



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 107922991 B

(45)授权公告日 2020.02.14

(21)申请号 201680050279.1

(22)申请日 2016.06.20

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 107922991 A

(43)申请公布日 2018.04.17

(30)优先权数据
2015-192754 2015.09.30 JP

(85)PCT国际申请进入国家阶段日
2018.02.28

(86)PCT国际申请的申请数据
PCT/JP2016/068223 2016.06.20

(87)PCT国际申请的公布数据
W02017/056582 JA 2017.04.06

(73)专利权人 日立金属株式会社
地址 日本东京都

(72)发明人 平本笃博 安井厚志

(74)专利代理机构 北京林达刘知识产权代理事
务所(普通合伙) 11277
代理人 刘新宇 张会华

(51)Int.Cl.
G21D 11/00(2006.01)
G21D 1/18(2006.01)
G22C 38/00(2006.01)
G22C 38/06(2006.01)

(56)对比文件
CN 202390498 U, 2012.08.22,
CN 101220403 A, 2008.07.16,
CN 104212969 A, 2014.12.17,
JP H07188734 A, 1995.07.25,

审查员 王天天

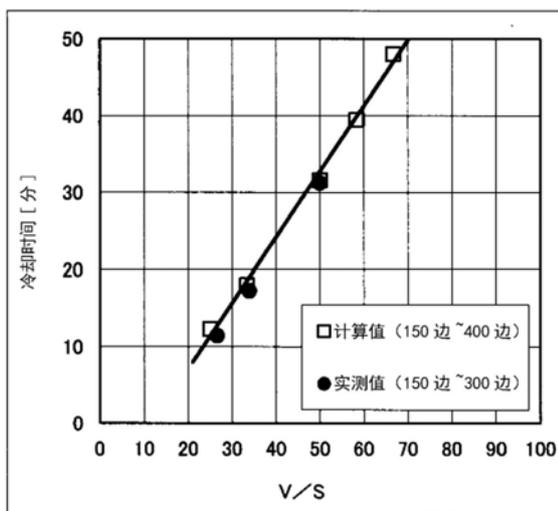
权利要求书1页 说明书13页 附图4页

(54)发明名称

对钢材进行淬火之际的冷却时间的导出方法、钢材的淬火方法以及钢材的淬火回火方法

(57)摘要

提供一种对钢材进行淬火之际的冷却时间的导出方法、钢材的淬火方法、以及钢材的淬火回火方法。一种冷却时间的导出方法,其具备如下步骤:步骤A,将加热到冷却开始温度Ts的试件以冷却条件C冷却,对直到其中心部分的温度达到冷却停止温度Te为止的冷却时间t进行测定;步骤B,决定函数f,该函数f由t=f(V/S)定义,在步骤A中获得的试件的由体积V、表面积S以及冷却时间t构成的数据满足该函数f;步骤C,将实际上要进行淬火的钢材的形状F1所具有的体积V1和表面积S1代入上述的t=f(V/S)的关系式而算出冷却时间t1。并且,一种钢材的淬火方法,其中,将实际上要进行淬火的钢材加热成冷却开始温度Ts,在以冷却条件C冷却到上述的冷却时间t1之后,使该冷却条件C下的冷却停止。并且,一种钢材的淬火回火方法,其中,对利用该方法淬火后的钢材进行回火。



CN 107922991 B

1. 一种对钢材进行淬火之际的冷却时间的导出方法,在该导出方法中,在对钢材进行淬火之际,预先导出从对加热到冷却开始温度 T_s 的钢材开始冷却条件C下的冷却到结束该冷却条件C下的冷却为止的冷却时间,其特征在于,

该导出方法具备如下工序:

第1步骤,在该第1步骤中,制作 n 个试件,在所述试件各自的中心部分设置用于插入温度传感器的孔,该 n 个试件由与要进行淬火的钢材相同的钢种A形成,体积 V 和表面积 S 分别不同,其中, n 是2以上的自然数;

第2步骤,在该第2步骤中,对 n 个所述试件实施如下试验:在所述试件的所述孔插入所述温度传感器,加热保持于冷却开始温度 T_s ,接着以相同的冷却条件C对各试件开始冷却,对从开始冷却到由所述温度传感器测定到的所述中心部分的温度降低而达到冷却停止温度 T_e 为止的冷却时间 t 进行测定;

第3步骤,在该第3步骤中,决定由关系式(1)定义的函数 f ,其中在第2步骤中获得的1组由体积 V 、表面积 S 以及冷却时间 t 构成的 n 组数据满足关系式(1);

第4步骤,在该第4步骤中,将要进行所述淬火的钢材的形状 F_1 所具有的体积 V_1 和表面积 S_1 代入关系式(1)而算出冷却时间 t_1 ,

关系式(1): $t=f(V/S)$,

在所述第3步骤中决定函数 f 时,将试件的表面积 S 校正成作为比该表面积 S 的值大的值的表面积 S' ,并设为 $S < S' \leq (1.3 \times S)$ 的范围内。

2. 一种钢材的淬火方法,其是使用由权利要求1所述的冷却时间的导出方法导出来的冷却时间 t_1 来进行的钢材的淬火方法,其特征在于,

在对所述钢材进行淬火之际,以所述冷却条件C将被加热到所述冷却开始温度 T_s 的所述钢材冷却了所述冷却时间 t_1 ,之后,使所述冷却条件C下的冷却停止。

3. 根据权利要求2所述的钢材的淬火方法,其特征在于,

所述钢材的淬火时的冷却根据不同的冷却条件被分成多阶段,在各冷却阶段中决定用于导出冷却时间的、不同的函数 f 。

4. 一种钢材的淬火回火方法,其特征在于,

对以权利要求2或3所述的钢材的淬火方法淬火后的钢材进一步进行回火。

对钢材进行淬火之际的冷却时间的导出方法、钢材的淬火方法以及钢材的淬火回火方法

技术领域

[0001] 本发明涉及对钢材进行淬火之际的冷却时间的导出方法、钢材的淬火方法以及钢材的淬火回火方法。

背景技术

[0002] 钢材是硬度和韧性优异的材料。钢材的硬度利用例如淬火来赋予。淬火是指通过使加热到奥氏体区域的淬火温度的钢材骤冷、来使钢材的组织进行马氏体相变的处理。并且,通过对该淬火后的钢材进行回火,能够对钢材赋予韧性。回火是将淬火后的钢材再加热成奥氏体区域以下的适当的温度的处理。

[0003] 要实施淬火回火的钢材除了具有例如板坯、钢锭、钢坯这样的原材料的形状的钢材之外,还存在具有各种治工具、模具、构造用零部件这样的产品的形状的钢材。并且,在实施淬火中,若钢材大型、或是复杂的形状,则相对于目标的冷却速度来说,冷却时的冷却速度即使在钢材的表面较大、在钢材的中心部分也较小,在钢材的中心部分马氏体相变可能变得不充分。因而,在实际的钢材的淬火中,重要的是根据该钢材的大小、形状预先设定能够在钢材的整体上达成上述的“目标的冷却速度”以上的冷却速度的“冷却条件”。

[0004] 作为决定冷却条件的因子,能够列举例如冷却介质的种类。并且,作为与该冷却介质的种类相应的冷却方法,能选择例如使用所吹送空气等的空气淬火(风冷)、使用水的水淬火、使用油、盐浴、熔融金属等的热浴淬火、使用氮、氩等非活性气体的气体淬火等(专利文献1~3)。另外,对于决定冷却条件的因子,能够列举冷却介质的温度。并且,若是风冷,能够列举所吹送空气的风量、风速,若是气体淬火,能够列举非活性气体的流量(压力)。

[0005] 并且,在实际的淬火中,在其冷却过程中,在钢材的温度达到某一指示温度时,存在停止上述的冷却条件下的冷却的情况。例如,冷却的前半段以目标的冷却速度以上的冷却速度骤冷,但以抑制钢材的裂纹等为理由,冷却的后半段以比上述的冷却速度小的冷却速度缓冷,因此,存在使冷却手段暂且停止的情况。因而,在钢材的淬火中,除了预先设定上述的冷却条件之外,对冷却中的钢材的温度进行管理也很重要。

[0006] 不过,对于工厂中的作业,对冷却中的钢材的“中心部分的温度”直接进行测定并不现实。因而,在实际的淬火中,通过预先知晓所设定的冷却条件要达成的冷却速度,根据以该冷却速度冷却中的钢材的、中心部分的温度与冷却时间之间的关系推定了钢材的中心部分的温度。并且,以此时的冷却时间对钢材的中心部分的温度达到指示温度的时刻进行了判断。

