(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 104968809 B
(45)授权公告日 2017.11.03

(21)申请号 201480006888.8
(22)申请日 2014.01.24
(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 104968809 A
(43)申请公布日 2015.10.07
(30)优先权数据
13153642.7 2013.02.01 EP
(85)PCT国际申请进入国家阶段日
2015.07.31
(86)PCT国际申请的申请数据
PCT/EP2014/051407 2014.01.24
(87)PCT国际申请的公布数据
WO2014/118089 EN 2014.08.07

(73)专利权人 贝卡尔特公司
地址 比利时茨维夫格姆
(72)发明人 C·梅斯普朗特 D·波尔曼
(74)专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专利商标事务所 11038
代理人 范莉

(51)Int.Cl.
C21D 9/52(2006.01)
C21D 9/573(2006.01)
C21D 1/63(2006.01)
C21D 1/64(2006.01)

审查员 武梦艳

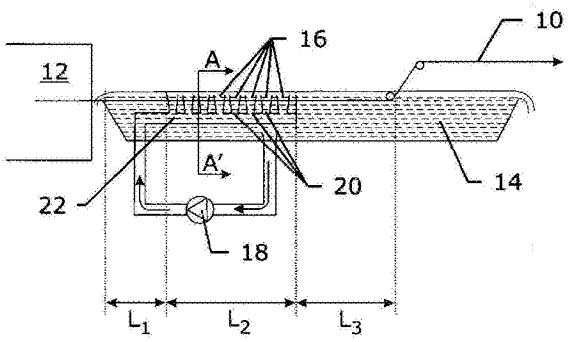
权利要求书1页 说明书7页 附图4页

(54)发明名称

粗钢丝的强制水冷

(57)摘要

一种方法和设备，用于将一个或多个预先加热的直的粗钢丝控制地冷却至在400℃和650℃之间的预定温度范围。对各粗钢丝进行从奥氏体至珠光体的控制冷却转变处理，这基本在钢丝离开强制水冷长度之后进行。



CN 104968809 B

1.一种将一个或多个预先加热的基本直的钢丝控制地冷却至预定温度范围的方法，其中：各所述预先加热的基本直的钢丝的直径在从5.5mm至20mm的范围内，该方法包括以下步骤：

a)引导所述预先加热的基本直的钢丝沿独立的通路通过冷却剂浴槽，所述冷却剂浴槽包括作为浴槽液的水和稳定聚合物，所述浴槽液有超过80℃的温度，所述浴槽液以及所述多个预先加热的基本直的钢丝沿各通路在各钢丝自身周围产生蒸汽薄膜；

b)在沿各通路的一长度L上将浸入所述冷却剂浴槽内的冲击液体引导向所述蒸汽薄膜，以便减小所述蒸汽薄膜的厚度或者使得所述蒸汽薄膜不稳定，从而在沿各通路的所述长度L上提高冷却速度；

其中，所述冲击液体沿各通路浸没在各个所述预先加热的基本直的钢丝自身下面，或者，所述冲击液体沿钢丝的各通路而局部地浸没在所述多个预先加热的基本直的钢丝中的一些钢丝的下面。

