度/延展性平衡、刚度、机械加工性能、减震性能、铸造性能和盈利性方面是优异的,即使在使用不含稀土的球化剂时也没有激冷相和内部缺陷,并且适用于具有更广泛的制品形状的部件。

[0019] 解决问题的手段

[0020] 也就是说,本发明涉及下列(1)和(2)。

[0021] (1)一种用于生产基本上不含稀土元素的球墨铸铁的方法,该方法包括:

[0022] (a)在浇包中,以所述铁水的质量%计以0.8~2.0%的量向铁水加入Fe-Si-Mg-Ca系合金的球化剂,以对所述铁水进行球化处理的步骤,所述Fe-Si-Mg-Ca系合金以质量%计含有3.0~6.0%的Mg、1.0~2.0%的Ca、0.5~3.5%的Ba和0.3%以下的Al并且基本上不含稀土元素;

[0023] (b)与步骤(a)同时或在步骤(a)之后,使用第一Fe-Si-Ca系孕育剂或Ca-Si系孕育剂进行孕育处理的步骤;以及

[0024] (c)在步骤(b)之后并且在将所述铁水浇铸到铸模中之前,以尚未经过球化处理的铁水的质量%计以0.2~0.4%的量向所述铁水加入第二Fe-Si-Ca系孕育剂,以进行浇注孕育处理的步骤,所述第二孕育剂以质量%计含有45~75%的Si和1.0~3.0%的Ca,

[0025] 其中,获得的所述球墨铸铁的组成以质量%计含有3.0~4.5%的C、3.0~4.0%的Si、0.2~0.4%的Mn、0.006~0.020%的S、0.08~0.30%的Cu、0.020~0.040%的Sn、0.015~0.050%的Mg、0.03%以下的Al和0.01%以下的Zn,其余为Fe和不可避免的杂质。

[0026] (2)一种球墨铸铁构件,其包含通过(1)的生产方法获得的球墨铸铁,

[0027] 所述球墨铸铁构件具有85%以上的石墨球化度、450MPa以上的抗张强度、15%以上的伸长率、170GPa以上的杨氏模量和 1.0×10^3 以上的对数衰减率,其中,在包含所述球墨铸铁的所述球墨铸铁构件的具有6mm以下厚度的薄壁部中,激冷面积率为1%以下,

[0028] 其中,在所述薄壁部的横截面的宏观检查中,所述横截面没有各自具有1mm以上的直径或主轴长度的缩孔、针眼和空隙。

[0029] 本发明的效果

[0030] 尽管球化剂不含稀土,但通过在球墨铸铁生产期间不是向浇注孕育剂或第二孕育剂而是向球化剂加入给定量的Ba,使本发明的球墨铸铁与常规球墨铸铁相比在抗张强度、延展性、刚度、减震性能和机械加工性能方面相当或更优。此外,包含所述球墨铸铁的球墨铸铁构件,即使在与常规条件相比更严苛的条件下进行评估时,也可以被视为在其中没有内部缺陷。

[0031] 因此,包含本发明的球墨铸铁的构件可以被适合地用于具有薄壁部的小的车辆部件、尤其是作为对车辆的安全来说重要的安全部件的制动钳的生产中。

[0032] 此外,根据本发明,可以以低成本稳定地供应球墨铸铁构件,而不使用昂贵并且不

能稳定供应的任何原料例如稀土作为其生产原料。因此,它可以广泛应用于使用总是需要稳定地供应的球墨铸铁的制品(构件),例如不仅是那些车辆部件,而且包括其他车辆部件和用于通用工业应用的机器部件。本发明在工业上极为重要。

附图说明

- [0033] 图 1 是示意图,其示出了始于原材料熔化并止于车辆用部件的完成的步骤。
- [0034] 图 2(a) 和图 2(b) 是示出了在本发明的初步试验中使用的楔状激冷试验样品的图。图 2(a) 是示出了用于楔状激冷试验样品的模具的示意图;图 2(b) 是楔状激冷试验样品的断裂面的示意透视图。
- [0035] 图 3 是示出了球化剂中的 Mg 含量与激冷深度之间的关系的曲线图。
- [0036] 图 4 是示出了球化剂中的 Mg 含量与球化度之间的关系的曲线图。
- [0037] 图 5 是示出了球化剂中的 Mg 含量与抗张强度之间的关系的曲线图。
- [0038] 图 6 是示出了球化剂中的 Mg 含量与伸长率之间的关系的曲线图。
- [0039] 图 7 是示出了球化剂中的 Ca 含量与激冷深度之间的关系的曲线图。
- [0040] 图 8 是示出了球化剂中的 Ca 含量与球化度之间的关系的曲线图。
- [0041] 图 9 是示出了球化剂中的 Ca 含量与抗张强度之间的关系的曲线图。
- [0042] 图 10 是示出了球化剂中的 Ca 含量与伸长率之间的关系的曲线图。
- [0043] 图 11 是示出了球化剂中的 Ba 含量与激冷深度之间的关系曲线的图。
- [0044] 图 12 是示出了球化剂中的 Ba 含量与球化度之间的关系的曲线图。
- [0045] 图 13 是示出了球化剂中的 Ba 含量与抗张强度之间的关系曲线的图。
- [0046] 图 14 是示出了球化剂中的 Ba 含量与伸长率之间的关系的曲线图。
- [0047] 图 15 是示出了球化剂中的 Ba 含量与石墨晶粒的数目之间的关系的曲线图。
- [0048] 图 16 是示出了球化剂中的 Ba 含量与石墨晶粒的直径之间的关系的曲线图。
- [0049] 图 17 是示出了使用不含 Ba 的球化剂获得的球墨铸铁的微观结构的显微照片。
- [0050] 图 18 是示出了使用含有 Ba 的球化剂获得的球墨铸铁的微观结构的显微照片。
- [0051] 图 19 是示出了浇注孕育剂中的 Ba 含量与抗张强度之间的关系的曲线图。
- [0052] 图 20 是示出了浇注孕育剂中的 Ba 含量与激冷深度之间的关系的曲线图。
- [0053] 图 21 是示出了浇注孕育剂中的 Ba 含量与球化度之间的关系的曲线图。
- [0054] 图 22 是示出了球化剂中的 Al 含量与激冷深度之间的关系的曲线图。
- [0055] 图 23 是示出了球化剂中的 Al 含量与球化度之间的关系的曲线图。
- [0056] 图 24 是示出了球化剂中的 Al 含量与抗张强度之间的关系的曲线图。
- [0057] 图 25 是示出了球化剂中的 Al 含量与伸长率之间的关系的曲线图。
- [0058] 图 26 是示出了球化剂的添加量与激冷深度之间的关系的曲线图。
- [0059] 图 27 是示出了球化剂的添加量与球化度之间的关系的曲线图。
- [0060] 图 28 是示出了球化剂的添加量与抗张强度之间的关系的曲线图。
- [0061] 图 29 是示出了球化剂的添加量与伸长率之间的关系的曲线图。

具体实施方式

[0062] 下面详细解释本发明。在这里,“重量%”与“质量%”具有相同意义,并且简单表

述“%”意味着“重量%”。

[0063] 总的来说,在球化剂中稀土的含量被降低或从球化剂中取消稀土的情况下,关于制品性能的问题的实例包括:

[0064] (1) 石墨球化度(在后文中称为球化度)的降低和所引起的抗张强度、延展性和刚度的降低;

[0065] (2) 激冷相(异常结构)的形成,以及由激冷相形成的趋势增加而造成的机械加工性能的降低;

[0066] (3) 衰退增加(直至衰退开始的时间段减小);以及

[0067] (4) 内部缺陷例如缩孔的形成增加。

[0068] 在这里,衰退是随着时间的流逝,出于球化处理或孕育处理的目的而添加的元素通过氧化或通过与其他元素的反应被消耗并因此减少,并且随着时间流逝球化或孕育不再继续进行的现象。

[0069] 本发明人对铁水的组分、球化剂和孕育剂的组分及其添加量的影响进行了详细和系统的调查,结果,他们发现,通过同时并准确地控制熔融组分、球化剂和孕育剂的组分的量及其添加量,不使用任何昂贵的添加元素即可生产即使铸态下,在抗张强度/延展性平衡、刚度、机械加工性能和铸造性能方面也优异的车辆部件,以克服上述问题(1)至(4)。因此,本发明人开发了具有高水平的这些性能并适用于要求具有高品质的车辆部件、例如车辆用制动钳中的球墨铸铁的方法。

[0070] 然而,对于在使用不含稀土的球化剂的情况下遇到的技术问题之一的(4)内部缺陷例如缩孔的形成增加来说,当考虑到未来对车辆部件的复杂性、尺寸减小和厚度减小的进一步要求时,仍存在不足之处。因此,需要提供能够更可靠地应用于更广泛的制品的铸态球墨铸铁的生产方法,并提供包含该球墨铸铁的球墨铸铁构件。

[0071] 在本说明书中,术语“薄壁”是指厚度为6mm以下。

[0072] 为了满足这些要求,本发明人对于在使用不含稀土的球化剂时充分抑制制品中内部缺陷,尤其是缩孔,的形成的方法,反复地进行了各种调查。总的来说,用于抑制球墨铸铁中缩孔的形成的对策的实例包括:

[0073] (a) 减少固化收缩的量(石墨化的加速),

[0074] (b) 增强冒口效果(riser effect),以及

[0075] (c) 提高铸模强度。

[0076] 然而,(b)冒口效果的增强引起由于冒口体积的增加而导致的铁水的产率的降低,并且上述(c)的铸模材料的变化不仅引起成本增加,而且需要相当程度地重新考虑生产条件。

[0077] 因此,本发明人以盈利性为重,将注意力集中于(a)减少固化收缩的量,并坚持不懈地进行调查。结果,本发明人发现,通过向球化剂添加给定量的Ba并精确地调节球化剂中Mg、Ca和Al的量,可以相当大地减小缩孔形成的趋势。因此完成了本发明

[0078] 所述调查在下面详细描述。

[0079] Ba在铁水中一般形成氧化物或硫化物,并且它们在固化期间起到石墨核的作用,以加热石墨形成反应。因此,Ba被认为在增加石墨晶粒的数量并减小石墨晶粒的直径是有效的。

[0080] 事实上,迄今为止,已经向主要用于球墨铸铁的孕育剂添加 Ba 以产生增加石墨晶粒的数量和降低石墨晶粒的直径的效果,并且 Ba 已被用作基于这样的效应来增强孕育效果的成分。

[0081] 例如,专利文献 5 公开了以 10% 以下的量向孕育剂添加 Ba, 以便降低石墨尺寸并加速石墨化。专利文献 6 公开了在孕育期间或孕育之后以 0.0015 ~ 0.02% 的量向铁水添加 Ba, 以便增加石墨晶粒的数量并减小石墨晶粒的直径, 由此提高制品的刚性。专利文献 7 公开了以 0.5 ~ 6.0% 的总量向含有 90 ~ 99% 的 Si 的孕育剂添加选自 Ca、Sr 和 Ba 的一种以上元素, 以便加速石墨化。

[0082] 如上所述,在迄今为止使用的用于 Ba 添加的一般方法中,不是向球化剂而是向浇注孕育剂或第二孕育剂添加 Ba。

[0083] 在生产大尺寸大厚度的球墨铸铁构件时,存在着使用不含稀土的球化剂的情况(专利文献 4)。然而,已知在向不含稀土的球化剂添加 Ba 的情况下,Ba 在铁水中显示出不良溶解性,引起大量熔渣形成,从而损害了诸如抗张强度和伸长率的性能。

[0084] 即使在出于加速石墨化和减小石墨尺寸的目的而向浇注孕育剂或第二孕育剂添加 Ba 的情况下,也存在着其在适合于那些效应的量下的添加增强了石墨化的加速和石墨的尺寸减小,但是损害了与抗张强度、激冷相形成趋势、球化度和衰减时间有关的每种性能的问题。

[0085] 本发明人将注意力集中于由 Ba 的石墨化加速效应造成的固化收缩量的减少,并反复地进行各种调查以期望所述减少可以带来减小缩孔形成的趋势的效果。结果,本发明人发现,即使在不含稀土的球化剂的情况下,通过向其添加给定量的 Ba, 也可以加速石墨化并形成均匀细小的石墨,并且在制品中实现抑制缩孔形成的显著效果。

[0086] 本发明人还发现,通过精确地调节球化剂中 Mg、Ca 和 Al 的含量,可以充分减少迄今为止被视为难题的由 Ba 的添加造成的熔渣形成量的增加,并且通过将那些组分中 Al 的含量控制为给定值以下,可以显著抑制夹杂物的形成。由此完成了本发明。

[0087] 正如从向浇注孕育剂或第二孕育剂添加 Ba 导致除了石墨化加速和石墨尺寸减小之外的每种性能的变差这一事实明显看出的,球化剂的组分或孕育剂的组分的修改引起微观结构的变化和随之而来的各种性能的变化。常常出现所述修改使除了希望改进的性能之外的其他性能变差的情况。因此,在要求保留许多性能之间的令人满意的平衡的制品例如车辆用部件的情况下,必需在由组分的添加或组分含量的变化造成的性能改变已被充分了解之后确定每种组分的比例。

[0088] 因此,在本发明中,还使用小的试验样品来进行下面的初步试验,以便了解向球化剂添加 Ba 和改变 Mg、Ca 和 Al 等的含量对除了抑制内部缺陷的形成之外的其他性能的影响。

[0089] [初步试验]

[0090] 首先,使用紧凑型高频感应熔炉在实际生产线的条件下将与批量生产线中相同的废铁熔化,以制备对应于标准 FCD400-450 (JIS G 5502) 的铁水,并且在浇包中通过夹心法进行球墨化处理。改变待导入的用于球墨化处理的球化剂的量和球化剂中 Mg、Ca、Ba 和 Al 的含量。在这一操作中,在浇包中同时使用市售的 Fe-Si-Ca 系孕育剂进行初次孕育处理。

[0091] 具体来说,以与真实装置中相同的方式,将 Fe-Si 系覆盖材料置于配置在浇包底

部处的口袋中的球化剂和 Fe-Si-Ca 系孕育剂上,以完全覆盖球化剂和孕育剂,由此进行这些处理。此外,手动进行浇注孕育,其中在铁水即将浇注在铸模(壳模)中之前向铁水加入孕育剂。基本步骤按照图 1 中示出的流程图进行。

[0092] 在这个初步试验中,使用两种铸模即楔形激冷试验样品和易割(knock-off)(Kb)型试验样品(直径 25mm)来生产铸铁。楔形试验样品的内部尺寸如图 2(a)中所示。在将从球化处理至浇注的时间长度在从处理后立即至最多 15 分钟的范围内进行改变的同时,使用这些铸模来生产试验样品,以便评估大规模生产期间衰退的影响。检查试验样品的各种性能。

[0093] 将每个楔形试验样品在常温下断裂以获得激冷试验样品,并使用数字放大镜测量从断裂面尖端至存在激冷相的部分的区域的深度(激冷深度)(参见图 2(a)和图 2(b))。激冷深度越小,激冷相形成的趋势被抑制得越大。通过切开易割(Kb)型圆杆样品的末端(直径 25mm)并用光学显微镜检查其中央部分,来确定球化度、石墨晶粒的数目等。通过检查从每个直径为 25mm 的圆杆切出的两个 JIS 4 号试验样品,来确定抗张性能。

[0094] 初步试验的结果在下面参考附图进行详细描述。

[0095] [球化剂中 Mg、Ca、Ba 和 Al 含量的影响]

[0096] 图 3 至 6 分别示出了作为球化剂中的基本成分的 Mg 的含量与激冷深度(图 3)、球化度(图 4)、抗张强度(图 5)和伸长率(图 6)之间的关系。还示出了当从球化处理到浇铸的经过时间被改变,即从处理后(反应完成后)即刻改变到 9 分钟和到 15 分钟时观察到的每种性能的差异。

[0097] 从初步试验的结果,证实了在球化剂中包含 Mg 对于提高球化度和抗张强度来说显著有效,但是还证实了 Mg 是增加激冷相形成趋势的元素。因此,必需应该在详尽地评估 Mg 的含量对各种性能的影响的同时确定其适合的范围。