[0007] 现有技术文献

[0008] 专利文献

[0009] 专利文献1:日本特开2008-031530号公报

[0010] 专利文献2:日本特开2006-342368号公报

[0011] 专利文献3:日本特开平10-080746号公报

发明内容

[0012] 发明要解决的问题

[0013] 如上所述,在对钢材实施淬火中,在要以预先设定好的冷却条件冷却到指示温度时,算出应该冷却多少时间变得重要。

[0014] 不过,实际上要实施淬火的钢材的大小、形状是各种各样的。并且,在要淬火的钢材的大小、形状不同时,该钢材的中心部分的冷却速度也不同。因而,在大小、形状不同的、一个一个钢材中,在这些钢材的中心部分的冷却速度不同这点来看,并不知晓冷却中的钢材的中心部分的温度与冷却时间之间的关系,因此,在要冷却到指示温度时,算出应该冷却多少时间并不容易。

[0015] 本发明的目的在于提供一种对钢材进行淬火之际的冷却时间的导出方法,该方法用于即使进行淬火的钢材的大小、形状不同、也能够冷却时间方面效率良好地管理直到该指示温度为止的冷却。并且,目的在于提供一种使用由上述的方法导出来的冷却时间来进行的、钢材的淬火方法。

[0016] 另外,本发明的目的在于提供一种对通过上述的淬火方法淬火后钢材进一步进行回火的钢材的淬火回火方法。

[0017] 用于解决问题的方案

[0018] 本发明是一种对钢材进行淬火之际的冷却时间的导出方法,在该导出方法中,在对钢材进行淬火之际,预先导出从对加热到冷却开始温度 T_s 的钢材开始冷却条件C下的冷却到直到该冷却条件C下的冷却结束为止的冷却时间,该导出方法具备如下步骤:

[0019] 第1步骤,在该第1步骤中,制作 n 个(n 是2以上的自然数)的试件,在这些试件各自的中心部分设置用于插入温度传感器的孔,该试件由与要进行淬火的钢材相同的钢种A形成,体积 V 和表面积 S 分别不同;

[0020] 第2步骤,在该第2步骤中,对上述的 n 个试件实施如下试验:在试件的上述的孔插入温度传感器,加热保持于冷却开始温度 T_s ,接着以相同的冷却条件C对各试件开始冷却,对从开始冷却到由上述的温度传感器测定到的试件的中心部分的温度降低而达到冷却停止温度 T_e 为止的冷却时间 t 进行测定;

[0021] 第3步骤,在该第3步骤中,决定由关系式(1)定义的函数 f ,其中,在第2步骤中获得的1组由体积 V 、表面积 S 以及冷却时间 t 构成的 n 组数据满足关系式(1);

[0022] 第4步骤,在该第4步骤中,将要进行淬火的钢材的形状 F_1 所具有的体积 V_1 和表面积 S_1 代入关系式(1)而算出冷却时间 t_1 ,

[0023] 关系式(1): $t=f(V/S)$ 。

[0024] 并且,一种钢材的淬火方法,其是使用由上述的冷却时间的导出方法导出来的冷却时间 t_1 来进行的、钢材的淬火方法,其中,在对上述的钢材进行淬火之际,以冷却条件C将加热到冷却开始温度 T_s 的钢材冷却了冷却时间 t_1 ,之后,使该冷却条件C下的冷却停止。优选的是,在上述的钢材的淬火方法中,钢材的淬火时的冷却根据不同的冷却条件被分成多阶段,在各冷却阶段中,决定用于导出冷却时间的、不同的函数 f 。

[0025] 另外,本发明是一种钢材的淬火回火方法,在该钢材的淬火回火方法中,对由上述的钢材的淬火方法淬火后的钢材进一步进行回火。

[0026] 发明的效果

[0027] 根据本发明,即使钢材的大小、形状变化,也能够简便地算出淬火时的恰当的冷却时间。因此,能够在需要对例如少量多品种的钢材、或各种形状的钢材进行淬火时恰当地进行各淬火。

附图说明

[0028] 图1是表示将由SKD61制成的试件从1020℃的淬火温度以大气中的大型风扇(风扇能力:420m³/min×3台)的风冷的冷却条件冷却到试件的中心部分的温度达到650℃时的、“V/S值”与“冷却时间t”之间的关系的图。

[0029] 图2是将在图1中所示的“V/S值”与“冷却时间t”之间的关系校正成对实际的钢材进行淬火时的关系的图。

[0030] 图3是表示对于在图1中冷却了之后的试件、从其中心部分的温度降低到600℃之时、以将试件的整体浸渍于100℃的油中的油淬火的冷却条件冷却到试件的中心部分的温度达到250℃之时的、“V/S值”与“冷却时间t”之间的关系的图。

[0031] 图4是将在图3中所示的“V/S值”与“冷却时间t”之间的关系校正成对实际的钢材进行淬火时的关系的图。

[0032] 图5是示意性地表示压铸模具的固定模具镶块的形状的图,表示实际的钢材所具有的形状的一个例子的示意图。

[0033] 图6是表示具有与图5的钢材大致相同的体积的长方体的图。

[0034] 图7是表示对实际的钢材进行的淬火模式的一个例子(一段冷却)的图。

[0035] 图8是表示对实际的钢材进行淬火模式的另一个例子(二段冷却)的图。

具体实施方式

[0036] 本发明的特征在于,首先,将要淬火的钢材所具有的各种大小、形状以由该钢材的体积V与表面积S之比定义的“V/S值”进行了整理。并且,本发明的特征在于,利用该V/S值与钢材的中心部分的冷却速度之间的相关性而进行冷却中的钢材直到达到指示温度为止的冷却时间的算出。并且,本发明的特征在于,使用由与实际上要进行淬火的钢材相同的钢种制成的试件来预先进行该冷却时间的算出,从而在具有各种大小、形状的钢材的淬火中,能够容易地进行具有普遍性的冷却时间的算出。即、本发明的第一实施方式是一种“对钢材进行淬火之际的冷却时间的导出方法(以下简称为“冷却时间的导出方法。”)”,其中,在对要进行淬火的钢材“实际上”进行淬火之际,“预先”导出从对加热到冷却开始温度Ts的钢材开始冷却条件C下的冷却到结束该冷却条件C下的冷却为止的冷却时间。以下,对本发明的冷却时间的导出方法的各要件进行说明。

[0037] (A) 本发明的冷却时间的导出方法首先具备第1步骤,在该第1步骤中,制作n个(n是2以上的自然数)试件,在这些试件各自的中心部分设置用于插入温度传感器的孔,该n个试件由与实际上进行淬火的钢材相同的钢种A形成,体积V和表面积S分别不同。

[0038] 在本发明中,在对实际的钢材进行淬火之前,准备由与该钢材相同的钢种A制成的试件。并且,对该试件进行与随后论述的、对实际的钢材进行的淬火相同的冷却条件C下的淬火,从而,在对实际的钢材进行了淬火时,预先算出钢材的中心部分达到指示温度所需的“冷却时间”。

[0039] 此时,由钢材的体积 V 与表面积 S 之比定义的“ V/S 值”和在冷却中的钢材的中心部分所实现的“冷却速度”存在相关性。该钢材的体积越大,钢材的中心部分越难以冷却。另一方面,钢材的表面积越大,反而越易于冷却。也就是说,钢材的体积与表面积这两个因子对钢材的中心部分的冷却方面“直接地”且“反比例地”起作用。因而,只要利用以反比例的关系包括这两个因子的“ V/S 值”的相关性,就能够精度良好地进行上述的冷却时间的算出,且该算出也容易。并且,在对实际的钢材进行淬火时,利用上述的相关性,从而能够根据要进行淬火的钢材所具有的“ V/S 值”事先算出淬火冷却所需的冷却时间(也就是说,直到使一个冷却条件下的冷却停止为止的所需时间)。此外,钢材的“中心部分”是指例如钢材的重心、或者、钢材整体中的冷却速度的最慢的部分。

[0040] 因而,准备的试件以其所具有的“ V/S 值”进行了整理。并且,为了获得上述的相关性,准备以具有不同的 V/S 值的方式被加工成各种各样的形状的 n 个(n 是2以上的自然数)的试件。此时,优选 n 个试件的 V/S 值以实际上要淬火的钢材的 V/S 值处于这些试件的 V/S 值的最小值与最大值之间的方式准备。另外,此时,试件的大小(体积)、形状也可以不相同。对于多个试件,即使它们具有不同的大小、形状,也具有相同的 V/S 值,从而在相同的冷却条件下的淬火中,其中心部分的冷却速度并不怎么变化。但是,对于试件的形状,若一方是平坦状、一方是凹凸状等其差异较大,则起因于算出来的体积 V 和表面积 S 的值产生的误差等,与在实际的钢材的淬火中所显现的相关性的精度匹配(日文:合わせ込む)作业变得复杂。在该点上,优选试件的形状相互是大致相似形。并且,优选是体积 V 、表面积 S 的算出容易的、正方体、长方体、棱柱、圆柱这样的形状的试件。在易于准备大致相似形的试件这点,更优选设为“正方体”。并且,以在这些试件中获得的相关性为基础,根据需要,将其校正成与实际的钢材的淬火相符的相关性的精度是高效的。该校正的详细情况随后论述。