2.根据权利要求1所述的方法，其中：沿各通路的所述长度L小于冷却剂浴槽的长度。

3.根据权利要求2所述的方法，其中：所述冲击液体有与浴槽液相同的化学组分。

4.根据权利要求3所述的方法，其中：所述冲击液体从冷却剂浴槽中获取。

5.根据权利要求4所述的方法，其中：所述冲击液体连续地再循环。

6.根据权利要求1所述的方法，其中：各所述预先加热的基本直的钢丝的所述直径在从6.5mm至13.5mm的范围内。

7.根据前述任意一项权利要求所述的方法，其中：对各所述预先加热的基本直的钢丝进行从奥氏体至珠光体的控制的冷却转变处理。

8.根据权利要求7所述的方法，其中：将各所述钢丝预先加热成高于奥氏体化温度，并在400℃和650℃之间的预定温度进行冷却。

9.根据权利要求8所述的方法，其中：从奥氏体至珠光体的转变基本在钢丝离开所述长度L之后发生。

10.根据权利要求1-6中任意一项所述的方法，其中：该方法涉及多个预先加热的基本直的钢丝的控制的冷却，且所述多个钢丝的纵向方向基本相互平行。

11.一种用于将一个或多个预先加热的钢丝控制地冷却至预定温度范围的设备，其中：各所述预先加热的钢丝的直径在从5.5mm至20mm的范围内，所述设备包括：

a)冷却剂浴槽，所述冷却剂浴槽用于容纳作为浴槽液的水和稳定聚合物，所述浴槽液能够调节到超过80℃的温度；

b)引导装置，用于沿各通路连续地引导一个或多个预先加热的钢丝通过所述冷却剂浴槽；

c)冲击液体发生器，该冲击液体发生器浸没在所述冷却剂浴槽内，用于沿各通路在钢丝下面朝着各钢丝喷射所述冲击液体。

粗钢丝的强制水冷

技术领域

[0001] 本发明涉及一种用于钢丝的受控冷却的方法和设备。

背景技术

[0002] 钢丝的热处理通常在钢丝制造领域中起到重要作用。在钢丝制造中，第一步骤开始于将线材拉制至合适的中间直径，该中间直径能够从1.0变化至5.0mm或更大。在硬化加工的这个阶段，通过铅淬火处理而将所拉制的钢丝热处理成珠光体，以便能够进一步塑性变形。随后，将铅淬火的钢丝拉制成更小尺寸(第二中间尺寸或最终直径)。铅淬火包括：将碳钢丝加热至奥氏体相，通常高于800℃，然后将钢丝冷却至选定温度，保持该选定温度足够时间，用于完成奥氏体的大致等温分解。该温度通常大约550℃，目的通常是提供细珠光体结构。

[0003] 众所周知，通过由锭或坯块热轧制而制成的钢线材用于以轧制状态应用于实际用途，但是在进行控制冷却之后。为了在热轧制之后立即将高碳钢杆冷却而具有优良的冷加工能力，已经提出将高碳钢杆浸入热水浴槽中，如在GB1276738中所述。在该文献中公开的热处理钢线材(具有在5.5mm和6.5mm之间的范围内的线材直径)的方法包括：将保持在600℃至1100℃温度的线材浸入包含表面活性剂的热水浴槽中。水保持在高于45℃的温度，因此在线材表面上均匀地产生蒸汽膜，并因此控制线材的冷却速度。这种热处理方法的基本点是在线材表面上均匀地产生蒸汽膜，并保持该状态一些时间，直到珠光体的转变完成。当用于对在水平传送器上以螺旋线圈输送的热轧制杆进行直接冷却时，这种方法有多个优点。不过，该方法对于处理具有其它直径的钢丝而言是不合适或不可靠的。

[0004] 对于具有合适中间直径(该中间直径能够从1.5变化至5.0mm)的拉制钢丝的热处理而言，EP0216434公开了将预先加热的钢丝控制地冷却至奥氏体温度的另一合适的可靠的方法：将钢丝连续输送通过包含至少80℃的基本纯水的冷却剂浴槽，并浸没在该浴槽中，以便冷却至珠光体，而并不产生马氏体或贝氏体。通过使得钢丝与无湍流连续流动的基本纯水接触，该钢丝沿它的整个浸没长度进行均匀和稳定的沸腾薄膜冷却。水铅淬火的钢丝的特征是足够均匀的珠光体微结构，具有优良的可拉制记录。

[0005] EP0524689还使用至少80℃的水作为用于钢丝的冷却剂，该钢丝具有小于2.8mm的直径，但并不像在EP0216434中公开的前述方法那样连续通过冷却剂浴槽。奥氏体至珠光体的转变也可以在水浴槽中进行，不过，当只提供一个水浴槽时，对于直径小于2.8mm的钢丝可能引起问题，且对于直径小于大约1.8mm的钢丝而言甚至是不可能的，因为这种钢丝的冷却速率/速度太快，这还导致铅淬火钢丝的金属结构不合适。因此，作为在该EP专利中公开的实例，有两个水浴槽，且在它们之间有空气冷却。通过在一个或多个水冷阶段中在水中沸腾的薄膜以及在一个或多个空气冷却阶段中的空气来交替地进行冷却。水冷阶段紧接在空气冷却阶段之后(反之亦然)，这称为“水-空气-水铅淬火”处理。选择水冷阶段的数目、空气冷却阶段的数目、各水冷阶段的长度和各空气冷却阶段的长度，以避免形成马氏体或贝氏体。

[0006] 如在EP0524689中所述，所有其它技术参数(例如钢组分、冷却剂浴槽组分、温度……)保持相等，钢丝的直径在冷却速度中起到关键作用。直径越小，冷却速度越大，而直径越大，冷却速度越小。

[0007] WO2007/023696介绍了一种直径大于11.0mm的松弛线圈状的轧制线材的直接热处理方法。线圈状的轧制线材通过将它们浸入制冷剂中或使它们暴露于制冷剂流中而进行冷却。

[0008] 直到现在，为了使得拉制的奥氏体化的粗钢丝冷却转变成珠光体，使用前述方法在很多方面很不成功。热处理的结果经常不可靠，且处理后的粗钢丝表现了太高的性质变化，例如不一致的拉制能力和经常不希望的脆性(由于大量的不合适的金属结构)。铅淬火的钢丝的确切的金属结构不仅确定了在随后的钢丝拉制过程中是否存在金属线断裂的情况，而且还在很大程度上确定了钢丝在最终直径时的机械特性。这样，转变条件必须是这样：甚至在钢丝表面上的非常小的点处也避免马氏体或贝氏体。另一方面，铅淬火的钢丝的金属结构必须不能太软，即，它必须没有太粗糙的珠光体结构或太大量的铁氧体，因为这样的金属结构将不会产生钢丝的合适的最终拉伸强度。根据前面的介绍，执行可靠的粗钢丝的转变冷却的基本点是特意基于普通钢丝热处理而加速冷却。