[0098] 同样地,图 7 至 10 分别示出了作为球化剂中的基本成分的 Ca 的含量与激冷深度(图 7)、球化度(图 8)、抗张强度(图 9)和伸长率(图 10)之间的关系。还示出了当从球化处理到浇铸的经过时间被改变,即从处理后(反应完成后)即刻改变到 9 分钟和到 15 分钟时观察到的每种性能的差异。

[0099] 证实了当球化剂中 Ca 的含量约为 2%时,激冷深度最令人满意,并且抗张强度和伸长率倾向于随着 Ca 含量的提高而逐渐增加。还证实了球化度随着 Ca 含量增加至约 1.3%而提高,但是在 Ca 含量高于该值的范围内倾向于降低,并且在 Ca 含量超过 2%的情况下再次提高。

[0100] 图 11 至 16 分别示出了球化剂中的 Ba 的含量与激冷深度(图 11)、球化度(图 12)、抗张强度(图 13)、伸长率(图 14)、石墨晶粒的数量(图 15)和石墨晶粒的直径(图 16)之间的关系。还示出了当从球化处理到浇铸的经历时间被改变,即从处理后(反应完成后)即刻改变到 9 分钟和到 15 分钟时观察到的每种性能的差异。

[0101] 结果,在 Ba 含量为 0~0.5%的范围内,通过 Ba 的添加,激冷深度、球化度、抗张强度和伸长率均倾向于略微变差。另一方面,在 0.5~3.5%的范围内,证实了变差的趋势变得消失,并且性能几乎不变或倾向于略微改善。

[0102] 另一方面,对于影响内部缺陷例如缩孔的形成的抑制的石墨晶粒的数目和石墨晶粒的直径来说,证实了当 Ba 含量在 0.5~3.5%的范围内时石墨晶粒数目倾向于增加,并且

随着 Ba 含量增加至约 0.8%，石墨晶粒的直径倾向于增加，但是在所述含量高于该值的范围内时倾向于减小。

[0103] 此外，从图 17 中示出的在不添加 Ba 的情况下获得的微观结构与图 18 中示出的在添加 2% 的 Ba 的情况下获得的微观结构之间的比较，证实了由于向球化剂添加 Ba，石墨晶粒的数目增加，并且石墨晶粒的直径减小。

[0104] 如上所述，Ba 通常被添加到用于在球化处理后进行孕育的孕育剂。在这个初步试验中，还进行了向浇注孕育剂添加 Ba 的试验。Ba 的含量与各种性能之间的关系，以及当从球化处理到浇铸的经历时间被改变到 9 分钟和 15 分钟时观察到的各种性能中的每一种的差异，被一起示出。

[0105] 如图 19 至 21 中所示，存在着抗张强度（图 19）、激冷深度（图 20）和球化度（图 21）各自随着 Ba 含量的增加而降低的趋势。证实了当从球化处理开始的经历时间更长（15 分钟）时，这些性能的每一种都倾向于更低。

[0106] 因此，了解到向孕育剂添加 Ba 对加速石墨化和减小石墨尺寸是有效的，但是不合乎需要地使其他性能变差。

[0107] 图 22 至 25 分别示出了球化剂中的 Al 的含量与激冷深度（图 22）、球化度（图 23）、抗张强度（图 24）和伸长率（图 25）之间的关系。还示出了当从球化处理到浇铸的经历时间被改变，即从处理后（反应完成后）即刻改变到 9 分钟和到 15 分钟时观察到的每种性能的差异。

[0108] 作为结果，当 Al 的含量在 0.2 ~ 1.0% 的范围内时，每种性能没有显示出大的变化。然而，对于激冷深度、球化度和抗张强度来说，证实了 Al 含量越低，性能越好。

[0109] [球化剂的添加量]

[0110] 图 26 至 29 示出了在本发明的范围之内的球化剂的添加量（以铁水计 0.8 ~ 2.0 质量%）与激冷深度（图 26）、球化度（图 27）、抗张强度（图 28）和伸长率（图 29）之间的关系。在这里使用的球化剂具有与作为将在后面给出的表 2 中的球化剂 1 号所示的球化剂相同的组成。

[0111] 结果，证实了在球化剂的添加量以铁水计在 0.8 ~ 2.0 质量% 的范围内，即使当添加量增加时，球化度和伸长率也几乎不变，但是激冷相形成的趋势和抗张强度随着添加量的增加而增加。因此，必需在考虑到每种性能的这种变化的同时，全面地确定将要添加的球化剂的量。

[0112] 从上面描述的初步试验的结果，了解到为了使用不含稀土的球化剂获得保持高性能水平而没有内部缺陷的铸造出的材料，必需同时并精确地控制球化剂中 Ba、Mg、Ca 和 Al 的含量以及球化剂的添加量。

[0113] 接下来，本发明人使用与在大规模生产线中相同的装置，在考虑到初步试验的结果而设定的生产条件下，生产作为包含本发明的球墨铸铁的球墨铸铁构件的汽车制动钳，并针对真实制品进行了验证试验。

[0114] 结果发现，即使在使用不含稀土的球化剂的情况下，通过准确地控制熔融组分、孕育剂的基本组分的量及其添加量，并通过向球化剂添加给定量的 Ba，然后将其中 Mg、Ca 和 Al 的含量调节到给定范围内，也可以获得即使铸态下也显示出优异性能的制品。

[0115] 这些性能如下：制品（构件）没有例如缩孔的内部缺陷，并具有优异的盈利性；根

据 JIS Z 2241 的抗张强度为 450MPa 以上,根据 JIS Z 2241 的伸长率为 15% 以上,根据 JIS G 5502 的球化率为 85% 以上,根据 JIS Z 2280 的杨氏模量为 170GPa 以上,并且根据 JIS G 0602 的对数衰减率为 1.0×10^3 以上;并且该包含本发明的球墨铸铁的构件在其厚度为 6mm 以下的薄壁部中没有激冷相。

[0116] 因此,本发明人发现,使用通过本发明的生产方法生产的铸铁,可以生产与常规制品中相比,内部缺陷从形成起就被更严格地抑制的球墨铸铁构件,例如车辆用部件。由此完成了本发明。

[0117] 下面解释用于生产本发明的球墨铸铁和使用所述球墨铸铁的球墨铸铁构件的方法。

[0118] 作为被熔化以提供在本发明中使用的铁水的原材料,可以使用热轧或冷轧钢的废铁、生铁、回炉材料等。然而,优选地使用杂质例如 O、S 和 P 的含量低的材料。然而,应该指出,即使在这些杂质的含量高的情况下,通过进行脱硫处理或熔剂处理以降低杂质含量,这种原材料也可以令人满意地使用。

[0119] 对熔炉没有特别限制。然而,优选地使用电炉,尤其是高频感应电炉。在原材料被熔化后,向其适当地添加 C、Si、Mn、S、Cu 和 Sn 以调节铁水的组分。从移除熔渣例如漂浮在铁水表面上的夹杂物的观点来看,在汲取之前从熔炉以及在球化处理后从浇包除去熔渣是重要的。成功地进行熔渣去除是合乎需要的。

[0120] 从容易地调节铁水的组成以使获得的球墨铸铁具有优选组成的观点来看,优选地应该将铁水的组成调节成以质量%计,含有 3.0 ~ 4.5% 的 C、2.0 ~ 3.0% 的 Si、0.2 ~ 0.4% 的 Mn、0.006 ~ 0.020% 的 S、0.03% 以下的 Al、0.08 ~ 0.30% 的 Cu、0.020 ~ 0.040% 的 Sn 和 0.01% 以下的 Zn,其余为 Fe 和不可避免的杂质。优选地,在熔化期间和组分调节期间的铁水温度应该被调节到 1480 ~ 1580°C。

[0121] 随后,将熔炉倾斜并将铁水倾倒在浇包中。在这一操作中,使用球化剂、第一孕育剂和覆盖材料来进行石墨球化处理和初步孕育处理。

[0122] 作为用于球化处理的方法,可以使用夹心法或另一种已知手段。然而,从球化剂中的 Mg 浓度和 Mg 得率的观点以及该方法不要求任何特殊设备并且能够进行稳定的石墨球化的观点来看,通常使用夹心法。

[0123] 有鉴于上面描述的初步试验的结果,作为球化剂,可以使用含有 Ba 的 Mg 系球化剂,例如 Fe-Si-Mg-Ca 系合金,并且优选地使用以质量%计含有 3.0 ~ 6.0% 的 Mg、1.0 ~ 2.0% 的 Ca、0.5 ~ 3.5% 的 Ba 和 0.3% 以下的 Al 的球化剂。

[0124] 下面详细地描述构成球化剂的元素。

[0125] Mg 是为了球化石墨而添加的元素,并且在球化处理后保留在铁水中。Mg 的含量必需被调节到以球化剂的质量%计为 3.0 ~ 6.0%。

[0126] 在其含量低于 3.0% 的情况下,石墨的球化无法充分进行,因此无法获得所期望的强度和刚度。另一方面,由于 Mg 是高度易被氧化的元素,因此在 Mg 含量超过 6.0% 的情况下,基质中缩孔的量和 Mg 氧化物的含量趋于增加,因而降低强度。此外,如上所述,倾向于形成激冷相,引起机械加工性能受损。

[0127] 为了抑制 Mg 发生反应,一般加入 Ca。然而,正如初步试验中所示,Ca 具有增加激冷相形成趋势的功能。球化剂中 Ca 的含量必需被调节到以质量%计 1.0 ~ 2.0%。

[0128] 在其含量低于 1.0% 的情况下,无法充分预期实现其添加的效果。在其含量超过 2.0% 的情况下,激冷相形成的趋势增加并且形成激冷相,导致熔渣增加。

[0129] 在本发明中,Ba 的添加主要是出于抑制缩孔形成的目的。通过 Ba 的添加抑制内部缺陷例如缩孔的形成的机制,据认为如下。

[0130] 向球化剂添加 Ba 引起由 Ba 的氧化物构成的核的形成。因此,铁水中石墨核的形成被加速并且其形成频率增加,从而与不含 Ba 的情况相比能够在相对短的时间内完成石墨化反应。结果,在形成缩孔等的固化的最终阶段中,石墨形成的量减少,并且由体积膨胀造成的铸模的变形受到相当大的抑制。据认为,由于因此减少了有助于固化缺陷(空隙)形成的因素,因此缩孔的形成被抑制。

[0131] 优选地,球化剂中 Ba 的含量应该被调整到以质量%计 0.5 ~ 3.5%。只要其含量在该范围之内,就观察不到如初步试验中所示的由石墨化加速造成的抗张强度的降低。

[0132] 在其含量低于 0.5% 的情况下,不能明显观察到其添加的效果,并且存在着取决于制品形状而可能形成内部缺陷例如缩孔的可能性。在其含量超过 3.5% 的情况下,熔渣形成增加,这不仅引起内部缺陷的形成从而降低抗张强度和伸长率,而且引起操作效率的降低。

[0133] Al 主要具有脱氧和抑制激冷相形成的效果。然而,由于 Al 也是球化抑制元素,因此以不低于给定值的量包含它将引起抗张强度或刚度的降低。此外,存在着作为铝的氧化物的氧化铝作为夹杂物保留在产物中以构成铸造缺陷的情况。上面描述的初步试验的结果也显示,在球化剂中的 Al 含量为 0.3% 以上的情况下,没有观察到对改善每种性能的显著效果。有鉴于此,将 Al 的含量调节到 0.3% 以下。

[0134] 待添加的球化剂的量必需被调节到以铁水的质量%计为 0.8 ~ 2.0%。在其量低于 0.8% 的情况下,无法获得足够的球化度。在其量超过 2.0% 的情况下,正如初步试验所指出的,激冷相形成的趋势增加,并且还存在着一些球化剂可能在铁水中保持不溶解的可能性。

[0135] 优选地,从防止不完全溶解和与铁水均匀混合的观点来看,球化剂的粒径应该被调节到约 0.05 ~ 5mm。

[0136] 在使用夹心法作为球化处理的情况下,从抑制反应发生的观点来看,将覆盖材料置于球化剂和孕育剂上,以防止球化剂和孕育剂与铁水发生直接接触,直至浇包内的铁水液位达到给定位置。作为覆盖材料,使用 Fe-Si 系材料。

[0137] 作为在浇包中的初次孕育处理中使用的孕育剂,可以使用 Fe-Si-Ca 系或 Ca-Si 系孕育剂。然而,通常使用 Si 含量为 45 ~ 75% 的 Fe-Si-Ca 系第一孕育剂。

[0138] 从不完全溶解和均匀地与铁水混合的观点来看,优选地将孕育剂的粒径调整到约 0.05 ~ 5mm。

[0139] 将在初次孕育处理中使用的孕育剂与球化剂一起放置在浇包底部处的口袋中。球化处理和初次孕育处理不必同时进行。可以在球化处理后将孕育剂单独地导入浇包中。然而,从能够在即将浇注到铸模中之前进行浇注孕育以充分产生孕育效果的观点来看,优选地应该在球化处理后不延迟地立即进行初次孕育处理。

[0140] 在本发明中,在球化处理和第一次孕育处理之后并在将已经历球化处理的铁水浇铸到铸模中之前,进行浇注孕育。作为浇注孕育剂,使用 Fe-Si-Ca 系第二孕育剂。具体来说,需要使用含有以质量%计的下列组分的孕育剂:45 ~ 75% 的 Si 和 1.0 ~ 3.0% 的 Ca。

[0141] Si 是浇注孕育剂中的主要元素,其含量被调节到约 45 ~ 75%,这是在使用铁硅系原材料的情况下的标准量。在其含量低于 45%的情况下,熔渣以较大量形成。在其含量超过 75%的情况下,孕育剂的溶解性降低。

[0142] Ca 具有在加速基质石墨化和加速石墨球化的基础上抑制激冷相形成和提高球化度的效果。Ca 的含量必需被调整到 1.0 ~ 3.0%,优选地被调整到 1.2 ~ 2.2%。

[0143] 在其含量低于 1.0%的情况下,无法产生孕育效果并且石墨尺寸减小和石墨球化无法进行。在其含量超过 3.0%的情况下,坚硬的 CaO 的含量增加,引起熔渣形成和机械加工性能不良。

[0144] 从减少激冷相形成的趋势和改善球化度和伸长率的观点来看,待添加的浇注孕育剂的量以未经历球化处理的铁水的质量%计,必需为 0.2 ~ 0.4%,并且优选为 0.25 ~ 0.30%。

[0145] 在其添加量超过 0.4%的情况下,较大比例的孕育剂保持不溶,并且熔渣形成增加。在其添加量低于 0.2%的情况下,孕育无法产生足够的效果。结果,不仅不能期望所需的性能提高,而且导入的材料的生产率降低。

[0146] 浇注孕育剂的 Al 含有量通常为 0.5 ~ 4.0%。Al 的添加主要是出于抑制激冷相形成和改善基础结构的目的。在本发明中,只要其含量在该范围内,Al 基本上不对每种性能产生影响。然而,当其添加量超过该范围时,存在着氧化物引起内部缺陷例如针眼的情况。因此,必需充分考虑浇注孕育剂的组成,以使球墨铸铁的组成中 Al 的含量不超过 0.03%。

[0147] 尽管浇注孕育在即将浇铸到铸模中之前进行,但优选地应该使用自动供应装置等将孕育剂以恒定速率导入并成功地与铁水均匀混合。还可以通过模具内孕育法进行孕育,在所述方法中将孕育剂布置在铸模中。然而,在这种情况下,必需充分地筹划模具的设计等,以使孕育剂不保持不溶并且与铁水均匀地混合。

[0148] 此外,由于作为最终处理的浇注孕育处理产生相当大的影响,因此导入的孕育剂必需应该成功地与铁水均匀混合以产生其效果,用于满足所有所需材料性能。从这一观点来看,优选地将浇注孕育剂的粒径调整到 0.05 ~ 5mm。

[0149] 由此获得的球墨铸铁必需基本上不含稀土并具有以质量%计含有下列的组分的组成:3.0 ~ 4.5%的 C,3.0 ~ 4.0%的 Si,0.2 ~ 0.4%的 Mn,0.006 ~ 0.020%的 S,0.03%以下的 Al,0.08 ~ 0.30%的 Cu,0.020 ~ 0.040%的 Sn,0.015 ~ 0.050%的 Mg 和 0.01%以下的 Zn,其余为 Fe 和不可避免的杂质。在这里,术语“基本上不含稀土”是指尽管没有进行有意添加,但可以容许其夹杂物作为不可避免的杂质以 0.001%以下的量被包含。