[0041] 在这些试件的中心部分设置有用于插入在淬火中对该部分的温度进行测定的温度传感器的孔。此时,在试件的中心部分以外也能够预先设置有用于插入温度传感器的孔。例如在试件的表面与中心部分之间,其中间部分的位置、从该中间部分向试件的表面移动了一半的距离的部分的位置等。由此,能够对在试件的各部分测定到的温度相互进行比较,因此,所测定到的温度的可靠性增加。

[0042] 此外,由于设置了用于插入温度传感器的孔,严格来说,试件的体积 V 、表面积 S 变化。不过,由设置该孔导致的体积 V 、表面积 S 的变化给上述的相关性带来的影响微小,能够忽视。

[0043] 并且,为了将对这些试件进行淬火而获得的、试件的 V/S 值与试件的中心部分的冷却速度之间的相关性利用于对实际的钢材进行的淬火的管理,试件的钢种设为钢材的钢种和成分组成相同的“钢种A”。此时,本发明所使用的钢材是能进行淬火的钢材即可。因而,为了达成本发明的效果,无需使钢材的成分组成特定。但是,若想到本发明的钢材的淬火方法要被使用于各种治工具、模具、构造用零部件等的制作,则上述的钢种A能够设为被例如JIS-G-4404的“合金工具钢钢材”标准化的钢种。例如、SKD11等冷作工具钢、SKD61等热作工具钢是代表性的。另外,也能够设为对这些工具钢的成分组成进行改良并变更该成分组成的值而成的工具钢、使该成分组成含有别的元素种而成的工具钢。

[0044] 作为能进行淬火的钢材的成分组成,存在含有例如以质量%计C:0.30%~2.40%、Cr:3.00%~15.00%的钢的成分组成。此时,若是热作工具钢,能够设为C:

0.30%~0.60%、Cr:3.00%~6.00%，若是冷作工具钢，能够设为C:0.60%~2.40%、Cr:5.00%~15.00%。另外，对于两钢种，还能够含有Si:2.00%以下、Mn:1.50%以下、P:0.050%以下、S:0.050%以下、以 $(Mo+1/2W)$ 的关系式计的Mo和W中的1种或两种:0.50%~4.00%、从V:0.10%~1.50%、Ni:0~1.00%、Co:0~1.00%以及Nb:0~1.50%中选择的1种或两种以上的元素种。并且，能够设为含有上述的元素种、剩余部分为Fe和杂质的成分组成。

[0045] Cu、Al、Ti、Ca、Mg、O(氧)、N(氮)是有可能添加的、或作为杂质残留于钢材中的元素。这些元素的含量的上限优选能够设为Cu:0.25%、Al:0.25%、Ti:0.03%、Ca:0.01%、Mg:0.01%、O:0.01%、N:0.08%。

[0046] (B) 本发明的冷却时间的导出方法具备第2步骤，在该第2步骤中，对上述的n个试件实施如下试验：将温度传感器插入于在第1步骤中制作成的试件的上述的孔，加热保持于冷却开始温度 T_s ，接着对各试件以相同的冷却条件C开始冷却，对从开始冷却到由上述的温度传感器测定到的试件的中心部分的温度降低而达到冷却停止温度 T_e 为止的冷却时间t进行测定。

[0047] 第2步骤是对在第1步骤中准备好的n个试件进行淬火的步骤。并且，是采集为了在随后论述的第3步骤中求出能够使用于对实际的钢材进行的淬火的管理的“钢材所具有的V/S值”与“钢材的中心部分的冷却速度(也就是说，淬火冷却所需的冷却时间)”之间的相关性所需要的基础数据的步骤。

[0048] 在第2步骤中，对试件进行的淬火的冷却条件设为与对实际的钢材进行的淬火的冷却条件相同的“冷却条件C”。在达成本发明的效果方面，应该管理的冷却条件的因子是冷却介质的种类、温度、压力(强度)。

[0049] 首先，将温度传感器插入于在试件的中心部分设置的孔。接着，将插入有该温度传感器的试件加热保持于冷却开始温度 T_s 。此时，冷却开始温度 T_s 是例如对实际的钢材进行淬火时的“淬火温度”(图7)。若具体地表示，则处于例如1000℃~1100℃的范围。

[0050] 接着，对于加热保持到冷却开始温度 T_s 的上述的试件，以冷却条件C开始冷却。并且，在该冷却期间，由温度传感器测定试件的中心部分的温度，冷却到试件的中心部分的温度达到冷却停止温度 T_e 为止。此时，冷却停止温度 T_e 是例如对实际的钢材进行淬火时的“淬火结束温度”(图7)。若具体地表示，则处于例如室温~350℃的范围内。

[0051] 并且，对从开始上述的冷却到试件的中心部分的温度达到冷却停止温度 T_e 为止的冷却时间t进行测定。并且，该冷却时间t的测定在具有各种V/S值的n个试件中进行，从而对这些试件的中心部分的温度从“冷却开始温度 T_s ”到达到“冷却停止温度 T_e ”为止的、由于上述的V/S值而不同的n个“冷却时间t”进行采集。

[0052] 此外，对于“冷却开始温度 T_s ”和“冷却停止温度 T_e ”，除了设定上述的“淬火温度”和“淬火结束温度”的情况之外，还能够设定各种温度。能够设定例如包含于淬火温度与淬火结束温度之间的、局部冷却温度域。在该情况下，在该局部冷却温度域中实施本发明的冷却时间的导出方法。并且，也可以是，在包含于淬火温度与淬火结束温度之间的、除了上述的局部冷却温度域以外的、别的冷却温度域中，也设定别的“冷却开始温度 T_s ”和“冷却停止温度 T_e ”来实施本发明的冷却时间的导出方法。

[0053] 如此，作为在淬火温度与淬火结束温度之间设定多个冷却温度域(冷却开始温度

T_s 和冷却停止温度 T_e)而实施多个那样的本发明的冷却时间的导出方法的情况,存在“多阶段淬火”。多阶段淬火是指该淬火时的冷却根据不同的冷却条件被分成多阶段的淬火。在该多阶段淬火中,在例如以某一个冷却条件开始了冷却之后,使该冷却停止,接下来,与其不同的、另一个冷却条件进行冷却。并且,优选的是,在这些各自的冷却阶段(冷却条件)中决定用于导出冷却时间的、不同的函数 f ,导出适于各冷却阶段的冷却时间。

[0054] 作为上述的多阶段淬火,在例如钢材是模具等工具产品的情况下,以抑制淬火冷却时的应变的产生等为目的,存在进行将该一系列的冷却过程(冷却条件)分成两个阶段的“两段冷却”的情况(图8)。作为具体例,将处于高温域的第1段冷却设为风冷、气体冷却,将处于低温域的第2段冷却设为气压比第1段的气压提升后的气体冷却、油冷。

[0055] 并且,在图8中,在本发明的第2步骤中,根据需要实施对第1段的、试件的中心部分的温度从“冷却开始温度 T_{SH} ”到达到“冷却停止温度 T_{eH} ”为止的“冷却时间 t_H ”进行测定的作业;根据需要实施对第2段的、试件的中心部分的温度从“冷却开始温度 T_{SL} ”到达到“冷却停止温度 T_{eL} ”为止的“冷却时间 t_L ”进行测定的作业。

[0056] 另外,在图8中,第1段的“冷却停止温度 T_{eH} ”是例如 $450^{\circ}\text{C}\sim 700^{\circ}\text{C}$ 。并且,若冷却设备是连续地进行例如第1段冷却和第2段冷却的冷却设备,则第2段“冷却开始温度 T_{SL} ”是与上述的“冷却停止温度 T_{eH} ”相同的温度。另外,若冷却设备是需要例如钢材的移动等的、不连续地进行第1段冷却和第2段冷却的冷却设备,则在其移动中钢材的温度降低不少而“冷却开始温度 T_{SL} ”是比“冷却停止温度 T_{eH} ”低不少的温度。例如,也有时低到该差异为约 50°C 左右。如此这样,优选的是,在第2步骤中,在设定冷却开始温度 T_s 和冷却停止温度 T_e 之际,在对实际的钢材进行了淬火时考虑该钢材的中心部分的“实际的温度特性”。

[0057] (C) 本发明的冷却时间的导出方法具备第3步骤,在该第3步骤中,决定由“ $t=f(V/S)$ ”的关系式(1)定义的函数 f ,其中,在上述的第2步骤中获得的1组由体积 V 、表面积 S 以及冷却时间 t 构成的 n 组数据满足关系式(1)。

[0058] 第3步骤是如下步骤:使用在第2步骤获得的、由于 V/S 值而不同的 n 个“冷却时间 t ”而求出使用于实际的钢材的淬火的“钢材所具有的 V/S 值”与“淬火冷却所需的冷却时间”之间的相关性。并且,该相关性以由 $t=f(V/S)$ 的关系式(1)定义的函数 $f(V/S)$ 来决定。