发明内容

[0009] 本发明的主要目的是提供一种可选的控制冷却方法。

[0010] 本发明的另一目的是给出具有合适金属结构的铅淬火的钢丝，即细珠光体结构，而没有任何马氏体或贝氏体的点。

[0011] 本发明的另一目的是提供一种适用于直径大于5.0mm的钢丝从奥氏体转变成珠光体的方法，例如大于8.0mm。

[0012] 根据本发明的第一方面，提供了一种将一个或多个预先加热的基本直的钢丝控制地冷却至预定温度范围的方法，该方法包括以下步骤：

[0013] 沿独立通路(或多个通路)引导所述加热的基本直的钢丝通过冷却剂浴槽，所述冷却剂浴槽包括作为浴槽液的水和稳定聚合物，所述浴槽液有超过80℃的温度，所述浴槽液以及所述多个预先加热的基本直的钢丝沿各独立通路产生环绕各钢丝自身的蒸汽薄膜；

[0014] 在沿独立通路(或多个通路)的一段长度L上将浸入所述冷却剂浴槽内的冲击液体引导向所述蒸汽薄膜，以便减小所述蒸汽薄膜的厚度或者使得所述蒸汽薄膜不稳定，从而在沿独立通路(或多个通路)的所述长度L上提高冷却速度；

[0015] 所述长度L定义为“强制水冷长度”。

[0016] 在本发明中，控制的冷却方法涉及一个或多个基本直线的钢丝。这些钢丝沿各通路通过冷却剂浴槽。换句话说，在冷却剂浴槽中的通路基本是直的。因此，很好地限定了各钢丝的通路。通常，冷却剂浴槽可以有矩形形状，钢丝的通路基本平行于矩形形状的冷却剂浴槽的一侧。这样能够将浸入冷却剂浴槽内部的冲击液体引导向在钢丝上的蒸汽薄膜。例如，冲击液体能够来自钢丝下面，朝向所述钢丝(或所述蒸汽薄膜)并沿着各通路。因此，蒸汽薄膜能够变得不稳定，或者蒸汽薄膜的厚度降低。作为比较，这样的优点不能通过在WO2007/023696A1中提出的方案来实现，在WO2007/023696A1的方案中，松弛的线圈状的热轧制的线材通过制冷剂来冷却。松弛的线圈状的热轧制线材由传送器传送通过制冷剂槽。

沸腾的水或者气体-液体混合物从浸没在制冷剂槽内的喷嘴喷射向制冷剂，同时使得制冷剂槽中的制冷剂流动并缓解冷却剂温度的分散/变化。在WO2007/023696A1中，试图通过在制冷剂槽中产生湍流(通过将气体-液体混合物喷射至制冷剂槽内)来抑制钢丝的冷却不均匀性。在钢丝上的蒸汽薄膜实际上不会不稳定，或者至少在线圈状线材的整个长度上并不会均匀地不稳定，因为热轧制线材是松弛的线圈状形状。对于线圈状热轧制线材，越接近喷嘴，蒸汽薄膜越不稳定。WO2007/023696A1的喷嘴布置成一条线或三条线。线圈状钢线材离喷嘴的距离取决于在线圈上的位置，因此线圈状钢线材的冷却也取决于位置。制冷剂槽中的湍流对于钢丝的蒸汽薄膜的作用不如根据本发明将冲击液体引导向蒸汽薄膜。

[0017] 本发明的另一优点是：控制的冷却方法能够用于多个钢丝线。优选是，该多个钢丝线相互平行。浸入冷却剂浴槽内的冲击液体的模式能够灵活地设计，以用于各钢丝。例如，各钢丝能够有相同的冲击液体模式。或者，冲击液体能够沿钢丝的通路浸没成至少局部在所述多个预先加热的基本直的钢丝中的一些钢丝的下面。在相同的冷却剂浴槽中，希望多个钢丝能够有不同的冲击液体模式，因此有不同的冷却方案。

[0018] 根据本发明的实施例，预先加热的钢丝(或多个钢丝)进行从奥氏体至珠光体的控制的冷却转变处理。所述钢丝预先加热至高于奥氏体化温度，并在从400℃至650℃的预定温度范围中冷却，以便能够从奥氏体转变成珠光体，优选是在580℃的温度。

[0019] 当钢丝加热而高于奥氏体化温度时，冷却阶段包括转变前阶段、转变阶段和转变后阶段。优选地选择在转变前阶段中的处理长度(例如强制水冷长度L和普通水冷长度)，从而在400℃和650℃之间的温度开始从奥氏体向珠光体的转变，这使得铅淬火的钢丝有合适的机械特性。

[0020] 优选是，为了执行该方法，强制水冷长度L小于冷却剂浴槽长度。通常，转变前阶段包括整个强制水冷时期和长度很短的随后的普通水冷时期。在该强制水冷时期，钢丝首先快速冷却，然后经过很短的“柔性的”普通的水冷铅淬火长度，其中，所述快速冷却减慢，以便在合适位置进入转变曲线的“鼻部”-沿着预定冷却曲线(TTT曲线图)。