[0150] 铸铁中 C 的含量必需被调整到 3.0 ~ 4.5%,优选地被调整到 3.2 ~ 4.2%。在其含量低于 3.0%的情况下,球墨铸铁的石墨含量不足并且激冷相形成的趋势增加,并且铁水的可流动性受损。在其含量超过 4.5%的情况下,C 过量并且易于形成凝析石墨。因此,铸铁材料本身易碎,并且不能获得给定强度。

[0151] 铸铁中 Si 的含量必需被调整到 3.0 ~ 4.0%,并且优选地被调整到 3.2 ~ 4.0%。在其含量低于 3.0%的情况下,用于球墨铸铁的铁水的可流动性受损,并且激冷结构以增加的量形成,并且渗碳体易于在基本结构中析出,使得不可能获得所需伸长率。在其含量超过 4.0%的情况下,材料的均质性受损,并且硅铁素体含量增加。这种材料变得易碎且伸长率相当大地降低。

[0152] Mn 是加速珠光体形成的元素,其对强度的影响是重要的。铸铁中 Mn 的含量必需被调整到 0.2 ~ 0.4%,并且优选地被调整到 0.25 ~ 0.35%。在其含量低于 0.2%的情况下,微观结构中珠光体的量减少,并且铁素体量增加。因此,不能获得给定强度。另一方面,在其含量超过 0.4%的情况下,基质中诸如渗碳体和珠光体的结构的量增加,这增加了激冷相形成,对机械加工性能具有不利影响。

[0153] 铸铁中 S 的含量必需被调整到 0.006 ~ 0.020%,并且优选地被调整到 0.008 ~ 0.014%。在其含量低于 0.006%的情况下,孕育和球化的效果降低。另一方面,在其含量超过 0.020%的情况下,与 Mg 和 Ca 形成硫化物以消耗这些元素,从而降低球化度和孕育效果。

[0154] 一方面,Cu 和 Sn 是出于强化基质以提高抗张强度的目的而添加的形成珠光体的元素,但是在另一方面,Cu 和 Sn 是抑制石墨球化的元素。此外,Cu 的提高强度的效果据说约为 Sn 的 1/10,并且 Cu 的价格约为 Sn 的 1/10。

[0155] 因此,从添加对强度提高、伸长率降低、球化度降低和激冷相形成的增进的影响的观点以及从收益性的观点来看,铸铁中 Cu 的含量必需被调整到 0.08 ~ 0.30%,优选地被调整到 0.10 ~ 0.20%。同样地,铸铁中 Sn 的含量必需被调整到 0.020 ~ 0.040%,优选地被调整到 0.025 ~ 0.035%。

[0156] 除了作为脱氧剂向铁水添加之外,Al 总是与 Si 一起被包含在球化剂和孕育剂中。尽管具有加速脱氧和石墨化的效果,但在另一方面 Al 是球化抑制元素,并且在它在铸铁中的含量超过 0.03%的情况下降低强度和韧性。此外,由于作为氧化物的氧化铝 (Al_2O_3) 格外坚硬并且作为夹杂物存在于球化石墨中,因此存在着氧化铝引起内部缺陷例如硬斑的情况。在这样的情况下,氧化铝引起切削工具的损坏和磨损,因此相当大地降低生产效率。

[0157] 因此,铸铁的组成中 Al 的含量必需被调整到 0.03%以下。从这一观点来看,优选地不仅应该在初始熔化期间将 Al 的含量调整到尽可能低,而且应该控制球化剂和孕育剂中的 Al 浓度以使其低。

[0158] Zn 是废铁中片状钢板的粘附组分,因此存在着 Zn 作为杂质被掺入的情况。在其含量超过 0.01%的情况下,常常发生球化度降低,其引起抗张强度和延展性降低以及铸造缺陷例如针眼。因此,必需将 Zn 的含量调整到 0.01%以下。

[0159] 接下来,对将通过本发明的生产方法获得的球墨铸铁应用于车辆用部件、例如制动钳的情况作出解释。不论制品的厚度或尺寸如何,都可以应用通过本发明的生产方法获得的球墨铸铁。然而,在下面的解释中,以将铸铁应用于推测使用在普通乘用车或商用车中的厚度约为 3 ~ 40mm 的汽车制动钳的情况为例进行解释。汽车制动钳部件所需的强度水平随着其用途而变。然而,本发明尤其适合于在 JIS FCD400-FCD500 中所提供的制动钳。

[0160] 首先,在上述的浇注孕育处理后,必需将获得的铁水浇铸到铸模(砂模)中。在这一操作中,浇铸温度优选地应该为 1300 ~ 1450°C。从避免衰退效应的影响的观点来看,从球化处理到浇铸的时间长度优选地应该为 15 分钟以下。更优选地,从球化处理到浇铸的时间长度应该为 12 分钟以下而没有延迟。

[0161] 在浇铸后,充分地进行冷却直至其温度降低至共析转变点以下。然后,将模具拆开。通过本发明获得的汽车制动钳打算以将浇铸口和隔渣板从其移除的方式使用,并且得到的铸铁以铸态使用,而不经历热处理等。然而,在这种情况下,从保持维度准确性、结构、

硬度等恒定的观点来看,从浇铸到模具拆开的时间长度必需保持恒定。

[0162] 尽管必需随后进行简单的机械加工例如钻孔和表面切削,但微观结构中异常结构尤其是激冷相的存在,相当大地影响机械加工期间的可切割性。此外,在待切削的表面中存在夹杂物例如氧化铝的情况下,夹杂物起到硬斑的作用并引起切削工具的破损。

[0163] 最终获得的包含本发明的球墨铸铁的球墨铸铁构件(汽车制动钳)的基质是由珠光体和铁素体构成的混合结构。基质(不包括石墨部分)中珠光体的比例,以面积比例计一般为 20 ~ 60%。该制动钳的特征在于根据 JIS Z 2241 具有 450MPa 以上的抗张强度,根据 JIS Z 2241 具有 15% 以上的伸长率,根据 JIS G 5502 具有 85% 以上的球化度,根据 JIS Z 2280 具有 170GPa 以上的杨氏模量,并且根据 JIS G 0602 具有 1.0×10^3 以上的对数衰减率。这种包含铸铁的制动钳的特征还在于即使在其厚度为 6mm 以下的薄壁部中,也不存在激冷相或内部缺陷。

[0164] 术语“不存在激冷相”意味着通过检查位于表面层附近的结构而确定的激冷相的面积比例小于 1%。术语“不存在内部缺陷”意味着在其中角等被作为薄壁部计入的薄壁部的横截面的宏观检查中,横截面既没有空腔缺陷例如直径或主轴长度为 1mm 以上的缩孔,也没有孔状缺陷例如针眼或空隙。

[0165] 实施例

[0166] 下面将参考实施例对本发明进行更详细地解释,在所述实施例中使用通过本发明的方法生产的铸态的球墨铸铁来生产汽车制动钳。然而,本发明不应被解释为限于下面的实施例。

[0167] 对于实例(实施例 1 至 15 和比较例 1 至 14)的球墨铸铁来说,使用回炉铸铁材料和主要由热轧钢构成的废铁作为用于铁水的原材料。原材料中回炉材料与废铁的比例以质量计约为 1:1。使用高频熔炉将原材料熔化。随后,向其适合地添加作为添加元素的 C、Si、Mn、S、Cu 和 Sn 来调整铁水,使得铁水具有对应于 FCD450 的组分,即铁水具有含有以质量%计的下列组分的组成:3.0 ~ 4.5% 的 C,2.0 ~ 3.0% 的 Si,0.2 ~ 0.4% 的 Mn,0.006 ~ 0.020% 的 S,0.08 ~ 0.30% 的 Cu,0.020 ~ 0.040% 的 Sn,0.03% 以下的 Al,和 0.01% 以下的 Zn,其余为 Fe 和不可避免的杂质。然后,在将汲取温度调整到 1500 ~ 1550°C 的同时汲取铁水并将其导入浇包。

[0168] 在汲取之前,将具有各种组成的任何 Fe-Si-Mg-Ca 系球化剂(球化剂 1 至 11 号和参比),以待浇注铁水计 1.3% 的量置于浇包底部处的口袋中,并将市售的 Fe-Si 系覆盖材料以待浇注铁水计 0.45% 的量置于其上。然后,通过夹心法进行球化处理。然后进行排渣。

[0169] 将经历过处理的铁水导入小浇包中,在此期间通过浇包内方法进行初次孕育处理。然后进行排渣。作为初次孕育剂,使用常用的第一 Fe-Si-Ca 系合金。此外,在经历过初次孕育处理的铁水即将被浇铸到砂模中之前,利用自动化注射装置,使用具有各种组成的任何第二 Fe-Si-Ca 系孕育剂(浇注孕育剂 12 至 16 号)进行浇注孕育处理。由此获得球墨铸铁(实施例 1 至 15 和比较例 1 至 14)。

[0170] 表 1 示出了在浇注孕育后获得的每个实施例 1 至 15 和比较例 1 至 14 的球墨铸铁的组成以及为其使用的球化剂编号和浇注孕育剂编号。表 2 示出了在表 1 中示出的每个球化剂编号和浇注孕育剂编号的组成和添加量。在表 1 和表 2 中,忽略了构成所述组成的剩余部分的 Fe 和不可避免的杂质的比例。

[0171] [表 1]

[0172] (质量%)

[0173]

	C	Si	Mn	S	Cu	Sn	Mg	Al	Zn	球化剂 编号	浇注孕育剂 编号
实施 例 1	3.5	3.6	0.31	0.012	0.12	0.025	0.035	0.007	0.002	1	12
实施 例 2	3.5	3.6	0.32	0.012	0.12	0.025	0.037	0.008	0.009	1	12
实施 例 3	3.6	3.6	0.32	0.006	0.13	0.025	0.036	0.009	0.002	1	12
实施 例 4	3.6	3.7	0.28	0.020	0.12	0.024	0.036	0.008	0.001	1	12
实施 例 5	3.5	3.5	0.29	0.013	0.08	0.030	0.035	0.011	0.002	1	12
实施 例 6	3.6	3.6	0.32	0.011	0.30	0.025	0.034	0.008	0.001	1	12
实施 例 7	3.4	3.7	0.32	0.012	0.13	0.020	0.037	0.008	0.004	1	12
实施 例 8	3.6	3.7	0.33	0.012	0.12	0.040	0.035	0.010	0.002	1	12
实施 例 9	3.6	3.6	0.28	0.012	0.15	0.025	0.034	0.028	0.002	1	12
实施 例 10	3.5	3.6	0.31	0.012	0.12	0.024	0.034	0.009	0.003	2	12
实施 例 11	3.6	3.5	0.32	0.012	0.13	0.024	0.035	0.007	0.001	3	12
实施 例 12	3.6	3.6	0.33	0.012	0.14	0.024	0.038	0.012	0.002	4	12
实施 例 13	3.5	3.5	0.31	0.011	0.14	0.024	0.049	0.008	0.002	5	12
实施 例 14	3.6	3.5	0.32	0.012	0.13	0.024	0.025	0.007	0.001	6	12
实施 例 15	3.6	3.6	0.30	0.012	0.12	0.024	0.035	0.008	0.001	1	13

[0174] [表 1 续]

[0175] (质量%)

[0176]

	C	Si	Mn	S	Cu	Sn	Mg	Al	Zn	球化剂 编号	浇注孕育 剂编号
比较例 1	3.6	3.7	0.29	0.005	0.12	0.025	0.036	0.007	0.001	1	12
比较例 2	3.6	3.6	0.30	0.010	0.40	0.010	0.034	0.008	0.002	1	12
比较例 3	3.5	3.7	0.33	0.030	0.12	0.030	0.035	0.009	0.035	1	12
比较例 4	3.5	3.7	0.32	0.012	0.05	0.025	0.035	0.008	0.004	1	12
比较例 5	3.5	3.6	0.31	0.012	0.12	0.025	0.036	0.038	0.002	1	12
比较例 6	3.4	3.6	0.31	0.010	0.12	0.025	0.034	0.012	0.006	7	12
比较例 7	3.5	3.7	0.31	0.012	0.12	0.025	0.046	0.017	0.003	8	12
比较例 8	3.5	3.5	0.32	0.012	0.13	0.025	0.017	0.007	0.002	9	12
比较例 9	3.5	3.6	0.31	0.012	0.12	0.025	0.049	0.021	0.004	10	12
比较例 10	3.5	3.6	0.31	0.012	0.12	0.025	0.035	0.007	0.002	11	12
比较例 11	3.5	3.5	0.31	0.012	0.12	0.025	0.036	0.008	0.003	1	14
比较例 12	3.5	3.5	0.31	0.012	0.12	0.025	0.034	0.009	0.002	1	15
比较例 13	3.5	3.5	0.31	0.012	0.12	0.025	0.034	0.015	0.002	1	16
比较例 14	3.5	3.6	0.31	0.012	0.12	0.025	0.035	0.007	0.002	参比	12

[0177] [表 2]

[0178] (质量%)

[0179]

	编号	Si (%)	Mg (%)	Ca (%)	Ba (%)	Al (%)	添加量 (%)
球化剂	1	46	4.80	1.50	2.01	0.23	1.50
	2	45	4.80	1.51	0.50	0.23	1.50
	3	45	4.80	1.51	3.49	0.23	1.50
	4	46	4.80	1.51	2.01	0.29	1.50
	5	45	5.95	1.51	2.01	0.23	2.00
	6	46	3.01	1.02	2.01	0.23	1.50
	7	46	4.80	1.51	0.35	0.23	1.50
	8	46	4.80	1.51	2.01	0.23	2.50
	9	45	4.80	3.00	2.01	0.23	0.45
	10	45	6.50	1.50	1.99	0.55	1.50
	11	44	4.81	1.51	3.80	0.24	1.50
	参比	45	4.80	1.55	<0.001	0.62	1.50
浇注孕育剂	12	75	/	1.51	/	2.01	0.28
	13	75	/	1.00	/	2.10	0.39
	14	74	/	4.02	/	2.03	0.28
	15	75	/	1.50	/	2.02	0.15
	16	74	/	1.95	/	1.98	0.50

[0180] 将如上获得的每种球墨铸铁浇铸在由湿砂制成的铸模中,然后充分冷却直至其温度降低到共析转变点以下,并将模具拆开。在每个实施例和比较例中,从球化处理至浇铸的时间长度为 12 分钟以下。然后进行常规精整处理例如喷砂和浇铸口、隔渣板和毛刺去除。由此生产汽车制动钳(实施例 1 至 15 和比较例 1 至 14)。

[0181] 从获得的每个汽车制动钳切出抗张测试样品(总长度 60mm),并将该试验样品在常规温度下进行抗张测试(按照 JIS Z 2241)以评估抗张强度和伸长率。通过使用条状试验样品的自由振荡法来进一步检查制动钳的刚度(杨氏模量)(按照 JIS Z 2280)和对数衰减率(按照 JIS G 0602)。此外,从每个制品的不同部分切出用于检查金相结构的试验样品,并检查球化度和其他性质(按照 JIS G 5502)。此外,还从易于发生激冷相形成的薄壁部切出试验样品并检查表面层附近的结构,以确定激冷相是否存在。另外,进行外观检查、横截面的宏观检查、PT 检查(按照 JIS Z 2343)等,以便评估每个制品其中存在的内部缺陷例如缩孔。对于激冷相来说,激冷面积率超过 1%的情况被评级为“存在”,激冷面积率低于 1%的情况被评级为“不存在”。

[0182] 内部缺陷以下述方式通过横截面的宏观检查来评估。完全没有观察到直径为 1mm 以上的缩孔(空腔缺陷)或主轴长度为 1mm 以上的其他缺陷、即孔洞缺陷例如针眼或空隙的情况,被评级为“○”。观察到一个或多个直径或主轴长度为 1mm 以上的缺陷,并且其中最大缺陷在直径或主轴长度方面的尺寸超过 2mm 的情况,被评级为“×”。观察到一个或多个直径或主轴长度为 1mm 以上的缺陷,并且其中最大缺陷在直径或主轴长度方面具有 1~2mm 范围内的尺寸的情况,被评级为“△”,并由此将这种情况与观察到更大缺陷的情况区分开。评估结果示出在表 3 中。