[0059] 对于决定上述的函数 $f(V/S)$ 的顺序,对其一个例子进行说明。首先,将在第2步骤中获得的 n 个“ V/S 值”与“冷却时间 t ”之间的关系描绘到图表上。图1是表示将钢种A为SKD61的试件从 1020°C 的淬火温度以大气中的大型风扇(风扇能力: $420\text{m}^3/\text{min}\times 3$ 台)的风冷的冷却条件C冷却到钢材的中心部分的温度达到 650°C 为止时的、“ V/S 值”与“冷却时间 t ”之间的关系图。并且,图1中的“●”标记是在第2步骤获得的 n 个实测值数据。试件的形状是正方体。另外,试件的个数 n 是3个,各自的 V/S 值是25.00(正方体的一边的长度是150mm)、33.33(正方体的一边的长度是200mm)、50.00(正方体的一边的长度是300mm)。并且,对满足以该“●”标记表示的“ V/S 值”与“冷却时间 t ”之间的关系的“ $t=f(V/S)$ ”的关系式进行决定。

[0060] 作为对满足图1中的“●”标记的关系的“ $t=f(V/S)$ ”的关系式进行决定的方法,能够使用例如市场上销售的表计算软件等所具有的函数的拟合功能。拟合是指,如例如公知有回归分析等那样求出与通过实验获得的数据(制约条件)最适合那样的函数(直线、曲线)。以该拟合求出来的函数是近似直线、近似曲线,未必通过上述的数据点。并且,由上述的淬火试验的结果、基于随后论述的CAE的温度分析等确认完毕本发明的表示“ V/S 值”与

“冷却时间 t ”之间的关系的上述的函数 f 能够以例如 (V/S) 的“一次函数”、“二次函数”等拟合。在图1的情况下,表示“ V/S 值”与“冷却时间 t ”之间的关系的函数 f 以 (V/S) 的一次函数拟合。

[0061] 通过使用函数的拟合功能,能够将 V/S 值与冷却时间 t 之间的关系在图表上以“线”表示,也就是说,能够“视觉化”。这在如下方面是有利的:例如即使是试件的规格、冷却条件等相同的淬火试验,在利用各淬火设备进行了该淬火试验时,实测值也可能产生微小的误差,在此情况下,能够容易地识别该误差(也就是说,各淬火设备所固有的冷却能力的差)。

[0062] 此外,为了使上述的拟合的精度提高,将在第2步骤中获得的 n 个“冷却时间 t ”的实测值在更多不同的“ V/S 值”的试件中获得的做法是有效的。或者、利用在第2步骤中获得的 n 个实测值、而利用例如CAE(计算机辅助工程,Computer Aided Engineering)将其扩展到很多不同的“ V/S 值”的情况的“冷却时间 t ”来增多 n 个数据的做法也是有效的。通过将上述的 n 组数据扩展到更大的“ V/S 值”的试件的情况,或者、通过以实际上要淬火的钢材的 V/S 值处于试件的 V/S 值的最小值与最大值之间的方式扩展试件的“ V/S 值”,在将在第3步骤中决定好的“ $t=f(V/S)$ ”的函数 f 适用于实际的钢材的淬火管理时,能够适用到更大的钢材。

[0063] 在使用CAE而增多数据的情况下,从在第2步骤中获得的实测值求出冷却中的试件与冷却介质之间的“传热系数”的工序很重要。并且,将该“传热系数”在不进行实测的“ V/S 值”的试件中都共有化,从而能够算出各种“ V/S 值”下的冷却时间。图1中的“□”标记是使用在第2步骤中获得的3组“●”标记的实测值数据而利用CAE算出来的、“ V/S 值”是58.33(正方体的一边的长度是350mm)、66.67(正方体的一边的长度是400mm)时的追加数据。此时,对于由实测获得的“●”标记的数据,也可以是,为了确认该测定是否准确地进行了,进行使用了上述的“传热系数”的验算。在图1所示的、 V/S 值是25.00、33.33、50.00这3个位置处,表示该实测值的“●”标记的描绘位置与以上述的验算获得的“□”标记的描绘位置处于大致相同的位置,可知实测被准确地进行了。并且,追加基于该CAE的数据,实施上述的函数的拟合即可。图1中的“实线”是对使用上述的CAE来追加后的多个描绘点进行拟合而成的函数 f 。并且,在图1中,可知:追加后的该数据与表示“ V/S 值”与“冷却时间 t ”之间的一次函数的直线相符。

[0064] 在此,现实上,加工成各种的治工具、模具、构造用零部件等的形状的实际的钢材的形状是凹凸状。因而,上述的、由例如“正方体”的试件决定好的函数 f 校正成与加工成实际的形状的钢材的淬火相符的精度做法是有效的。

[0065] 也就是说,加工成实际的形状的钢材如例如模具这样的工具产品那样在表面存在凹凸。由此,实际的钢材的表面积变大,因此,与具有相同的 V/S 值的正方体相比,实际上,淬火冷却中的降温速度较大。并且,对于各自的中心部分的温度,加工成实际的形状的钢材与正方体形状的试件相比,也从冷却开始温度 T_s “较快地”达到冷却停止温度 T_e 。因而,若将利用在正方体的试件中所决定的图1的函数 f 进行管理的冷却时间直接在实际的钢材的淬火中实施,则存在经过了冷却时间 t 之时的实际的钢材的中心部分的温度比设想好的冷却停止温度 T_e “低”的情况。在实际的钢材的淬火中,若钢材的中心部分的温度过于降低,则成为钢材的裂纹、变形的主要原因。另外,若是上述的两段冷却,向该第2段冷却过渡的时刻就延迟,还是成为钢材的裂纹、变形、或机械特性的降低的主要原因。

[0066] 因此,在第1步骤~3步骤中所使用的试件的形状也可以不是正方体。在该情况下,

为了使所决定的函数 f 的精度提高,也可以使试件的形状与要实际上进行淬火的钢材的形状近似地相对应。并且,也可以将这样的形状的试件追加于上述的正方体的形状的试件来使用。

[0067] 并且,为了以与加工成实际的形状的钢材的淬火的特性相配合的方式提高图1的函数 f 的精度,基于将试件的形状近似地变更后的上述的淬火试验的结果等使图1的函数 f 向“短时间侧”移动的校正有效。也就是说,于在第3步骤中决定函数 f 时,将试件的表面积 S 校正成作为比该表面积 S 的大的值的表面积 S' 。对此进行说明,是如下校正:在满足图1的函数 f 的直线的、各位置的“ V/S 值”与“冷却时间 t ”之间的关系中,通过仅将该“ V/S 值”的表面积 S 的值替换成比该表面积 S 大的表面积 S' 来重新计算,使函数 f 向“右侧”移动适当量到新的“ V/S' ”的位置(图2)。并且,由上述的淬火试验的结果、基于CAE的温度分析等确认完毕:通过将该移动的量设为 $S < S' \leq (1.3 \times S)$ 的范围内,使实际的钢材的淬火特性大致处于该范围内。

[0068] 并且,此时,优选所使用的函数 f 将上述的校正量设为 $(1.3 \times S)$ 。在实际的淬火作业中,优选的是,相对于目标的冷却停止温度,考虑防止被相对于该温度过冷。在这样的情况中,若是使用将上述的校正量设为 $(1.3 \times S)$ 的函数 f ,设为达到目标的冷却停止温度时的冷却时间就比实际的冷却时间向短时间侧偏移,因此,即使冷却时间变长了之时,也能够预防冷却的过度进行。

[0069] (D)本发明的冷却时间的导出方法具备第4步骤,在该第4步骤中,将要进行淬火的钢材的形状 $F1$ 所具有的体积 $V1$ 和表面积 $S1$ 代入“ $t = f(V/S)$ ”的关系式(1)而算出冷却时间 $t1$ 。

[0070] 第4步骤是如下步骤:通过将在上述的第1~3的步骤中决定好的函数 f 用于实际的钢材的淬火管理,算出具有该体积 $V1$ 和表面积 $S1$ 的钢材的中心部分的温度从“冷却开始温度 T_s ”到被冷却到目标的“冷却停止温度 T_e ”为止的“冷却时间 $t1$ ”。由此,在实际的钢材的淬火中,能够以冷却时间管理直到该指示温度为止的冷却。

[0071] 此外,在该实际的淬火中管理的冷却时间相对于以上述的关系式(1)算出来的冷却时间容许少许的操作域(误差域)。例如,能够相对于上述的算出来的冷却时间在直到该值的正负20%位置的范围内进行操作。优选的是直到正负10%为止的范围。另外,若是考虑到防止上述的过冷,优选冷却时间的操作域的上限设到10%,更优选设到5%。

[0072] 在实际的淬火中管理的冷却时间考虑到该管理的难易度而将以上述的关系式(1)算出来的冷却时间在例如其小数点第一位进行进位、舍去、四舍五入等,能够化成整数的数值。