[0021] 关于转变阶段，从奥氏体至珠光体的完全转变可以在冷却剂浴槽中产生，基本在钢丝离开强制水冷工艺之后。在转变后阶段中的冷却可以在空气中进行。优选是，通过空气或在空气中冷却并不是强制的空气冷却，而是在环境空气中简单的冷却。

[0022] 在执行这种冷却转变方法时，作为普通热处理即WAP(水-空气铅淬火，一个溢流水浴槽，随后是周围空气)的替代方式，钢丝能够从奥氏体化温度冷却，然后转变成珠光体。原理相当简单，但是需要很好地控制。例如，冲击液体的流速必须仔细调节，以便使蒸汽薄膜不稳定或减小蒸汽薄膜的厚度。不使用具有冷却水和冲击液体的分开的系统(类似于很多冷却或铅淬火设备中)，这种新概念使用与用于WAP相同的冷却溶液-冲击液体和冷却剂浴槽中的液体的化学组分相同。这带来两个主要优点：一个是大大降低了设备成本(使用相同的槽和冷却液)；另一个是降低了在钢丝的芯和表面之间的温度梯度(并不直接接触冷水，更薄的蒸汽薄膜冷却)，从而导致更均匀的铅淬火结构。

[0023] 更优选是，冲击液体从冷却剂浴槽自身来获取，并能够连续地再循环，例如通过循环泵，这进一步有助于在整个冷却剂浴槽中产生均匀得多的溶液，这产生了稳定的冷却系统。

[0024] 术语“液体”是指水，添加剂可以添加至所述水中。添加剂可以包括表面活性剂例

如脂肪酸盐、聚乙烯醇以及聚合物淬火剂例如聚丙烯酸酯碱盐或聚丙烯酸酯钠(例如AQUAQUENCH**110®**,例如见K.J.Mason和T.Griffin的The Use of Polymer Quenchants for the Patenting of High-carbon Steel Wire and Rod,Heat Treatment of Metal,1982.3,pp77-83)。添加剂用于增加钢丝周围的蒸汽薄膜的厚度和稳定性。优选是,水温度超过80℃,例如85℃,更优选是高于90℃,例如大约95℃。水温度越高,钢丝周围的蒸汽薄膜的稳定性越高。

[0025] 在经典WAP设备中,钢丝的冷却速度主要取决于它的直径(更少程度地取决于冷却液的温度和聚合物浓度)。通过根据本发明的强制水冷处理,浸入的冲击液体减小了蒸汽薄膜的厚度,提高了冷却速度,且强制水冷长度L能够调节而控制转变温度。

[0026] 在冷却剂浴槽中方便地进行强制水冷,其中,钢丝(或多个钢丝)沿各通路(或多个通路)被连续地引导。水平的线性通路优选地提供用于各钢丝的运行槽道。浴槽通常是溢流类型的,与普通的冷却剂浴槽相同。优选是,通过多个射流来提供冲击液体,这些射流来自浸没在所述冷却剂浴槽内的孔,该孔沿各通路在钢丝自身下面。具有在钢丝下面的射流的一个优点是人们能够很容易地接近和布置钢丝,而并不受到射流的妨碍。

[0027] 来自浸没的孔的多个射流适于线性地导向蒸汽薄膜,例如与钢丝垂直,以便有效冲击蒸汽薄膜-使得所述蒸汽薄膜不稳定,或者减小蒸汽薄膜的厚度,以便进一步提高较粗钢丝的冷却速度。来自孔的冲击液体的流速能够由泵来控制。泵流速直接影响蒸汽薄膜的不稳定性或厚度的减小程度,从而影响冷却速度。通常,泵流速越高,朝向蒸汽薄膜的冲击就越强烈,因此就有更高的冷却速度。当然,不同的泵流速不仅能够导致不同的冷却速度,而且还最终导致不同的转变起始位置。

[0028] 根据本发明,术语“粗钢丝”是指钢丝具有超过5.0mm的直径;优选是,直径在从5.5mm至20mm的范围内,更优选是从6.5mm至13.5mm,例如7.0mm、8.0mm、9.0mm。

[0029] 对于直径为大约5mm和更大的钢丝(例如6mm),在强制水冷时期中的泵流速可以并不非常高,因为对于这种并不非常粗的钢丝而言并不需要非常快的冷却速度。当冷却速度太快时,冷却曲线将经过转变曲线的鼻部,有形成贝氏体或马氏体的危险。

[0030] 在极端情况下,对于非常粗的直径,例如超过13mm,在强制水冷时期中的泵流速需要充分高,以便获得充分的不稳定性或者更薄得多的蒸汽薄膜,从而有快速的冷却速度。

[0031] 根据本发明的第二方面,提供了一种用于根据本发明第一方面将一个或多个预先加热的基本直的钢丝控制地冷却至预定温度范围的设备。

[0032] 该设备优选地包括:

[0033] a)冷却剂浴槽,所述冷却剂浴槽包括作为浴槽液的水和稳定聚合物,所述浴槽液有超过80℃的温度;

[0034] b)引导装置,用于沿各通路(或多个通路)连续地引导预先加热的钢丝(或多个钢丝)穿过所述冷却剂浴槽;