[0183] [表 3]

[0184]

	抗张强度 MPa	伸长率%	杨氏模量 GPa	球化度%	对数衰减率 ($\times 10^3$)	激冷相的 存在或不 存在	内部缺陷的 存在或不存 在
实施例 1	514	18	176	92	1.3	○	○
实施例 2	535	18	188	90	1.3	○	○
实施例 3	520	16	180	93	1.4	○	○
实施例 4	522	19	178	86	1.5	○	○
实施例 5	528	16	176	91	1.4	○	○
实施例 6	515	17	178	87	1.4	○	○
实施例 7	512	18	181	94	1.3	○	○
实施例 8	541	16	180	89	1.6	○	○
实施例 9	520	17	181	88	1.3	○	○
实施例 10	520	22	183	92	1.3	○	○
实施例 11	522	18	182	89	1.5	○	○
实施例 12	516	20	178	91	1.3	○	○
实施例 13	511	19	183	92	1.3	○	○
实施例 14	518	18	179	88	1.6	○	○
实施例 15	524	19	182	93	1.3	○	○

[0185] ○ :不存在 ;× :存在 ;△ :最大缺陷尺寸 :在直径或主轴长度方面为 1 ~ 2mm

[0186] [表 3 续]

[0187]

	抗张强度 MPa	伸长率%	杨氏模量 GPa	球化度%	对数衰减率 ($\times 10^3$)	激冷相的 存在或不 存在	内部缺陷的 存在或不存 在
比较例 1	425	8	161	82	0.9	×	×
比较例 2	418	7	151	74	0.8	○	○
比较例 3	412	6	158	69	1.3	×	×
比较例 4	415	13	172	81	0.9	○	○
比较例 5	423	14	154	65	1.3	×	×
比较例 6	452	12	165	75	1.1	○	△
比较例 7	449	7	155	81	0.9	×	×
比较例 8	423	6	171	82	1.2	×	×
比较例 9	426	11	178	84	0.9	×	×
比较例 10	455	7	173	80	1.2	○	△
比较例 11	410	9	161	73	0.8	×	×
比较例 12	435	8	162	75	1.2	○	×
比较例 13	440	12	167	80	1.1	○	×
比较例 14	465	14	172	78	1.3	○	△

[0188] ○ :不存在 ;× :存在 ;△ :最大缺陷尺寸 :在直径或主轴长度方面为 1 ~ 2mm

[0189] 实施例 1 至 9 的差异在于熔化期间的组分,实施例 10 至 14 差异在于球化条件(球化剂的组分及其添加量),并且实施例 15 的情况的差异在于浇注孕育条件(浇注孕育剂的组分及其添加量),它们分别都在本发明的范围之内。

[0190] 比较例 1 至 5 是至少一种组分在本发明中规定的铸铁的组成的范围之外的情况。

比较例 6 至 10 是对球化剂的要求在本发明的范围之外的情况,并且比较例 11 至 13 的对浇注孕育剂的要求在本发明的范围之外的情况。比较例 14 是使用不含任何稀土和 Ba 的球化剂的情况的实例。

[0191] 如表 3 中所示,满足本发明的要求的实施例 1 的情况和 Zn 含量在本发明的范围内改变的实施例 2 的情况,给出了不低于目标值的抗张强度、伸长率、刚度和对数衰减率的值。对于内部缺陷来说,没有观察到在直径或主轴长度方面大于 1mm 的目标值的缺陷,并且本发明的效果得到证实。

[0192] 实施例 3 和 4 的情况的差异在于铁水中的 S 含量,实施例 5 和 6 的情况的差异在于其中的 Cu 含量,实施例 7 和 8 的情况下的差异在于其中的 Sn 含量,实施例 9 的情况的差异在于其中的 Al 含量,它们分别都在本发明的范围之内。这些实施例给出了不低于目标值的抗张强度、伸长率、刚度和对数衰减率的值,并且在薄壁部中没有激冷相。此外,在其中形成了在直径或主轴长度方面为 1mm 以上的内部缺陷。这些物体作为制动钳部件显示出优异性能。

[0193] 实施例 10 至 14 的情况的差异在于球化剂中 Ba、Mg 或 Al 的含量以及球化剂的添加量。证实了在每个实施例中都没有形成在直径或主轴长度方面为 1mm 以上的内部缺陷,并且其他性能也充分地达到目标值。

[0194] 实施例 15 的情况的差异在于浇注孕育剂中的 Ca 含量和浇注孕育剂的添加量。证实了其中没有在直径或主轴长度方面为 1mm 以上的内部缺陷,并且这一物体在抗张强度、球化率和激冷相形成趋势每个方面令人满意,并且作为制动钳部件没有问题。

[0195] 在实施例 1 至 15 中,尽管添加了 Ba,但通过精确调整球化剂中 Mg、Al 和 Ca 的含量,熔渣形成被充分抑制。形成的熔渣的量与常规方法中基本上相同。

[0196] 另一方面,在比较例 1 至 5 中,铁水的至少一种组分在本发明的范围之外。证实了在每个比较例中,诸如内部缺陷的形成或抗张强度的性能没有达到目标值。

[0197] 由于铁水中过低的 S 含量,比较例 1 的情况苦于激冷相形成,并且在球化度和伸长率方面不足。由于向铁水添加的 Cu 的量过大,比较例 2 的情况在球化度和抗张强度方面相当大地降低。由于铁水中 S 和 Zn 的含量过高,比较例 3 的情况苦于内部缺陷和激冷相的形成,并且在抗张强度和球化度方面也降低。由于添加的用于强度改进的 Cu 的量过小,比较例 4 的情况的抗张强度相当大地降低。由于过高的 Al 含量,比较例 5 的情况苦于内部缺陷的形成和球化度的降低,并且抗张强度和杨氏模量也降低。

[0198] 在比较例 6 和 10 中,球化剂的 Ba 含量在本发明的范围之外。在比较例 6 中,由于球化剂中 Ba 的含量过低,石墨化不进行并且固化期间的收缩量增加。在其中形成在直径或主轴长度方面最大尺寸约为 1 ~ 2mm 的内部缺陷例如缩孔,尽管其量微小,导致伸长率和杨氏模量降低。尽管其量微小,但是由于球化剂中过高的 Ba 含量,比较例 10 的情况同样苦于在直径或主轴长度方面最大尺寸约为 1 ~ 2mm 的内部缺陷的形成,导致抗张强度和伸长率降低。

[0199] 由于球化剂的添加量过高,比较例 7 的情况苦于内部缺陷和激冷相的形成,并且伸长率和杨氏模量也降低。

[0200] 在比较例 8 和 9 中,球化剂中 Ca 含量、Mg 含量和 Al 含量中的至少一种在本发明的范围之外。在两个比较例中,由于 Ba 的添加,不能抑制炉渣形成量的增加,因此,不仅形

成内部缺陷,而且激冷相形成的趋势也增加并且伸长率降低。

[0201] 在比较例 11 至 13 中,浇注孕育剂中的 Ca 含量或浇注孕育剂的添加量在本发明的范围之外。由于浇注孕育剂中 Ca 含量过高,比较例 11 的情况苦于内部缺陷和激冷相的形成,并且抗张强度和衰减率也降低。由于浇注孕育剂的添加量过小,比较例 12 的情况苦于内部缺陷和激冷相的形成,并且球化度和抗张伸长率也降低。由于浇注孕育剂的量过大,比较例 13 的情况苦于内部缺陷的形成,并且其强度和杨氏模量不能达到目标值。

[0202] 在比较例 14 中,对熔体组成和孕育条件进行调节以使其在本发明的范围之内,但是没有向球化剂添加 Ba。因此,尽管没有观察到在直径或主轴长度方面为 2mm 以上的内部缺陷,但证实了在几个区域中形成了在直径或主轴长度方面为 1mm 以上但小于 2mm 的内部缺陷。内部缺陷之外的性能基本上达到目标值。