[0073] 在此,预先例示能够简易地求出实际的钢材的体积 $V1$ 和表面积 $S1$ 的方法。图5是示意性地表示压铸模具的固定模具镶块的形状的图,是实际的钢材所具有的形状 $F1$ 的一个例子。首先,在该时间点,实际的钢材的体积 $V1$ 容易根据其质量和比重(在钢的情况下,比重大致是7.8左右)求出。此外,出于方便,在示意性地表示形状的图5的固定模具镶块的情况下,该体积 $V1$ 是 $113,043,680\text{mm}^3$ 。

[0074] 接着,设想具有与上述的实际的钢材的体积 $V1$ 相同的体积的“近似形状”的立体。此时,近似形状的立体设为易于求出其表面积的形状,优选设为例如正方体、长方体。并且,在图5的固定模具镶块的情况下,例如,将该宽度和长度(也就是说,底面的纵向和横向的尺

寸)固定而仅使高度变化,从而设定成为与图5的固定模具镶块的体积V1大致相同的体积的“近似高度”,设想具有该近似高度的图6的长方体。并且,能够将从该图6的长方体算出来的表面积设为图5的固定模具镶块的表面积S1。此外,出于方便,在示意性地表示形状的图5的固定模具镶块的情况下,该表面积S1是2,205,144mm²。

[0075] 此外,存在实际的钢材由于其种类等的不同而在内部具有水冷孔、螺纹孔等微小空间的情况。并且,由此,严格来说,实际的钢材的体积V1、表面积S1变化。不过,确认完毕:由该空间导致的体积V1、表面积S1的变化对本发明的效果带来的影响微小,能够忽视。

[0076] 另外,在前述的第3步骤中,对函数f的表面积S进行了校正,也可以是,替代该校正,将上述的实际的钢材所具有的“V1/S1值”的表面积S1在“ $S1 < S1' \leq (1.3 \times S1)$ ”的范围内进行校正。

[0077] 另外,优选的是,在本发明的冷却时间的导出方法中,为了使淬火组织进行马氏体相变,目标的冷却速度R以及在上述的第4步骤中算出来的冷却时间t1满足以下的关系式(2)。并且,在不满足以下的关系式(2)时,将上述的冷却条件C变更成与该冷却条件C不同的冷却条件C',再次执行上述的第2步骤以后的步骤,或、将上述的钢种A变更成与该钢种A不同的钢种A'而再次执行上述的第1步骤以后的步骤。

[0078] 关系式(2): $(T_s - T_e) / t_1 \geq R$

[0079] 在第4步骤中,也能够进行事先确认在第1步骤~3步骤中所决定的函数f是否能够用于实际的钢材的淬火管理这情况本身。也就是说,能够确认:在具有体积与表面积之间的关系是“V1/S1”的形状F1的实际的钢材的淬火中,在将其中心部分从“冷却开始温度Ts”冷却到目标的“冷却停止温度Te”时,利用从上述的函数f求出来的“冷却时间t1”,钢材的中心部分是否能够以随后论述的“目标的冷却速度R”以上的冷却速度冷却。若在钢材的中心部分所实现的冷却速度低于该“目标的冷却速度R”,则存在马氏体相变在钢材的中心部分可能变得不充分的情况。

[0080] 对上述的“目标的冷却速度R”进行说明。

[0081] 首先,在本发明的钢材的淬火方法中,优选的是,在以所决定的冷却条件C对由钢种A形成的钢材进行了淬火时,在其冷却中的钢材的中心部分所实现的“实际的冷却速度”是充分进入马氏体相变那样的较大的冷却速度。并且,为了能够判断为该“实际的冷却速度”是足够大的冷却速度,优选的是,在由该钢种A形成的钢材中,预先确定作为判断基准的、用于使组织进行马氏体相变的“目标的冷却速度R”。并且,优选上述的“实际的冷却速度”是该“目标的冷却速度R”以上的较快的冷却速度。

[0082] 上述的“目标的冷却速度R”能够以例如临界冷却速度为基准来决定。临界冷却速度是产生马氏体相变所需要的最小的冷却速度。并且,目标的冷却速度R能够设为淬火组织仅成为马氏体的最小的冷却速度的“上部临界冷却速度”。而且,也能够设定成比上部临界冷却速度大的(快的)冷却速度,例如在直到30%为止的范围内比上部临界冷却速度大的冷却速度(例如、比上部临界冷却速度大10%的冷却速度、大30%的冷却速度)。

[0083] 另外,在由于钢材较大等而淬火时的冷却可能变慢时,也能够使目标的冷却速度R从上部临界冷却速度一定程度变小地(变慢地)设定。例如,能够将目标的冷却速度R设定成在直到30%为止的范围内比上部临界冷却速度小的冷却速度(例如、比上部临界冷却速度小10%的冷却速度、小30%的冷却速度)。

[0084] 并且,若以数值表示目标的冷却速度 R ,则在例如从淬火温度到 $450^{\circ}\text{C}\sim 700^{\circ}\text{C}$ 的高温域的冷却过程中是大约 $9.0^{\circ}\text{C}/\text{分}\sim 15.0^{\circ}\text{C}/\text{分}$ (例如、 $10.0^{\circ}\text{C}/\text{分}$ 、 $13.0^{\circ}\text{C}/\text{分}$)这样的冷却速度。并且,在从此之后的、例如从上述的 $450^{\circ}\text{C}\sim 700^{\circ}\text{C}$ 的温度到室温 $\sim 350^{\circ}\text{C}$ 的低温域的冷却过程中是大约 $7.0^{\circ}\text{C}/\text{分}\sim 12.0^{\circ}\text{C}/\text{分}$ 这样的冷却速度。

[0085] 并且,将在上述中求出来的、实际的钢材所具有的体积 V_1 和表面积 S_1 的值代入关系式(1)而求出从冷却开始温度 T_s 到冷却停止温度 T_e 的“冷却时间 t_1 ”。并且,将求出来的该“冷却时间 t_1 ”代入“ $(T_s-T_e)/t$ ”的关系式而求出来的值是从冷却开始温度 T_s 到冷却停止温度 T_e 的冷却速度。并且,若是该值是上述的、用于使组织进行马氏体相变的“目标的冷却速度 R ”以上的值(也就是说,若是满足上述的关系式(2)),就在进行了实际的淬火时对使该组织充分地进行马氏体相变有效。

[0086] 但是,若是由上述的关系式求出来的冷却速度是小于上述的“目标的冷却速度 R ”的值(也就是说,若是不满足上述的关系式(2)),在进行了实际的淬火时,有可能使组织不充分地马氏体相变。在这样的情况下,优选的是,在进行实际的淬火之前,对最初确定好的冷却条件 C 进行重新研究,而变更成上述的冷却速度“ $(T_s-T_e)/t_1$ ”能够实现上述的“目标的冷却速度 R ”以上的值那样的冷却条件 C' 。或、优选的是,对钢材的钢种本身进行重新研究而将该钢种 A 变更成例如淬火性的优异的成分组成的钢种 A' 。并且,在确定了这样的冷却速度 C' 、钢种 A' 之后,再次执行第1步骤以后的步骤、或、第2步骤以后的步骤即可。

[0087] 以往,在对钢材进行淬火之际,为了使组织进行马氏体相变,目标的冷却速度在经验上是已知的情况较多。并且,在上述的第4步骤中求出来“冷却时间 t_1 ”时,该冷却时间 t_1 是使组织进行马氏体相变足够的时间也能够在经验上判断的情况较多。不过,在对实际的钢材实施淬火时,在其大小、形状不同的、一个一个钢材中,预先对设定好的冷却条件是否达成上述的目标的冷却速度以上的冷却速度进行确认的做法是有效的。也就是说,预先对上述的冷却条件 C 是否能够在钢材的中心部分实现“目标的冷却速度 R ”以上的冷却速度进行推定。

[0088] 只要是本发明,即使钢材的大小、形状不同,也能够简便地推定这些钢材的中心部分的冷却速度。并且,优选的是,在此期间也能够推定钢材的中心部分的冷却速度是否能够实现上述的“目标的冷却速度 R ”以上的冷却速度。

[0089] 此外,在本发明中,更优选的是,除了设定上述的用于使组织进行马氏体相变的“目标的冷却速度 R ”之外,还设定用于抑制淬火时的钢材的裂纹的“目标的冷却速度 R' ”。并且,在对实际的钢材进行着淬火时,通过将在其冷却中的钢材的中心部分中所实现的“实际的冷却速度”设为上述的“目标的冷却速度 R' ”以下的较慢的冷却速度(也就是说,通过满足 $(T_s-T_e)/t_1 \leq R'$),对在钢材产生的裂纹的抑制是有效的。认为设定该“目标的冷却速度 R' ”的温度域在钢材的中心部分的温度处于例如、 600°C 以下的范围时为佳。