[0035] c)冲击液体,该冲击液体浸没在所述冷却剂浴槽内,用于沿各通路朝着各钢丝喷射。

[0036] 该设备可以包括用于沿各通路(或多个通路)将一个奥氏体化的粗钢丝或多个奥氏体化的粗钢丝连续运送至冷却剂浴槽的装置,钢丝在预定浸没长度上水平地通过该冷却剂浴槽。该预定浸没长度等于强制冷却的长度和非强制冷却或柔性冷却的长度的总和。在

强制冷却的长度内，钢丝与水冷却剂的主要层流接触(该水冷却剂具有超过80℃的恒定温度并处理成足够纯度)，以便获得和保持稳定的沸腾薄膜冷却，而并不引起局部泡核沸腾和淬火马氏体的形成，而冲击液体由多个射流来提供，这些射流来自浸没于所述冷却剂浴槽内部的孔，在特定长度L上被引导向所述蒸汽薄膜，以便在长度L上使得所述蒸汽薄膜不稳定或减小所述蒸汽薄膜的厚度。这能够通过在冷却剂浴槽外部的循环泵来控制。然后，在非强制冷却或柔性冷却的长度内，钢丝在普通水冷铅淬火处理阶段在浸没于相同冷却剂浴槽的过程中冷却至珠光体转变的合适温度范围。

[0037] 这种设备具有投资成本较低和运行成本较低的优点。能够非常容易地使普通WAP设备适用于根据本发明的强制水冷设备。根据本发明的设备不仅用于冷却具有相同直径的多个预先加热的钢丝，而且还冷却具有不同直径的多个预先加热的钢丝，通过对于各钢丝分别单独地调节总浸没长度和/或通过沿各通路分别单独地调节强制水冷长度而实现这一点。

附图说明

[0038] 图1表示了根据本发明的方法的冷却曲线；

[0039] 图2给出了执行根据本发明的冷却方法的示意图；

[0040] 图3给出了沿图2中的平面A-A的剖视图；

[0041] 图4表示了泵流速对转变起始的影响；

[0042] 图5和6给出了有不同分布的孔的两个实施例；

[0043] 图7表示了用于控制所述孔的数量的可运动钢板的工作原理；

[0044] 图8、图9和图10是根据本发明的试样1、试样2和试样3的参考微结构。

具体实施方式

[0045] 下面将对于图1的TTT图来总体介绍直径对冷却速度的影响。图1以所谓的TTT图(温度-时间-转变)表示了冷却曲线1-4。时间在横坐标上表示，温度形成纵坐标。S是表示开始从奥氏体(A)转变至珠光体(P)的曲线，E是表示所述转变结束的曲线。具有大约6.50mm直径的钢丝(该钢丝在溢流水浴槽中通过沸腾薄膜来冷却(普通WAP处理))沿着全虚线的冷却曲线1'。冷却曲线1'的虚线并不到达“鼻部”。花费长得多的时间来开始转变，这将导致太粗糙的珠光体结构。这种结构有不利于所希望的钢丝最终拉伸强度的较高危险。因此，曲线1'的转变前阶段的冷却速度必须加速，以便在合适的位置进入转变曲线的“鼻部”，以便有细珠光体结构。根据本发明的强制水冷的概念的特定目的是具有在转变前阶段的较快的冷却速度。曲线1表示了在强制水冷处理时期中的冷却进度，曲线2表示了在“柔性”普通WAP处理中的下一阶段。曲线3是在转变过程中(也在“柔性”普通WAP处理中)的冷却曲线。在转变后阶段中的进一步冷却将在空气中进行，由冷却曲线4表示。

[0046] 下面参考图2，作为另一实例，具有10mm直径D的钢丝10(S3)从具有大约1000℃温度T的炉12中导出。钢丝速度V大约为10m/min。溢流类型的水浴槽14直接布置在炉12的下游。来自浸没在所述冷却剂浴槽内部的空心板(穿孔板)22的孔20的多个射流16形成冲击液体，该冲击液体的流速由在冷却剂浴槽外部的循环泵18来控制。如图2中所示，所述冲击液体在压力下从孔20冲出，从而喷向所述钢丝10。

[0047] 第一长度l_1是由于强制水冷设备的定位。强制水冷设备可以恰好安装在炉的出口处($l_1=0$),或者离所述出口很小距离。能够根据需要来调节长度l_1。第二长度l_2表示用于强制水冷处理的长度-强制水冷长度。第三长度l_3是在相同水冷浴槽14中的剩余冷却长度。图2表示了该钢丝(S3)运行通过整个冷却设备的方案,图3是根据平面A-A的剖视图。

[0048] 利用磁体来测量磁点(其表示奥氏体向珠光体转变的开始),并在表1中表示(Magtrans-定义为离开所述炉的出口的距离)。也测量了拉伸强度,并在表1中与其它四个试样(S1、S2、S4和S5,S1是通过普通WAP的参考丝,而S2至S5是通过本发明方法(强制水冷处理)的丝)一起示出。