[0203] 如上所述,在本发明指定的要求没有得到满足的情况下,任何性能不达到目标值。

[0204] 尽管本发明已详细地并参考其具体实施方式进行了描述,但对于本领域技术人员来说,显然可以在其中做出各种改变和修改,而不背离其精神和范围。

[0205] 本申请基于 2011 年 12 月 22 日提交的日本专利申请号 2011-282407,其内容通过参考并入本文。

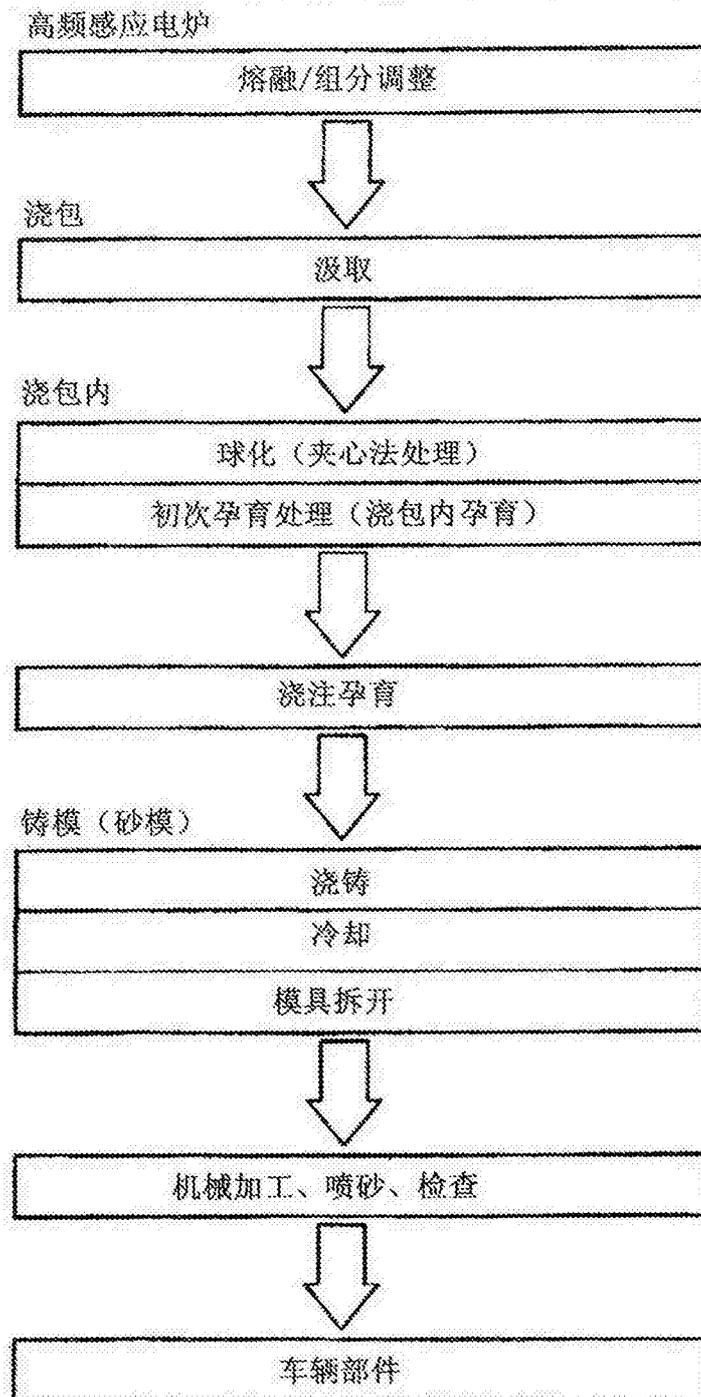


图 1

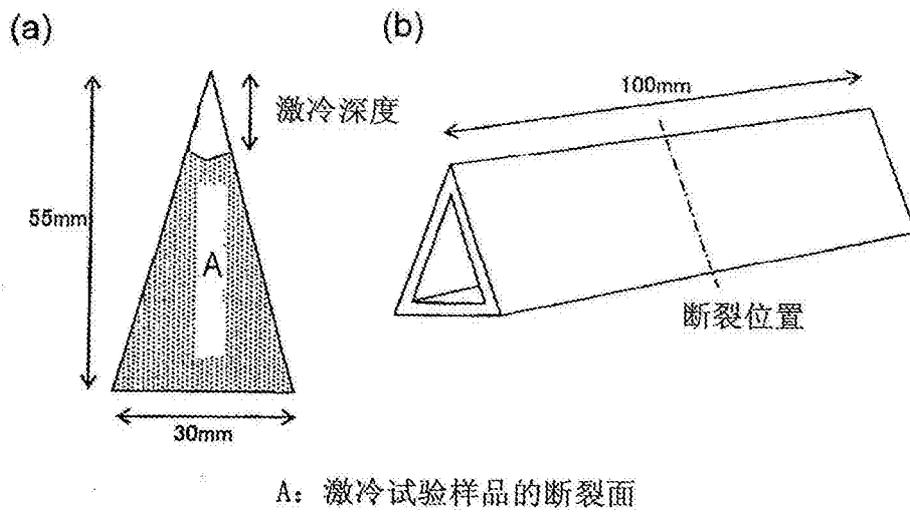


图 2

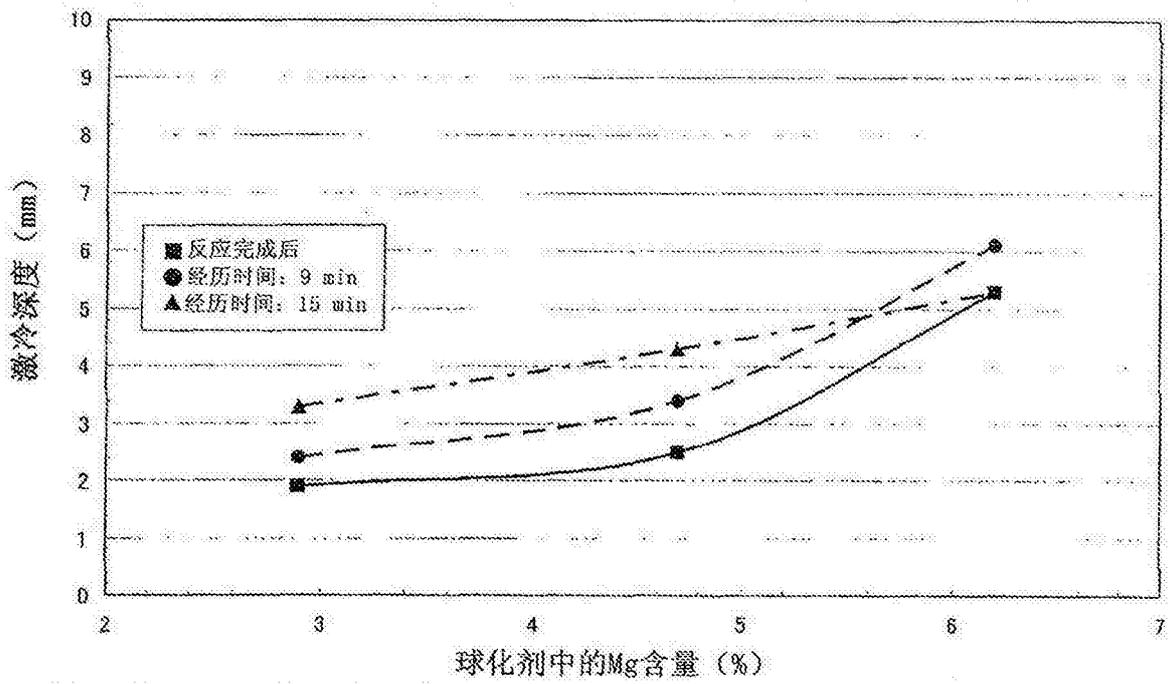


图 3

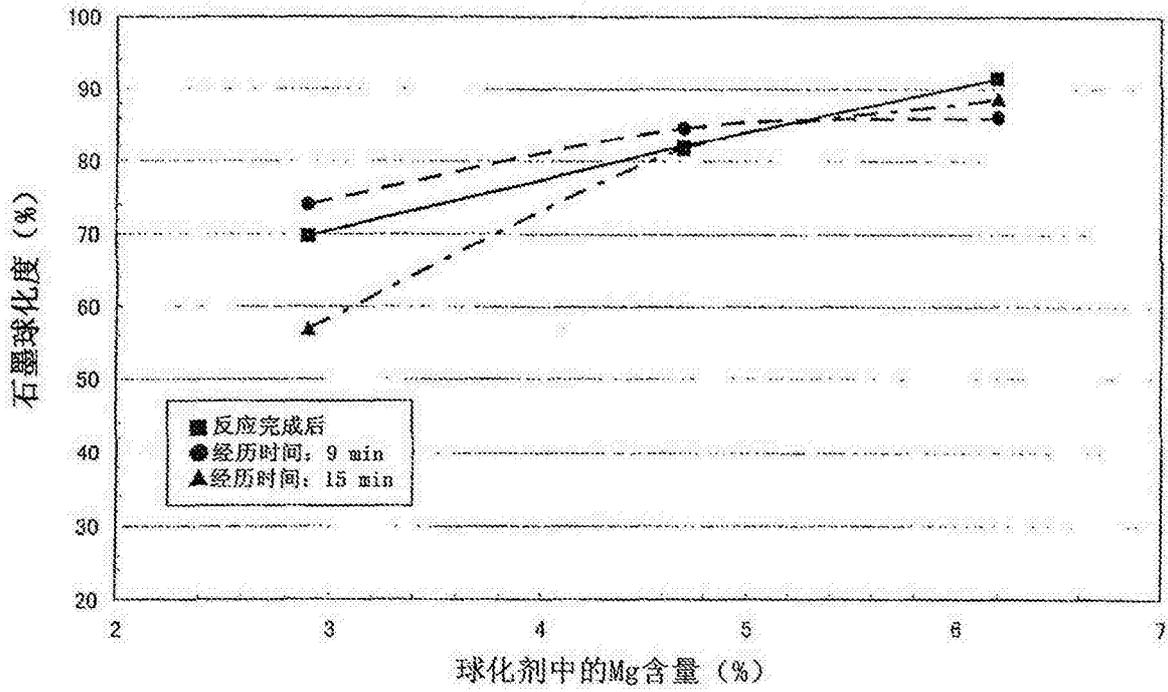


图 4