[0090] 并且,若以数值表示目标的冷却速度 R' ,则在例如从 600°C 到室温 $\sim 350^{\circ}\text{C}$ 的低温域的冷却过程中是大约 $7.5^{\circ}\text{C}/\text{分}\sim 17.0^{\circ}\text{C}/\text{分}$ (例如、 $13.0^{\circ}\text{C}/\text{分}$ 、 $15.0^{\circ}\text{C}/\text{分}$)这样的冷却速度。进一步优选的是,目标的冷却速度 R' 设定于尤其是实施上述的两段冷却(图8)的情况。并且,特别优选的是设定于其第2段冷却。

[0091] (E) 本发明的第二实施方式的钢材的淬火方法是:在对要进行淬火的钢材进行淬火之际,在以冷却条件 C 将加热到冷却开始温度 T_s 的该钢材冷却了上述的冷却时间 t_1 之后,

使该冷却条件C下的冷却停止。

[0092] 并且,在上述的第4步骤中,在算出来进行淬火的钢材的中心部分的温度从“冷却开始温度 T_s ”到被冷却到“冷却停止温度 T_e ”为止的“冷却时间 t_1 ”之后,并且,优选的是,在上述的第4步骤中,在确认到所决定的函数 f 能够用于实际的钢材的淬火管理之后,对该实际的钢材进行上述的“冷却时间 t_1 ”的淬火即可。具体而言,是如下作业:将加工成预定的形状F1的、由钢种A形成的钢材加热到淬火温度 T_s ,在以冷却条件C冷却了冷却时间 t_1 之后,使该冷却条件C下的冷却停止。并且,若要进行的淬火是两段冷却等,则也能够是,在使相当于第1段冷却的上述的冷却条件C下的冷却停止后,接着,以与该冷却条件C不同的、另一冷却条件C进行第2段冷却。

[0093] 另外,本发明的第三实施方式对以上述的本发明的钢材的淬火方法进行了淬火后的钢材还进行回火。由此,能够获得被赋予了硬度和韧性等机械特性的钢材。

[0094] 实施例

[0095] 在本实施例中,要进行淬火的钢材选定了具有图5的形状F1的固定模具镶块。并且,对该固定模具镶块进行了基于图8的两段冷却的多阶段淬火。

[0096] 两段冷却设为了如下淬火模式:将从 1020°C 的淬火温度(T_{SH})到固定模具镶块的中心部分达到 650°C (T_{EH})为止设为第1段冷却。并且,通过使结束了该第1段冷却的钢材移动到别的冷却设备,将固定模具镶块的中心部分的温度降低到 600°C (T_{SL})时到达 250°C 的淬火结束温度(T_{EL})为止设为第2段冷却。

[0097] 钢种A使用SKD61而制作了固定模具镶块。并且,作为在淬火后的固定模具镶块的金属组织中进行充分的马氏体相变的优选的条件,将目标的冷却速度 R 在第1段冷却中设为 $13.5^{\circ}\text{C}/\text{分}$,在第2段冷却中设为 $7.5^{\circ}\text{C}/\text{分}$ 。此外,在本实施例中,作为抑制淬火时的裂纹的优选的条件,也考虑到“目标的冷却速度 R' ”。并且,该目标的冷却速度 R' 在第2段冷却中设为 $13.0^{\circ}\text{C}/\text{分}$ 。也就是说,通过将第2段冷却速度设为 $7.5\sim 13.0^{\circ}\text{C}/\text{分}$ 的范围内,除了对在淬火后的固定模具镶块的金属组织中进行充分的马氏体相变有效之外,对固定模具镶块的裂纹产生的抑制也有效。

[0098] 对于冷却条件C,在第1段冷却中,设定了由大型风扇(风扇能力: $420\text{m}^3/\text{min}\times 3$ 台)进行的大气中的风冷。并且,在第2段冷却中,设定了将固定模具镶块的整体浸渍于 100°C 的油中的油淬火。

[0099] <第1步骤>

[0100] 首先,钢种A使用SKD61而制作了3个试件。3个试件的形状是正方体,各自的一边设为 150mm (体积 V /表面积 $S=25.00$)、 200mm (体积 V /表面积 $S=33.33$)、 300mm (体积 V /表面积 $S=50.00$)。并且,在这些试件的中心部分设置有用于插入温度传感器的孔。

[0101] <第2步骤>

[0102] 接着,对在第1步骤中制作成的3个试件实施了与对实际的固定模具镶块进行的淬火相仿的、在上述中已说明的淬火模式和冷却条件C下的、两段冷却的多阶段淬火试验。此时,在试件的孔插入温度传感器,而对试件的中心部分的温度从 T_{SH} 到达到 T_{EH} 为止的冷却时间 t_H 、以及从 T_{SL} 到达到 T_{EL} 为止的冷却时间 t_L 进行了测定。

[0103] <第3步骤>

[0104] 将在第2步骤中获得的、3组“ V/S 值”与“冷却时间 t_H ”的实测值之间的关系描绘到

图表上(下标的“H”表示其是第1段冷却)。图1是针对处于高温域的第1段冷却描绘了上述的实测值的关系的图(“●”标记)。并且,利用CAE根据该实测值的关系求出试件与冷却介质之间的传热系数,且使用求出来的该传热系数而对各种V/S值时的冷却时间 t_H 进行计算,而获得了使V/S值的范围进一步扩展而成的追加数据。并且,作为该追加数据,将V/S值是“58.33”(是正方体且一边是350mm)和“66.67”(是正方体且一边是400mm)时的、“V/S值”与“冷却时间t”之间的实测值的关系描绘到图1的图表上(“□”标记)。另外,此时,进行同样的CAE而也对3组实测值的关系进行验算,重新描绘到图1的图表上(“□”标记)。并且,对这些使用CAE而追加了的多个“□”标记的描绘点进行拟合,获得了图1中的以“实线”所示的函数 f_H 。此时,拟合使用了微软公司制的表计算软件“EXCEL(2007)”的拟合功能。

[0105] 并且,要实际上进行淬火的钢材设想具有图5所示的凸形状的固定模具镶块,以在正方体的试件中获得的上述的函数 f_H 的精度提高的方式对函数 f_H 进行了校正。也就是说,将函数 f_H 中的“表面积S”的值替换成满足“ $S < S' \leq (1.3 \times S)$ ”的“S’”的值,使函数 f_H 向右侧移动。图2中所示的虚线是将图1的函数 f_H 以 $S' = (1.1 \times S)$ 、 $S' = (1.2 \times S)$ 、 $S' = (1.3 \times S)$ 的关系分别向右侧移动而成的、校正后的函数 f_H 。另外,图2中所示的“●”标记和“◆”标记的描绘点是将试件的形状变更成图5的固定模具镶块那样的凸形状而进行了淬火试验时的、“V/S值”与“冷却时间 t_H ”之间的关系的实测值。并且,图2中所示的“○”标记和“◇”标记的描绘点是利用CAE对上述的“●”标记和“◆”标记的实测值进行了计算、验算而成的值。这些结果被认为与在“ $S < S' \leq (1.3 \times S)$ ”的范围内进行了校正后的函数 f_H 的关系精度良好地一致。

[0106] 并且,在本实施例中,也考虑过冷的防止,而上述的校正量采用了“ $S' = (1.3 \times S)$ ”的函数 f_H 。并且,确认到校正后的该函数 f_H 是“ $t_H = 0.6572 (V/S) - 9.9774$ ”的一次函数(t_H 的单位是“分”,V的单位是“ mm^3 ”,S的单位是“ mm^2 ”)。

[0107] 另外,在该第3步骤中,在处于低温域的第2段冷却中也进行了与上述同样的作业。图3中的“●”标记用于针对第2段冷却描绘实测值的关系(下标的“L”表示其是第2段冷却)。“□”标记是利用CAE对上述的实测值进行了处理而获得的追加的数据。另外,图3中的以“实线”所示的是对这多个“□”标记的描绘点进行拟合而成的函数 f_L 。此时,拟合使用了微软公司制的表计算软件“EXCEL(2007)”的拟合功能。

[0108] 并且,与第1段冷却同样,在第2段冷却中,也以上述的函数 f_L 的精度提高的方式对函数 f_L 进行了校正。图4中所示的虚线是将图3的函数 f_L 以 $S' = (1.1 \times S)$ 、 $S' = (1.2 \times S)$ 、 $S' = (1.3 \times S)$ 的关系分别向右侧移动而成的、校正后的函数 f_L 。图4中所示的“●”标记和“◆”标记的描绘点是将试件的形状变更成图5的固定模具镶块那样的凸形状而进行了淬火试验时的、“V/S值”与“冷却时间 t_L ”之间的关系的实测值。另外,“○”标记和“◇”标记的描绘点是利用CAE对上述的“●”标记和“◆”标记的实测值进行计算、验算而成的值。并且,在第2段冷却中,也将上述的函数 f_L 以“ $S' = (1.3 \times S)$ ”的校正量进行校正,采用了校正后的该函数 f_L 。并且,确认到校正后的该函数 f_L 是“ $t_L = 0.6762 (V/S) - 6.2818$ ”的一次函数(t_L 的单位是“分”,V的单位是“ mm^3 ”,S的单位是“ mm^2 ”)。