[0049] 表1

[0050]

试样	V×D, m^3/min	D, mm	%C	T, ℃	l_1, m	l_2, m	流量 m^3/h	l_3, m	Rm, N/mm^2	Magtrans, m
S1	100	10	0.6	1000	0.5	0	0	0.6	960	4.30
S2	100	10	0.6	1000	0.5	1.45	8.5	0.1	970	2.20
S3	100	10	0.6	1000	0.5	1.45	8.5	1.7	990	2.50
S4	100	10	0.6	1000	0.5	0.6	6	2.6	990	3.00
S5	100	10	0.6	1000	0.5	0.6	17	2.6	1000	2.30

[0051] 对于本实例,起始产品是普通碳钢线材。这种钢线材有以下钢组分:碳含量0.60%、锰含量0.50%、硅含量0.202%、硫含量0.013%、磷含量0.085%,所有百分数是重量百分数。

[0052] 用于高拉伸钢丝的典型钢线材组分具有大约0.80重量%的最小碳含量,例如0.78-1.02重量%,锰含量在0.30%至1.10%的范围内,硅含量在0.15%至1.30%的范围内,最大硫含量为0.15%,最大磷含量为0.20%,所有百分数是重量百分数。也可以添加另外的微合金元素,例如0.20%至0.40%的铬、高达0.20%的铜、高达0.30%的钒。

[0053] 表1还表示了在设备中的较低和较高泵流速的影响。作用在最后的试样S5上的情况是极端情况,因为在正常情况下流速在6和10m^3/h之间。在最后两个试验(S4、S5)中,在相同的强制冷却长度$l_2=0.6$m和相同的"柔性"水冷长度$l_3=2.6$m的情况下,对于不同的泵流速,利用磁体来分别测量所述转变开始的位置。发现了在从所述炉至转变点的距离和流速之间的清楚的相互关系,如图4中所示。

[0054] 不过,根据本发明,将参数(泵流速)计算为来自全部孔的射流的总和。当孔的尺寸固定时,孔越多,流速越高;当孔的数目固定时,孔越大,流速越高。而且,泵流速越高,强制冷却速度越高。

[0055] 理想的是,不管钢丝的运行通路如何,系统将提供相同的冷却速度。实际上,钢丝可以稍微改变运行通路。在对于一个钢丝只提供一组孔的情况下,改变运行通路可能引起冷却速度的改变,这应当避免。这能够通过提供多种类型的孔分布来避免。例如,可以有随机的孔分布。

[0056] 图5和图6表示了两种孔分布。W_1至W_i表示了在各行孔之间的宽度,所述宽度能够彼

此不同或彼此相同。

[0057] 在图5中，宽度W_1至W_{i-2}可以变化，而在图6中，孔的直径可以变化。

[0058] 优选是，孔的直径优选是在从0.5mm至5.0mm的范围内，例如1.0mm、2.5mm、4.0mm，且沿相同线在两个相邻孔之间的长度优选是大于5.0mm，例如6.8mm、8.2mm、10.6mm。图5中所示的孔52共有相同直径d1＝3mm。在沿各线的两个相邻孔之间的长度l_{01}相同：l_{01}＝15mm；在各行孔之间的宽度(W_1至W_{i-2})彼此不同。作为比较，如图6中所示，有具有不同长度的两种孔62和64，分别为：d1＝3mm和d2＝4mm。在该图中，在沿各线的两个相邻孔之间的长度彼此不同：l_{02}＝5.5mm，l_{03}＝15.0mm，l_{04}＝20.8mm；在各行孔之间的宽度相同：W_{i-1}＝W_i。在各行中的孔的数目也不同，以便获得钢丝的各运行通路的不同的冷却速度。显然，这样的设计用于同时冷却具有不同直径的多个预先加热的钢丝。

[0059] 如图5和6中所示，所述孔可以恰好布置在钢丝(或多个钢丝)下面。对于用于多个预先加热的钢丝的强制水冷设备而言，从各行到行的孔可以不同(如图6中所示)，以便有不同流速，还有助于不同的冷却速度，该冷却速度需要很好地计算和控制。不同流速可以用于处理不同直径的钢丝。另一可行方法是使用钢板来覆盖一些孔，以便减少射流的总数目，从而进一步控制在所需通路中的强制水冷长度，以便满足更慢的流速和进一步降低冷却速度的需求。

[0060] 图7表示了可运动钢板70的工作原理，该可运动钢板70置于空心板(穿孔板)74的孔72上方，因此控制所述孔的数目，从而控制所述射流和强制水冷长度。这样的强制水冷设备相当灵活，它能够在相同的冷却剂浴槽内的不同运行通路中实现具有不同直径的粗钢丝的转变冷却。

[0061] 图8是用于S_1的参考微结构，其通过在WAP中的较短长度(S1的l_3)来冷却。图9和10分别是对应于S2和S3的微照片。试样的观察显示，在参考的S1中存在更多的层状珠光体。在接近表面的区域中，由于通过强制水冷处理而更快速地冷却，因此在试样S2和S3中存在更少的层状珠光体。