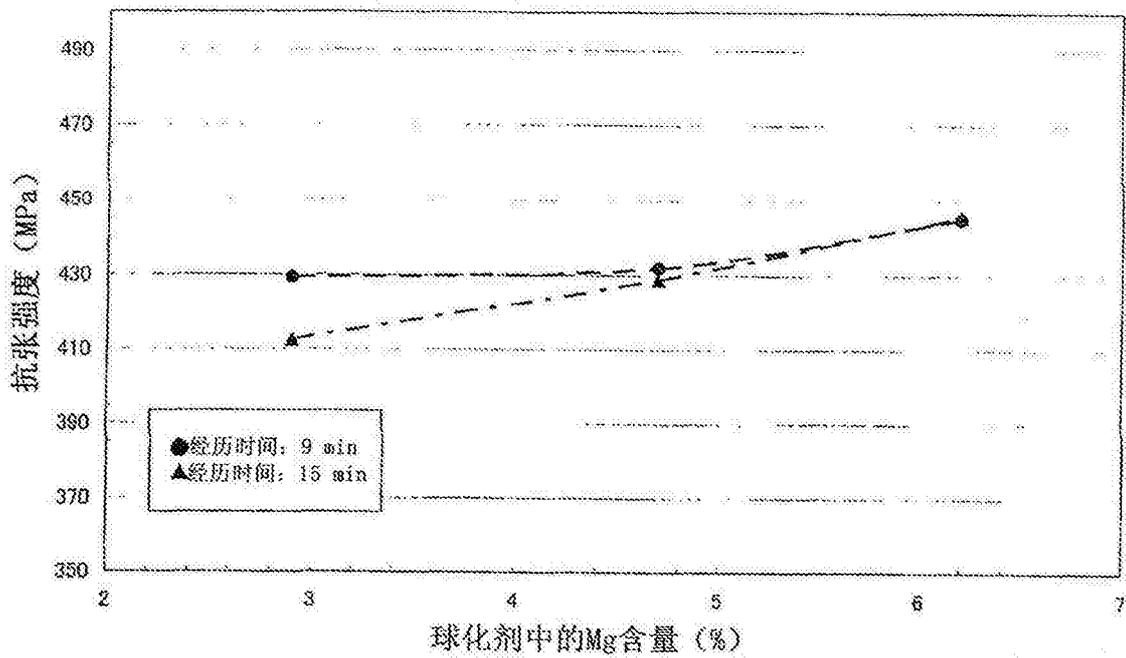


图 5

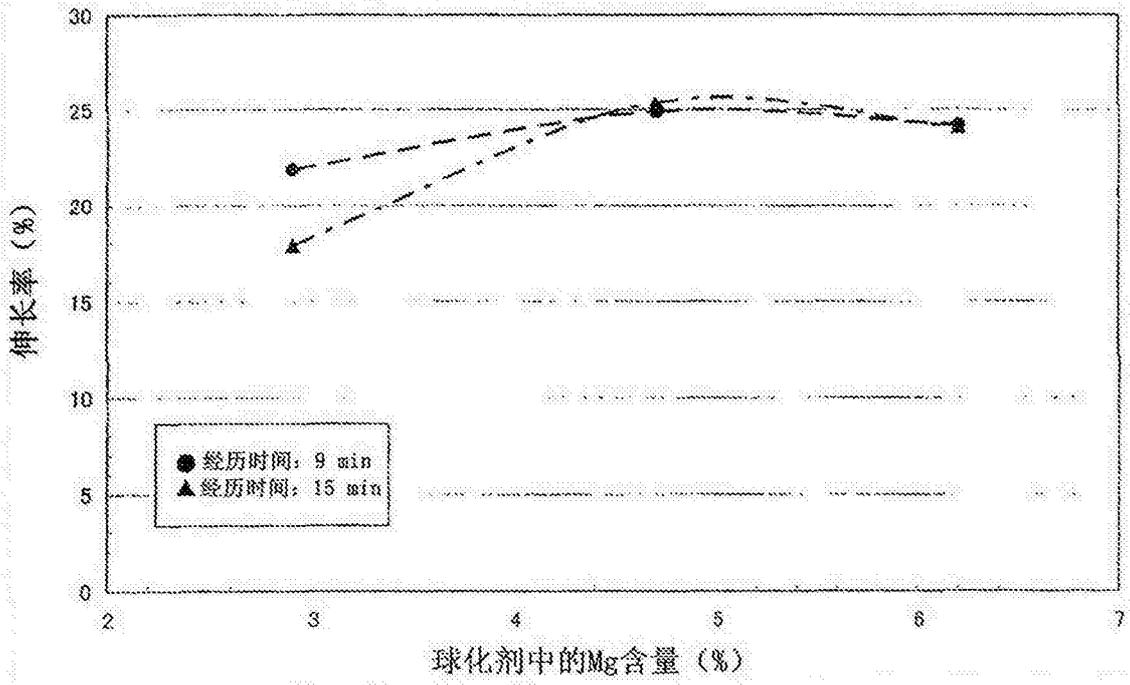


图 6

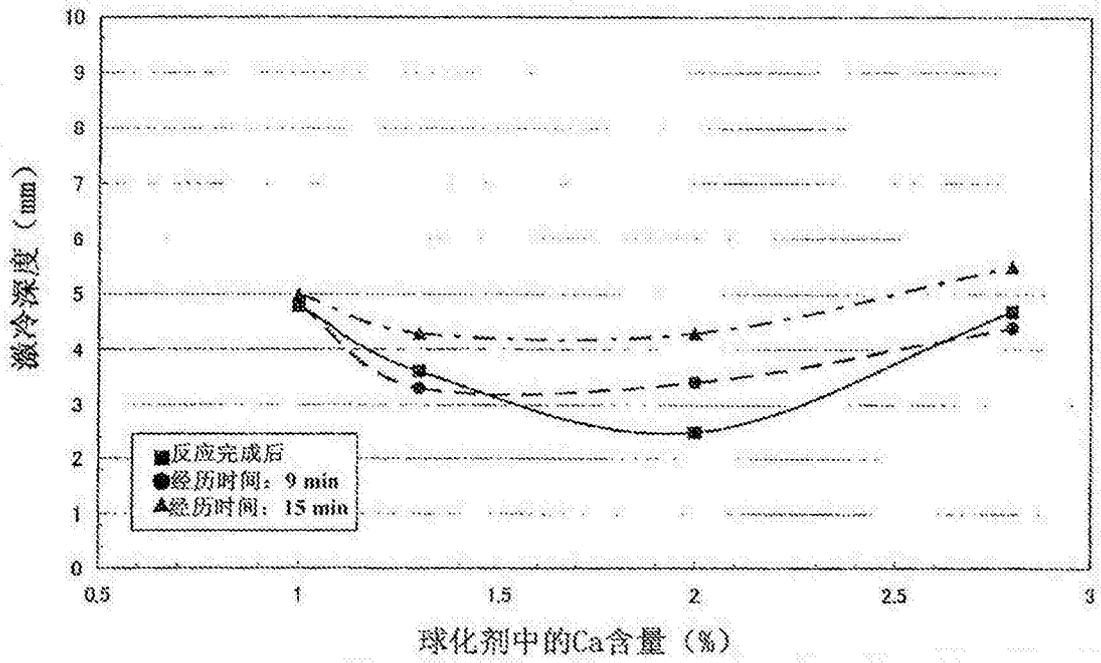


图 7

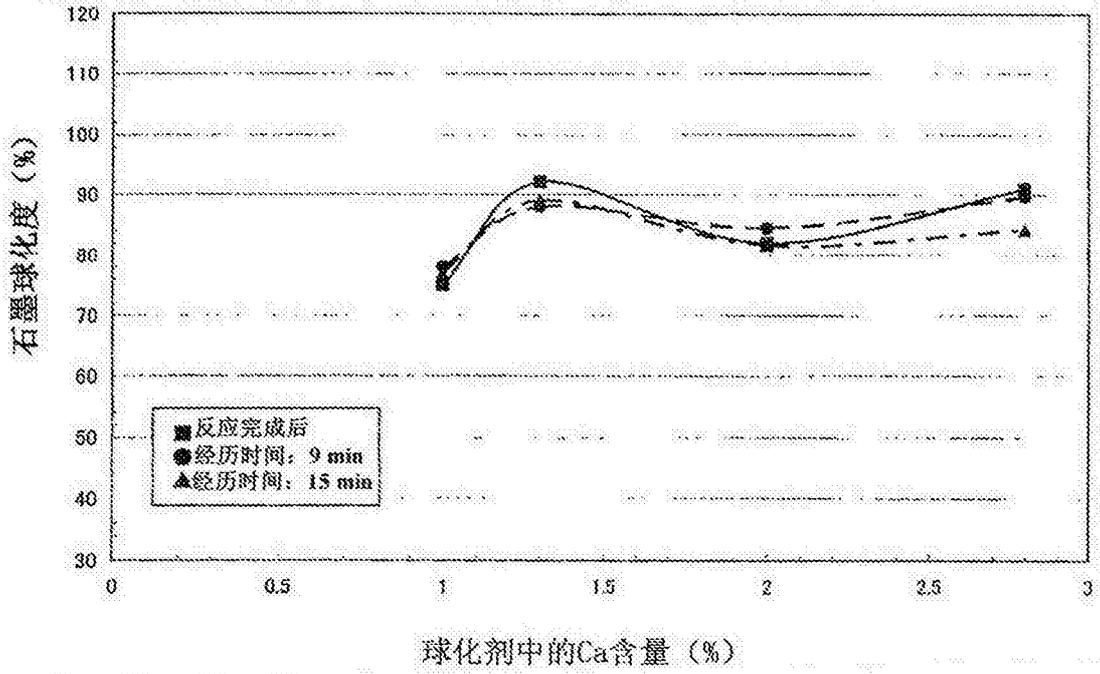


图 8

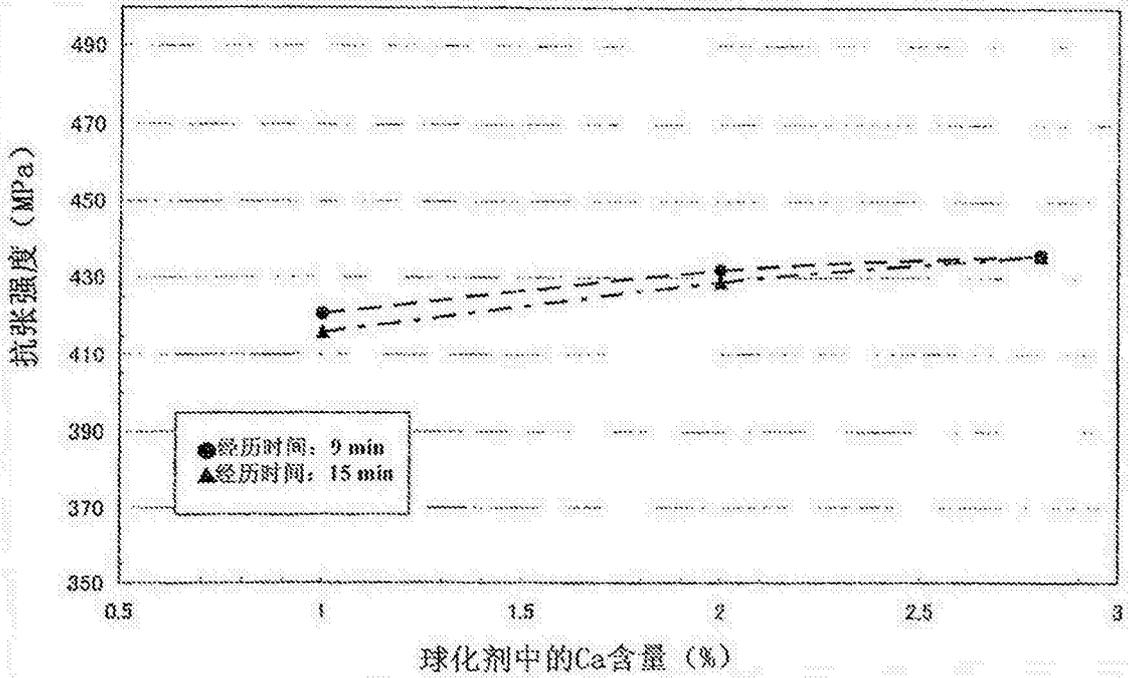


图 9

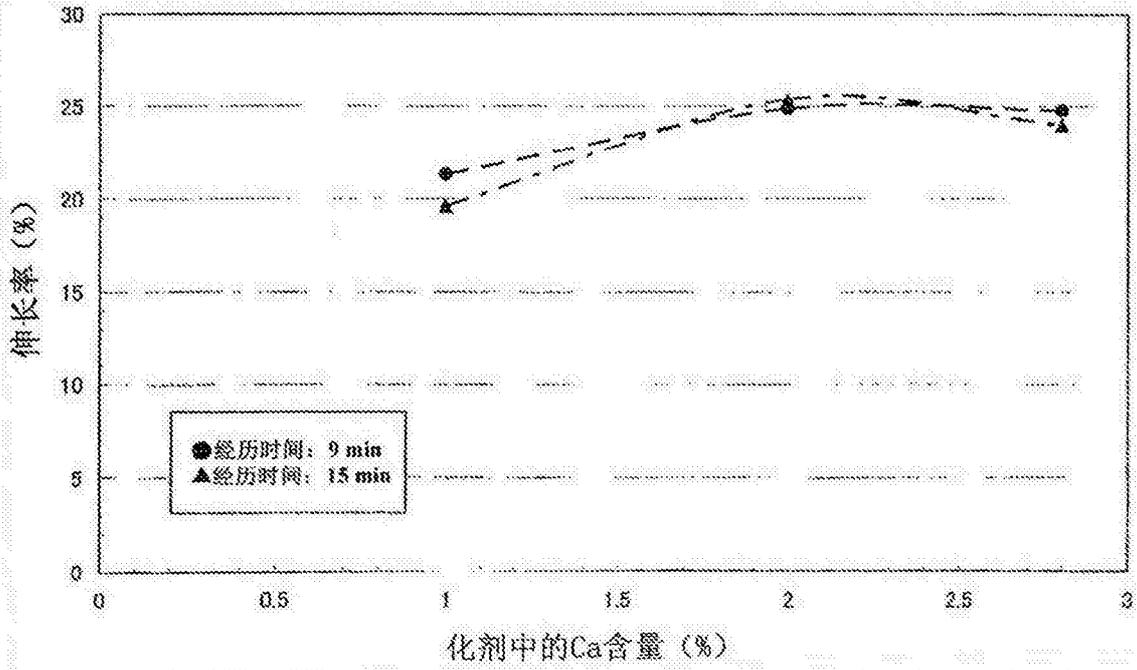


图 10

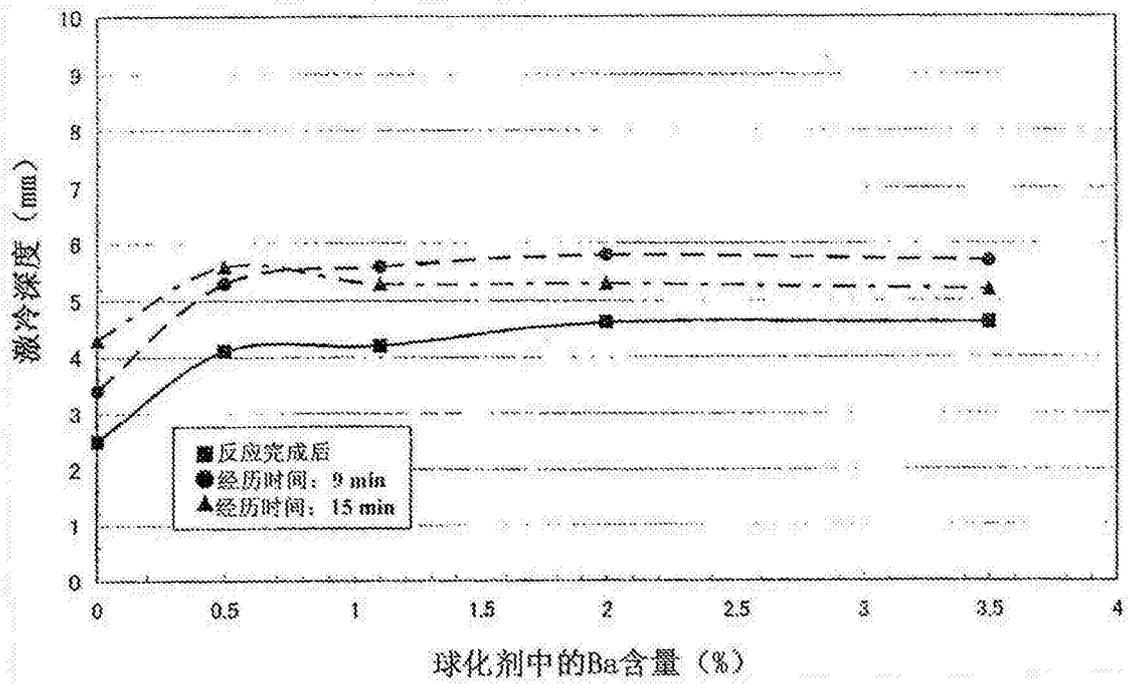


图 11

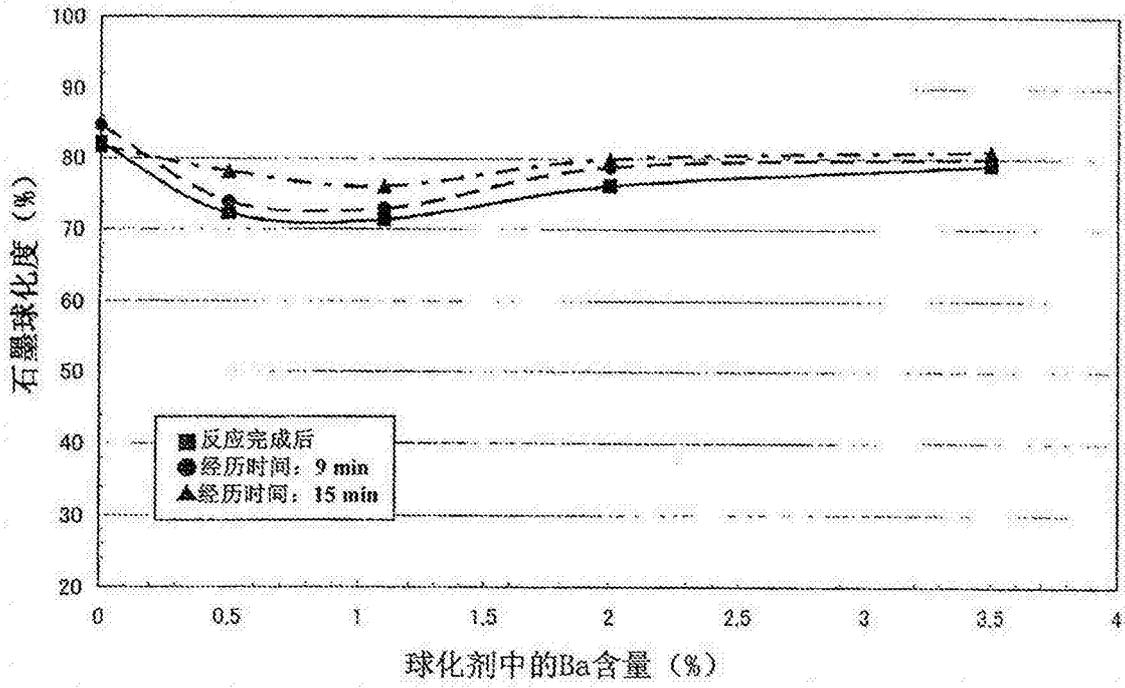


图 12

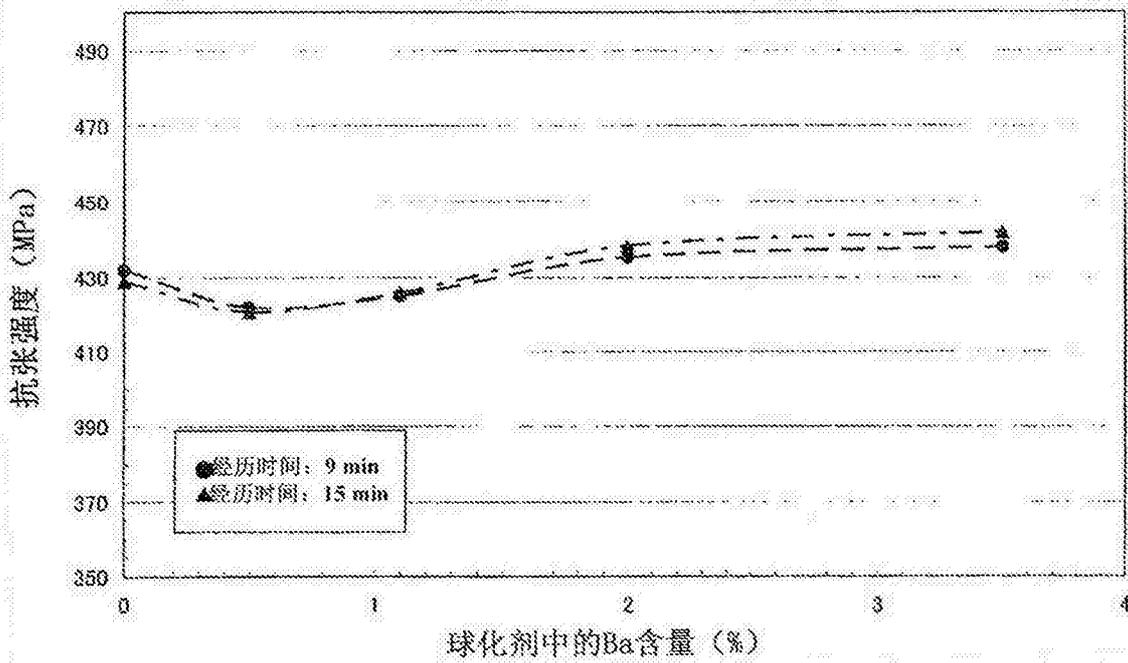