[0109] <第4步骤>

[0110] 对于作为要进行淬火的钢材的、图5的固定模具镶块,求出来该体积V1和表面积S1。并且,这些值如先前所述那样,体积V1是113,043,680 mm^3 ,表面积S是2,205,144 mm^2 。此外,在这些作业中,设为没有设置于固定模具镶块的内部的冷却孔等微小空间。并且,图5的

固定模具镶块的“V/S值”决定成根据 $(113,043,680\text{mm}^3/2,205,144\text{mm}^2)$ 计算的“51.26” (严格来说,单位是“mm”)。

[0111] 并且,在对图5的固定模具镶块实际上进行与对试件进行了的淬火试验相同的冷却条件的两段冷却的多阶段淬火的过程中,首先,将固定模具镶块所具有的上述的“51.26”的V/S值分别代入到涉及第1段冷却的“ $t_H=0.6572(V/S)-9.9774$ ”这校正后的函数 f_H 以及涉及第2段冷却的“ $t_L=0.6762(V/S)-6.2818$ ”这校正后的函数 f_L 。

[0112] 其结果,在第1段冷却中,固定模具镶块的中心部分的温度从 1020°C 的淬火温度(T_{SH}) 到达到 650°C (T_{eH}) 为止的冷却时间 t_{H1} 算出来是“23.71分”。此时,在实际的淬火中,考虑管理的难易度,而将该“23.71分”的冷却时间 t_{H1} 的值在小数点第一位进行四舍五入,实际上管理的冷却时间 t_{H1} 设为“24分”。并且,该实际上管理的冷却时间 t_{H1} 经过期间的冷却速度是 $[(1020-650)/24]=15.4^\circ\text{C}/\text{分}$,超过了上述的“ $13.5^\circ\text{C}/\text{分}$ ”的冷却速度 R 。

[0113] 另外,在第2段冷却中,固定模具镶块的中心部分的温度从 600°C (T_{SL}) 到达到 250°C 的淬火结束温度(T_{eL}) 为止的冷却时间 t_{L1} 算出来是“28.38分”。此时,在实际的淬火中,考虑管理的难易度而将该“28.38分”的冷却时间 t_{L1} 的值在小数点第一位进行四舍五入,实际上管理的冷却时间 t_{L1} 设为“28分”。并且,该实际上管理的冷却时间 t_{L1} 经过期间的冷却速度是 $[(600-250)/28]=12.5^\circ\text{C}/\text{分}$,满足了在上述的冷却速度 R 和 R' 之间所决定的“ $7.5^\circ\text{C}/\text{分} \sim 13.0^\circ\text{C}/\text{分}$ ”的范围。

[0114] 根据以上的结果认为:在以最初设定好的钢种A和冷却条件C进行了基于上述的冷却时间 t_{H1} 和 t_{L1} 的两段冷却的淬火时,在淬火后的固定模具镶块的金属组织中进行充分的马氏体相变,且也能够抑制裂纹的产生。因而,能够判断为无需钢种A、冷却条件C的重新研究。

[0115] 并且,实际上对由SKD61的钢种A制成的图5的固定模具镶块进行了最初设定好那样的淬火模式和冷却条件C下的两段冷却的多阶段淬火。此时,第1段冷却中的冷却时间 t_{H1} 设为如上所述那样的“24分钟”。并且,第2段冷却中的冷却时间 t_{L1} 是为如上所述那样的“28分钟”。

[0116] 并且,对结束了淬火之后的固定模具镶块进行了观察的结果,其金属组织进行充分的马氏体相变,且裂纹也没有产生。另外,通过将函数 f 的校正量设定成较大,也能够防止过冷。

[0117] 根据以上的结果可知:只要是本发明,在对具有各种大小、形状的钢材进行淬火时,能够在冷却时间方面效率良好地管理直到其指示温度为止的冷却。并且,可知:在对具有各种大小、形状的钢材进行淬火时,能够简便地推定这些钢材的中心部分的冷却速度。对这些利用本发明的钢材的淬火方法进行了淬火后的钢材进一步进行回火,从而能够获得被赋予了硬度和韧性等机械特性的钢材。