[0062] 通过样机来冷却的其它试样的拉伸特性明显高于参考件S1的拉伸特性，并接近具有0.6wt％C的10mm铅淬火线材的预期拉伸强度(目标值1010N/mm^2)。

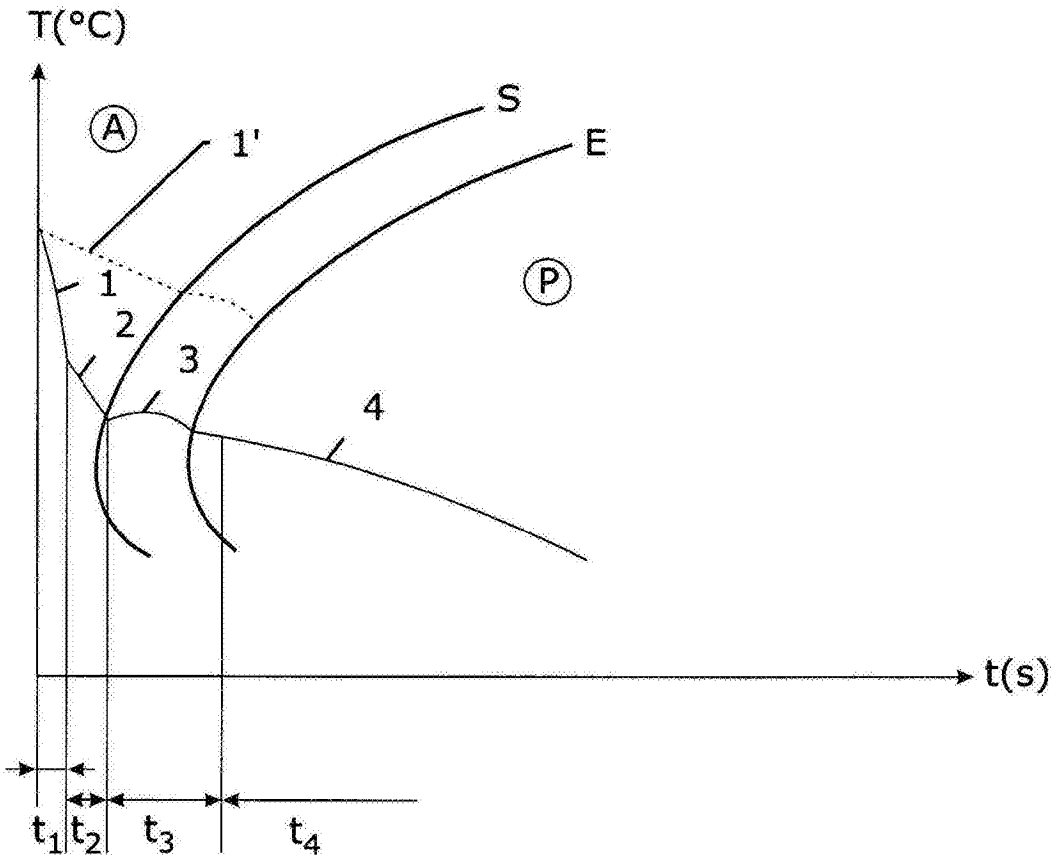


图1

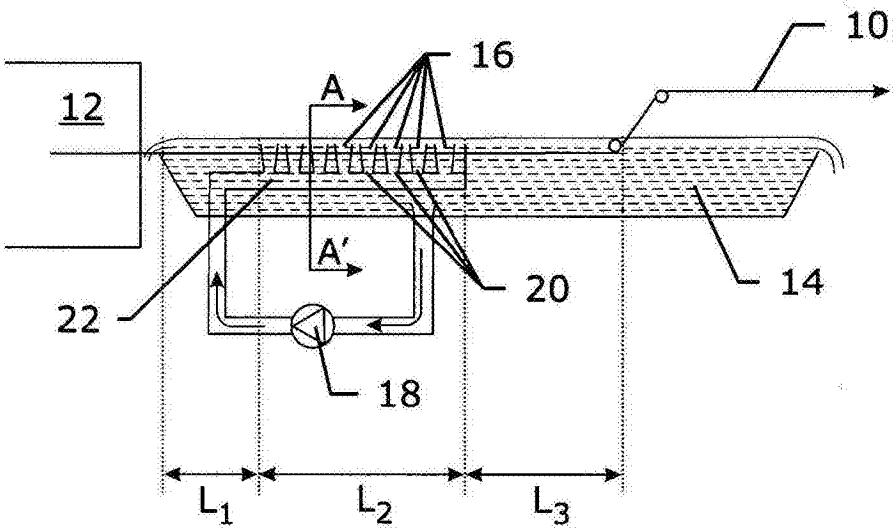


图2

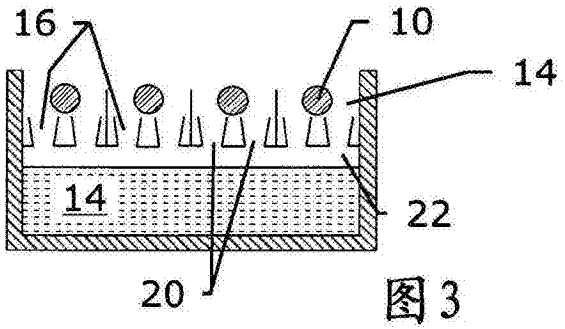

16
10
14
14
22
20