图 13

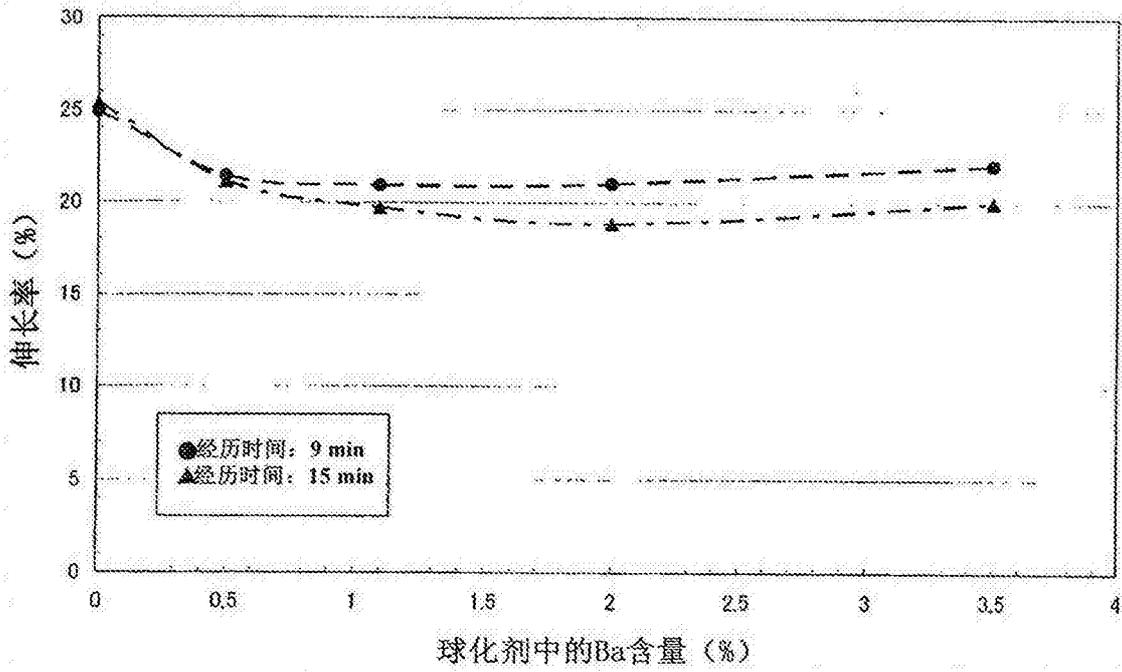


图 14

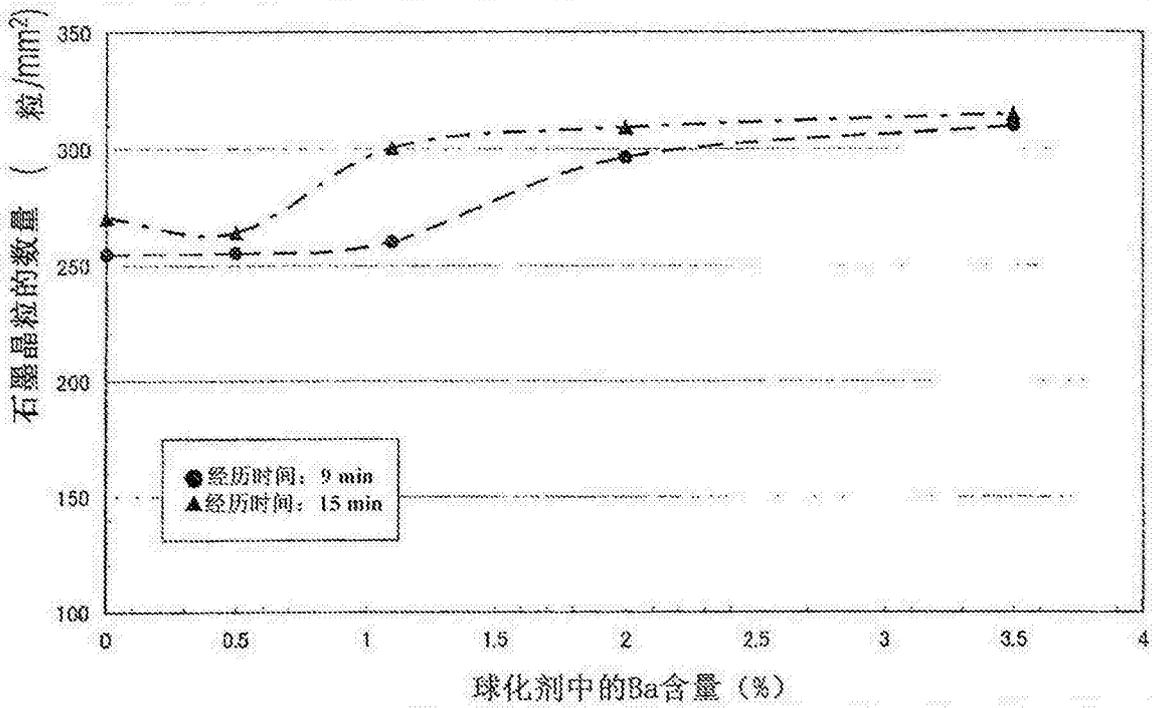


图 15

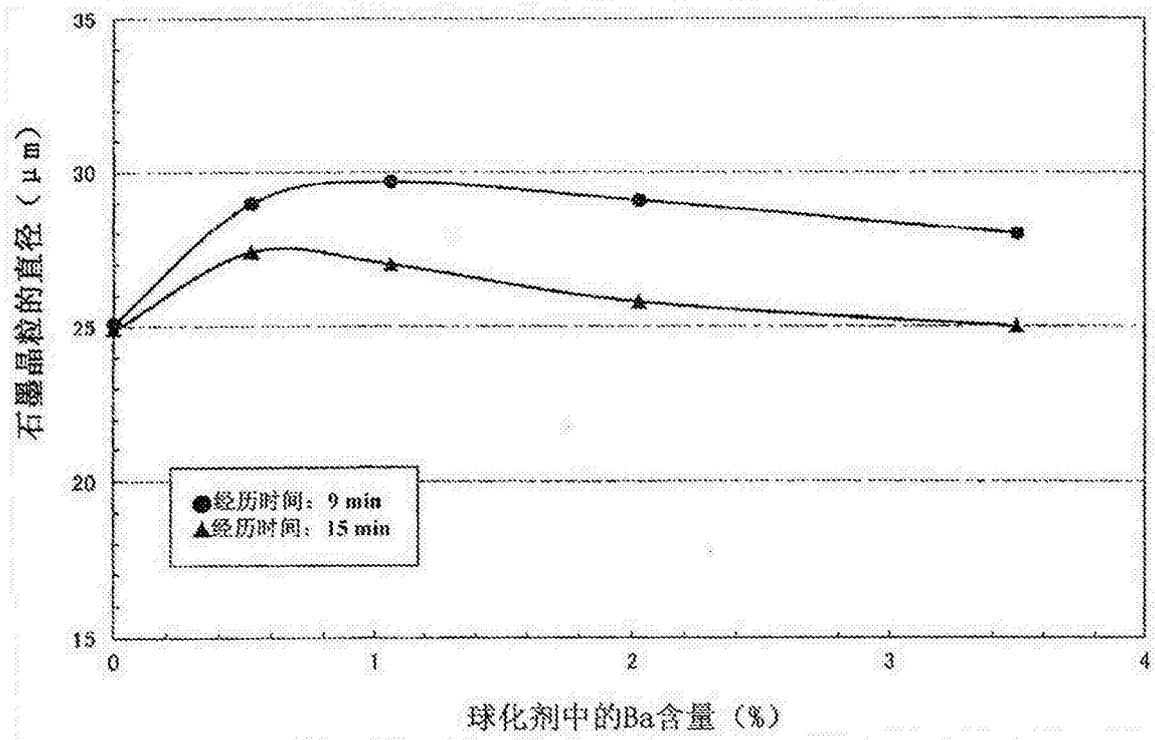


图 16

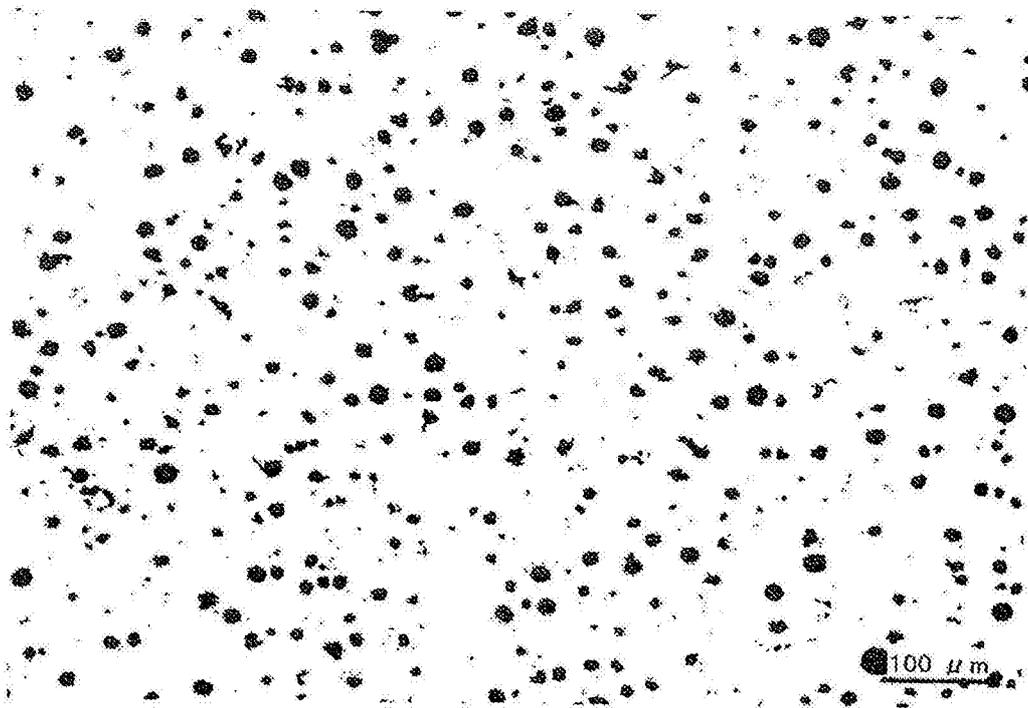


图 17

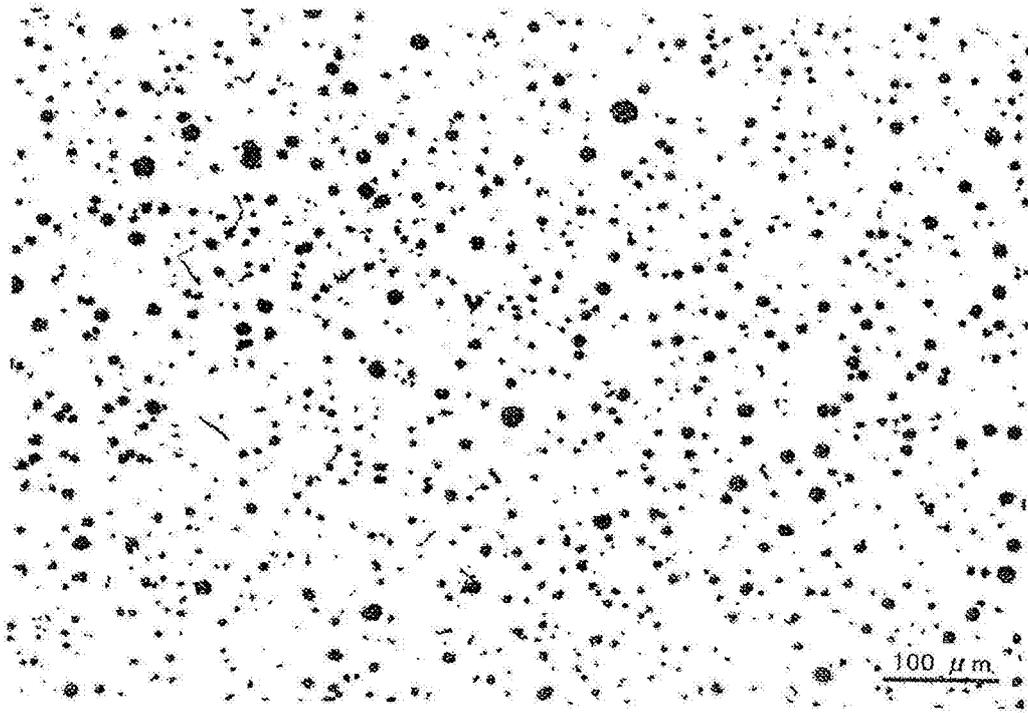


图 18

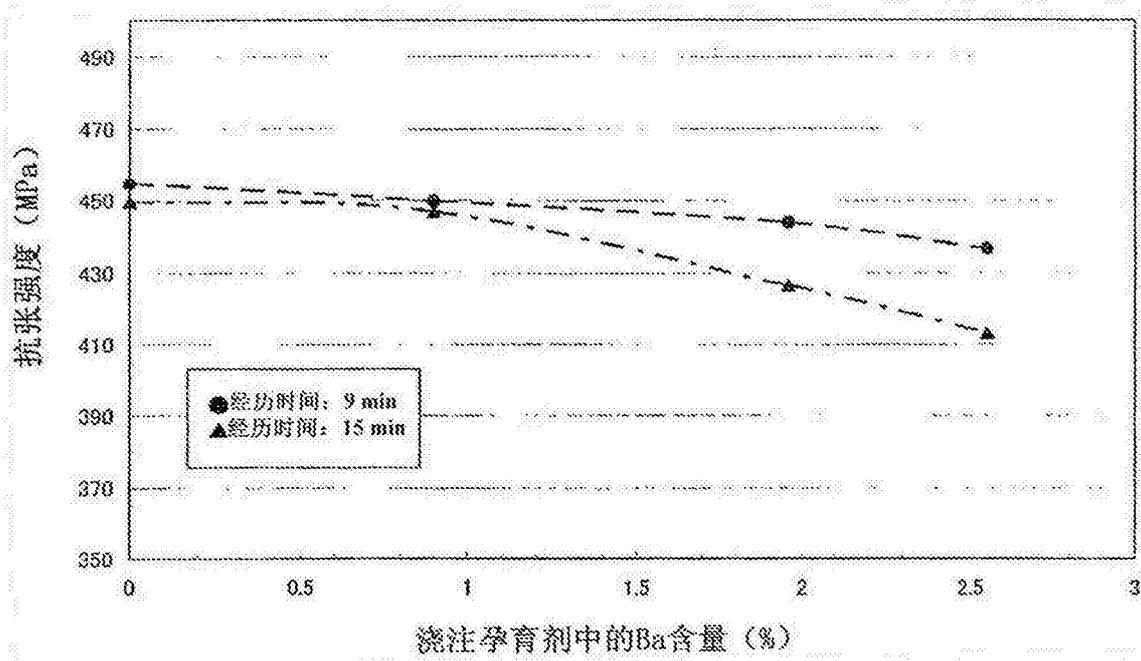


图 19

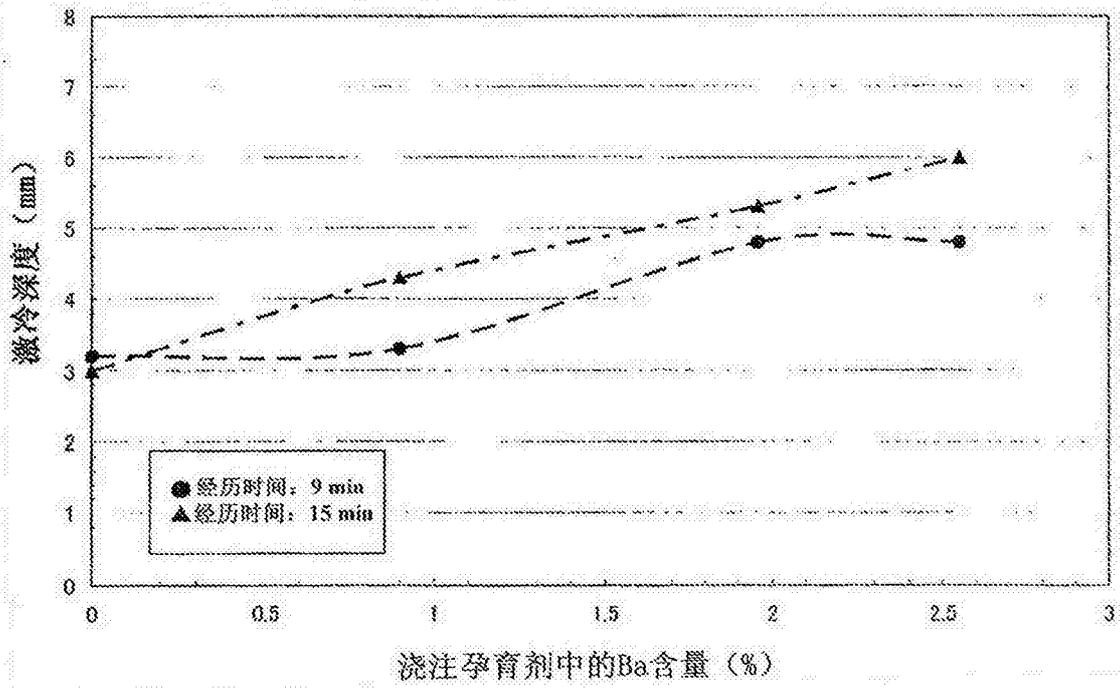


图 20

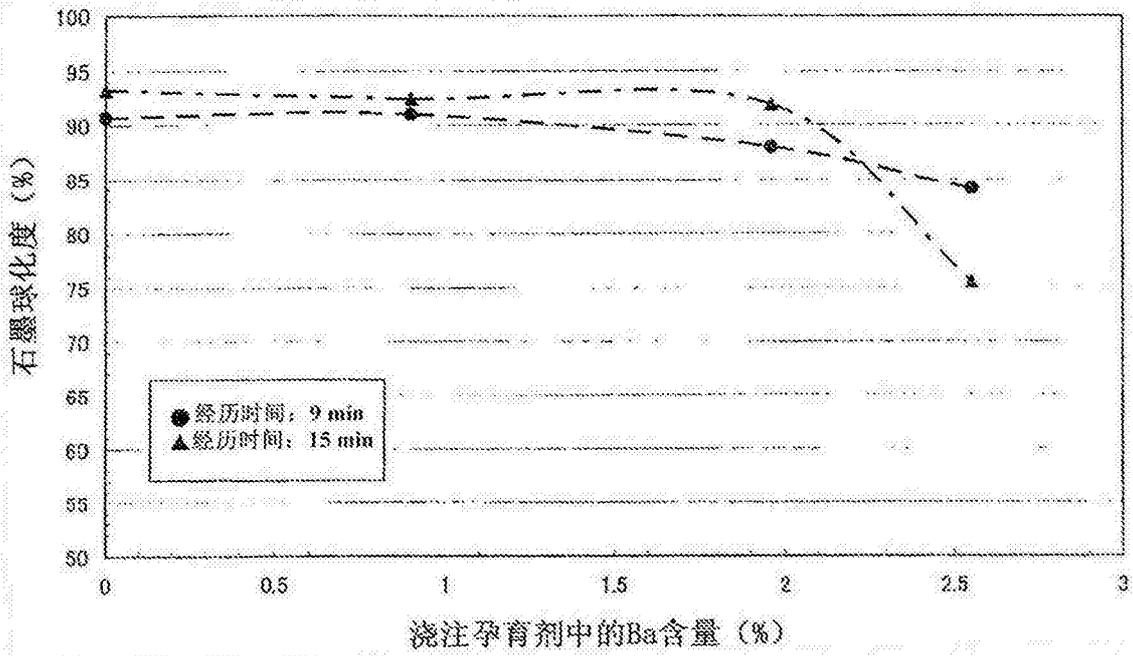