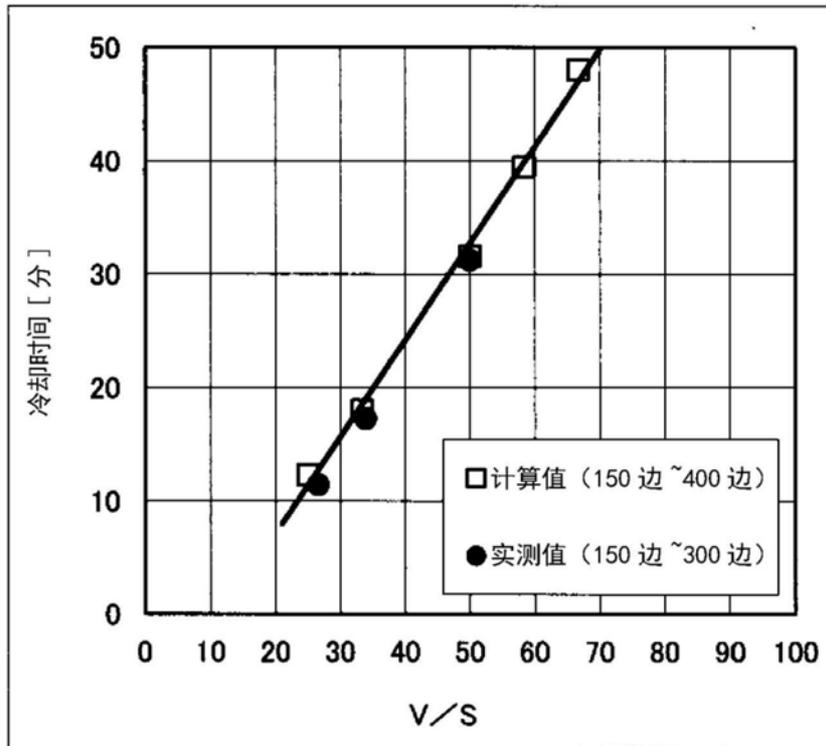


图1

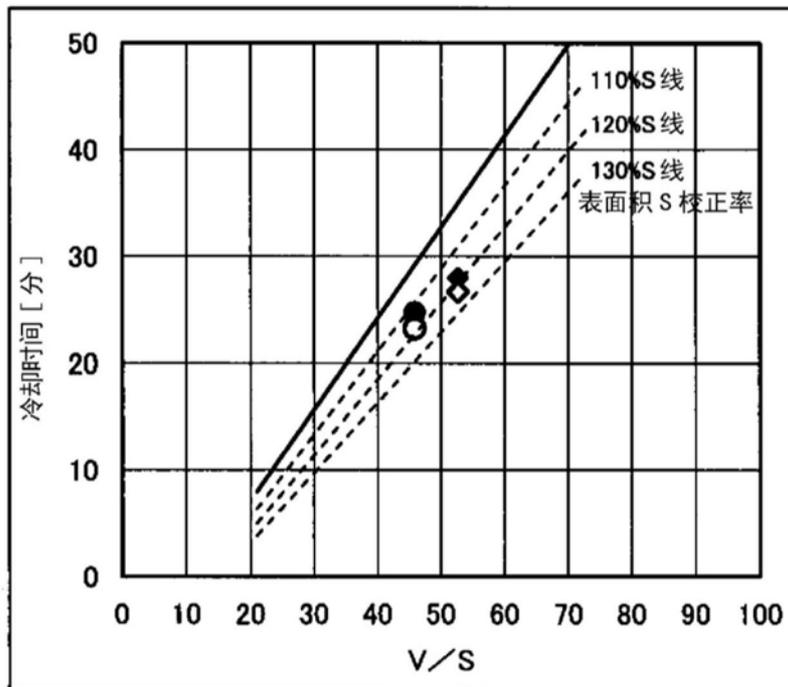


图2

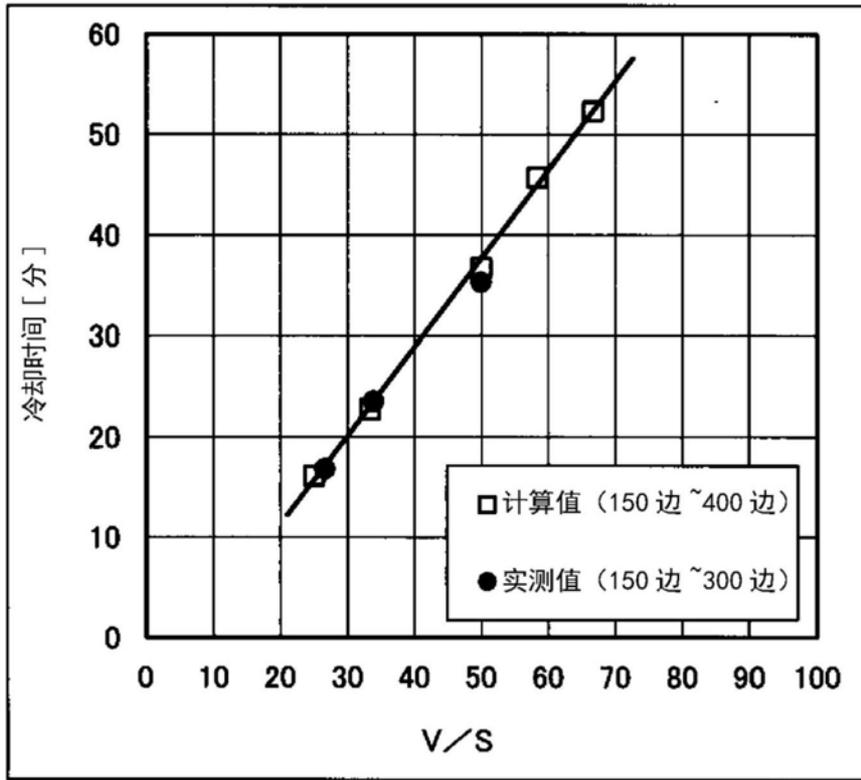


图3

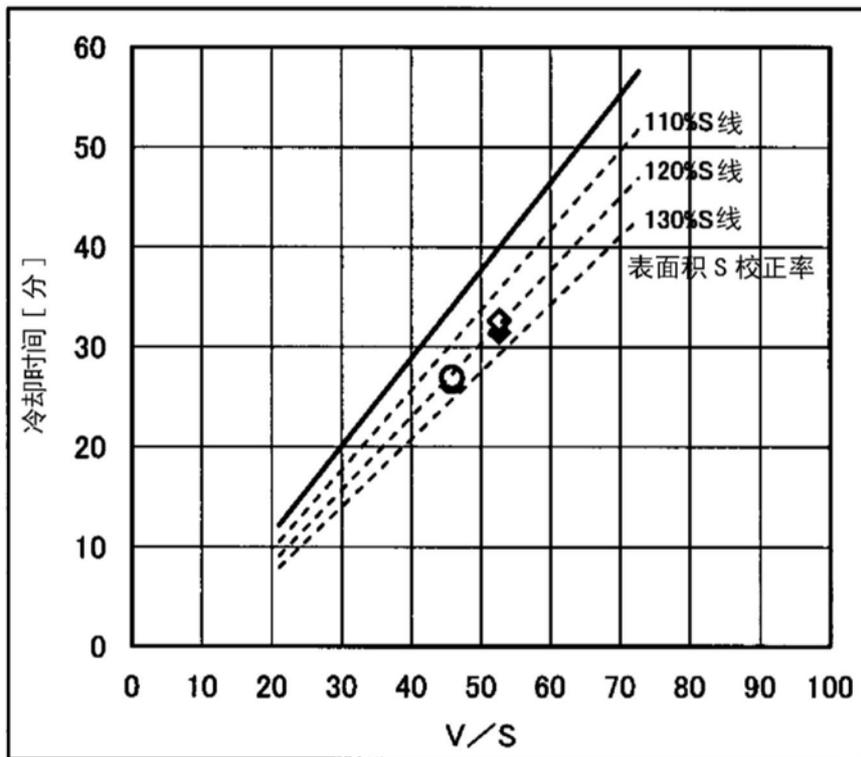


图4

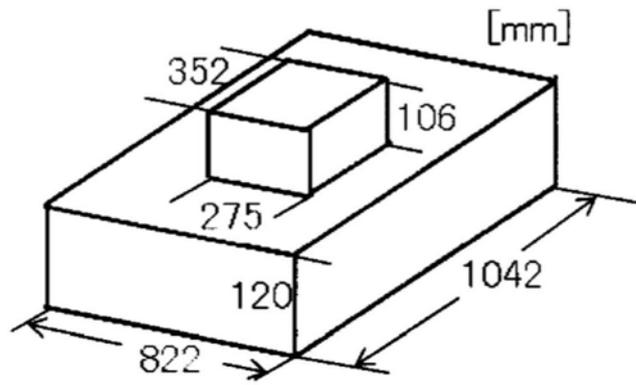


图5

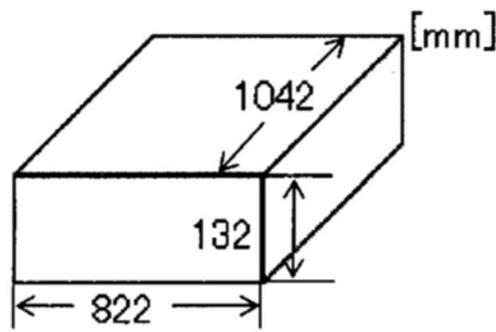


图6

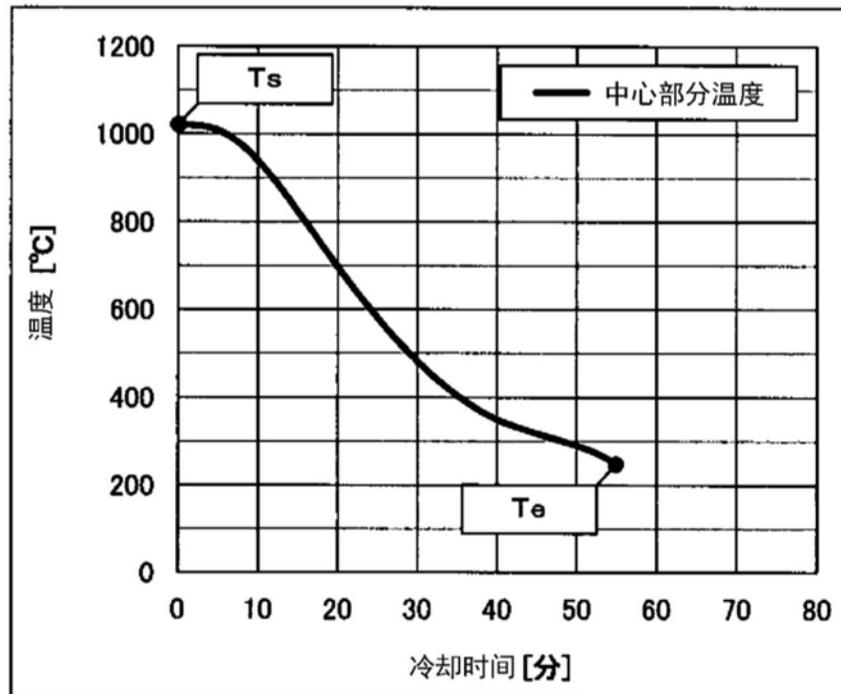


图7

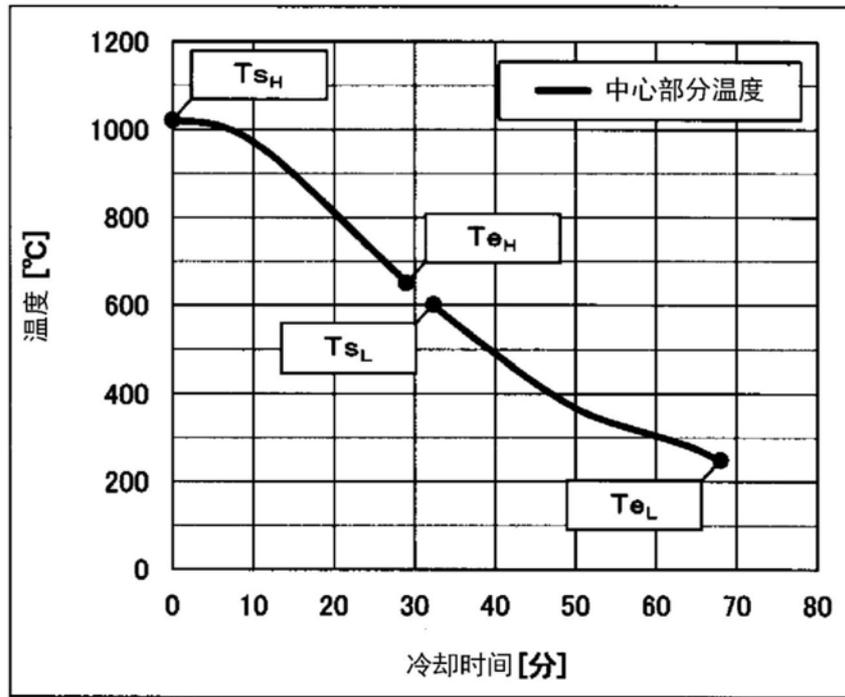


图8