图 21

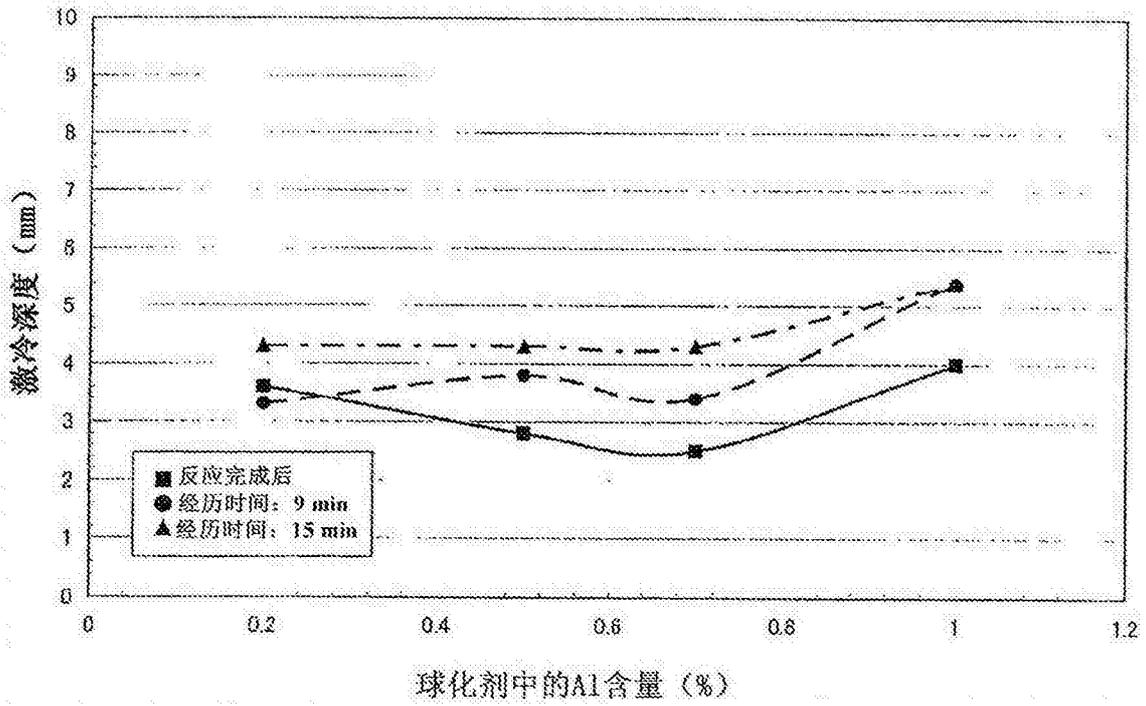


图 22

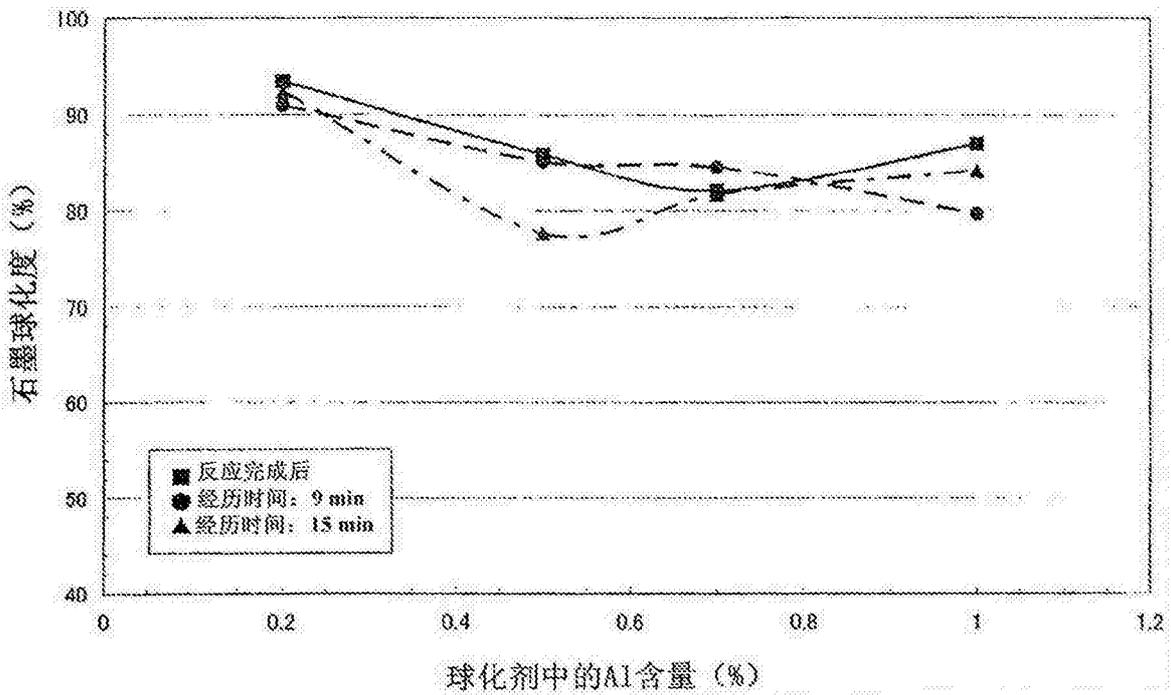


图 23

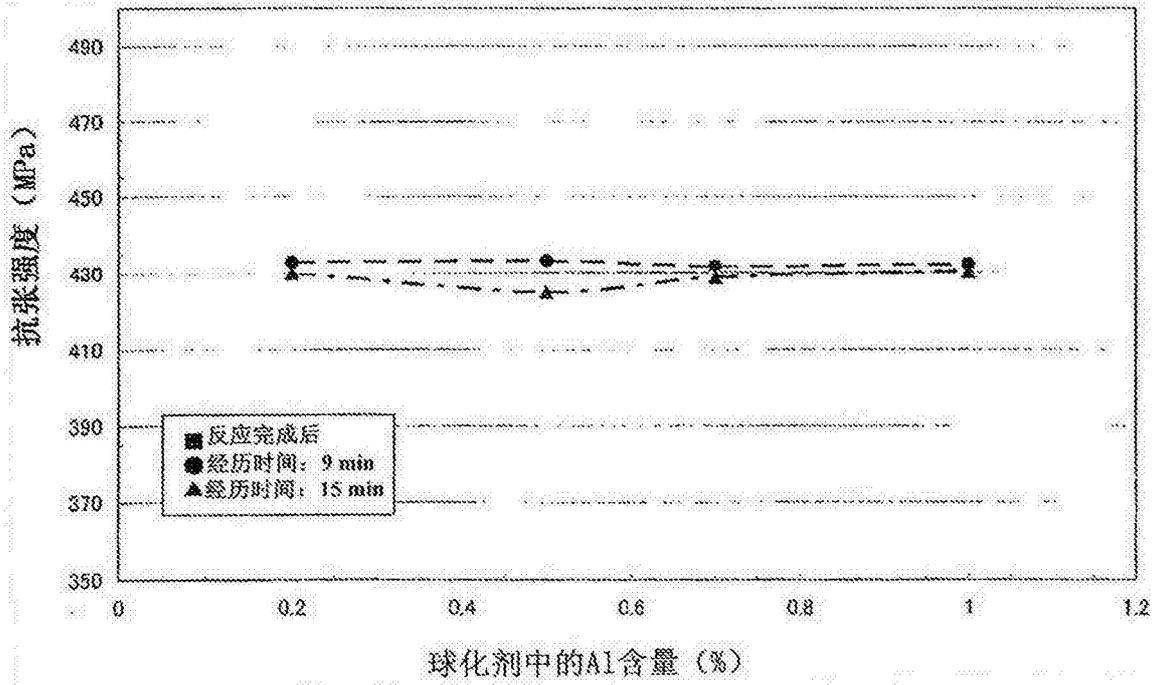


图 24

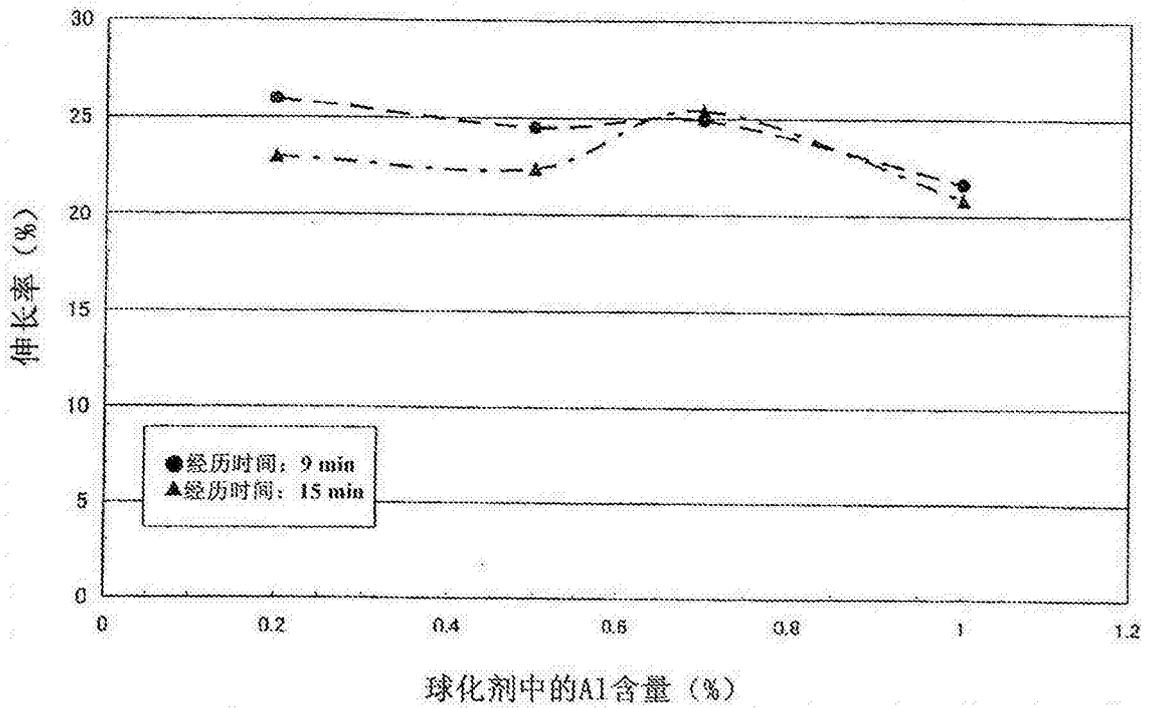


图 25

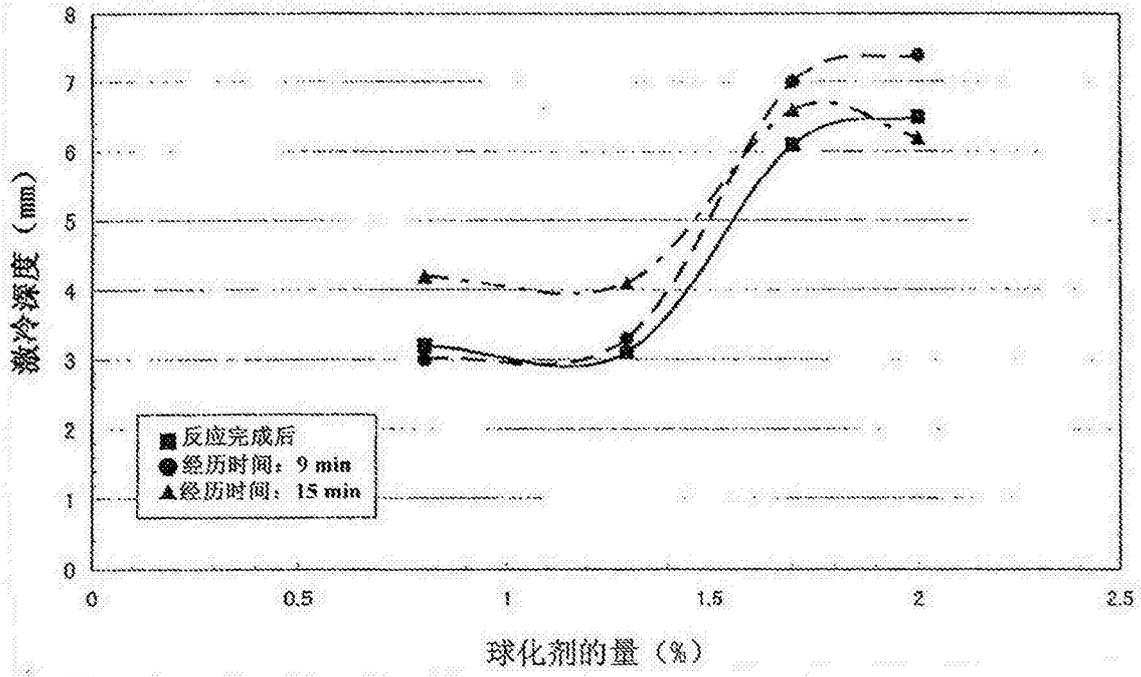


图 26

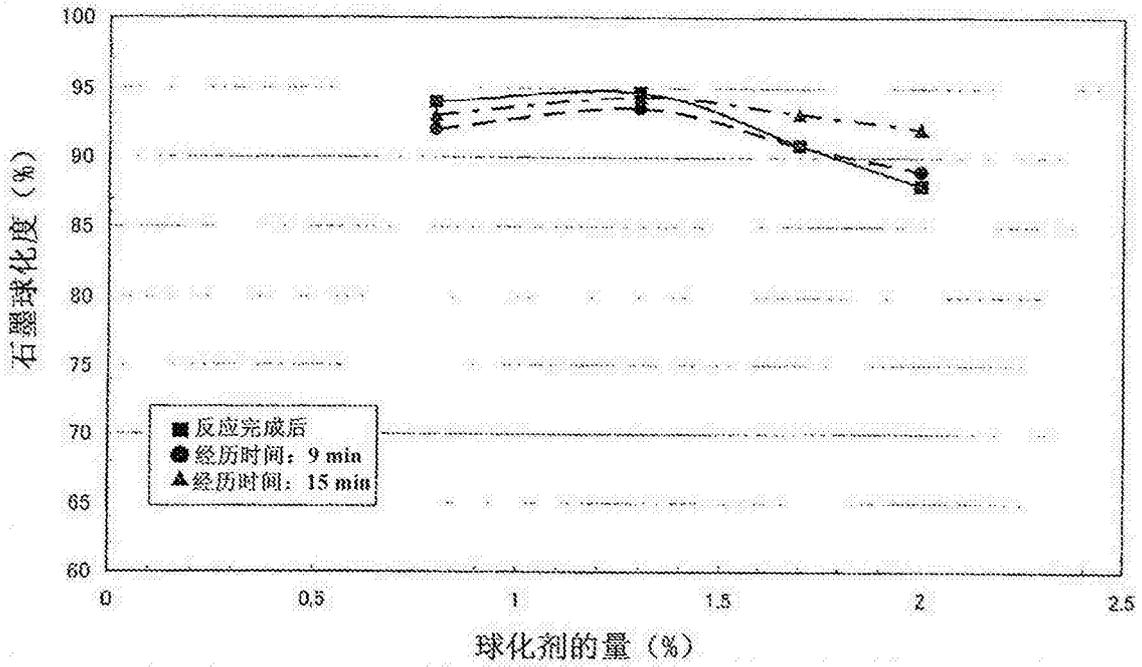


图 27

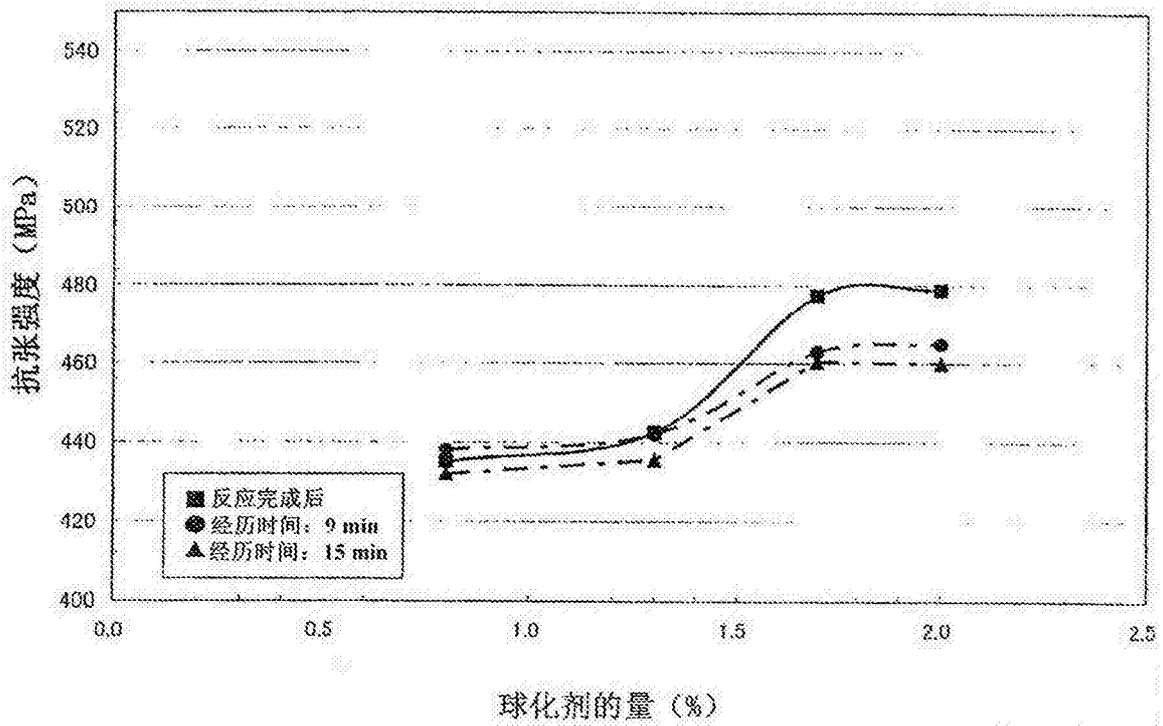


图 28

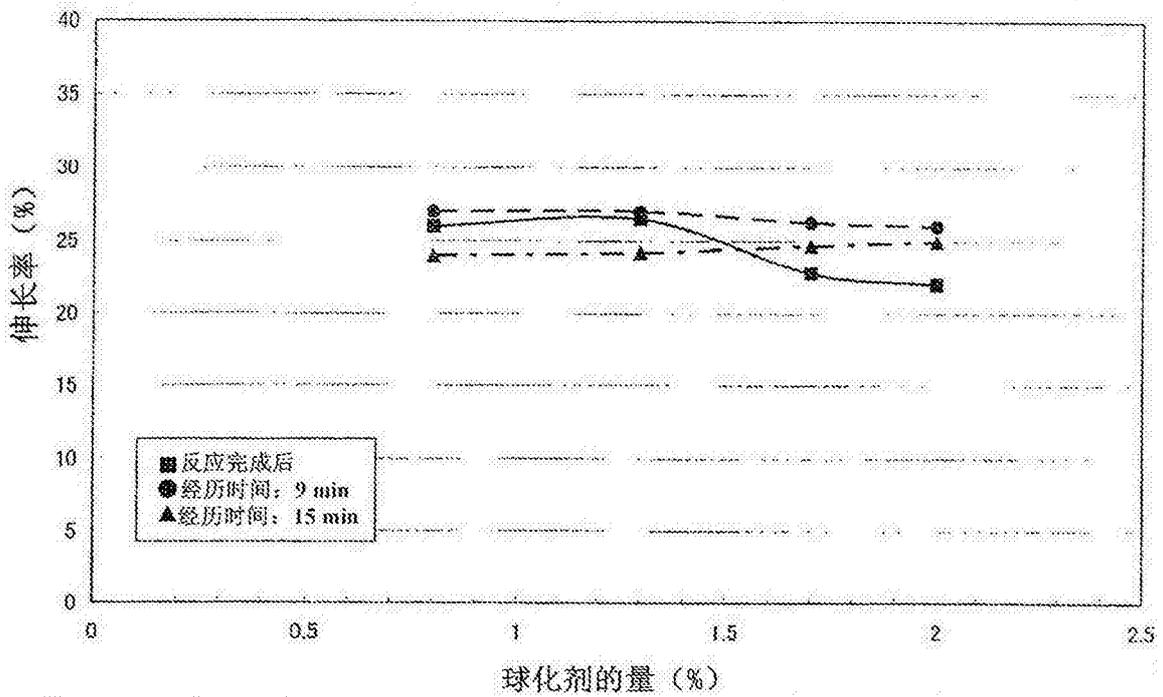


图 29