图 3

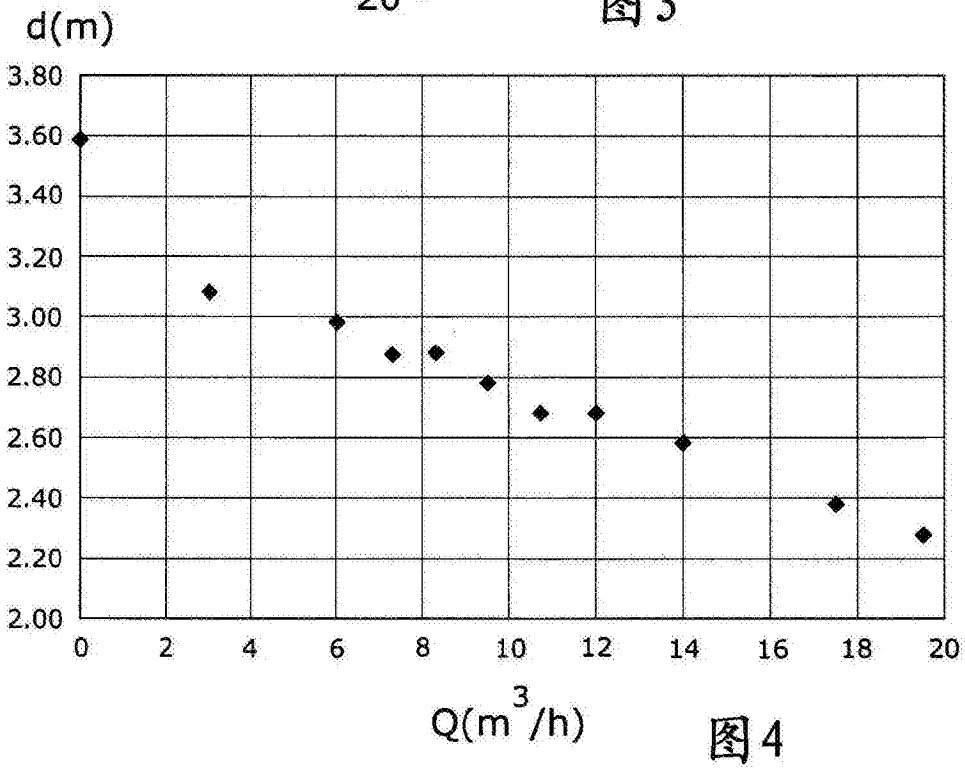

d(m)
3.80
3.60
3.40
3.20
3.00
2.80
2.60
2.40
2.20
2.00
0
2
4
6
8
10
12
14
16
18
20
Q(m3/h)

图 4

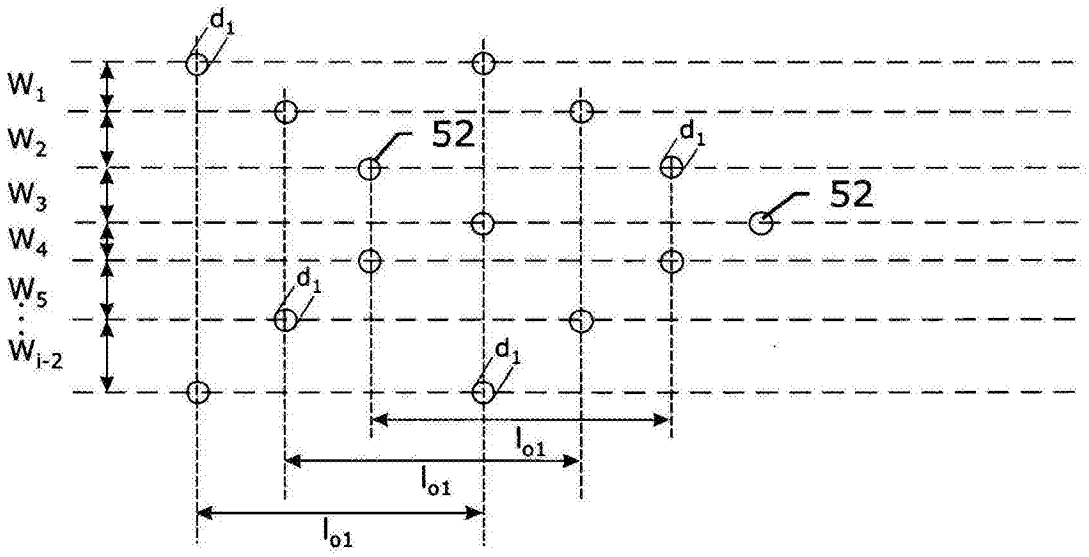

d1
W1
W2
W3
W4
W5
Wi-2
52
52
d1
d1
d1
lo1
lo1
lo1

图5

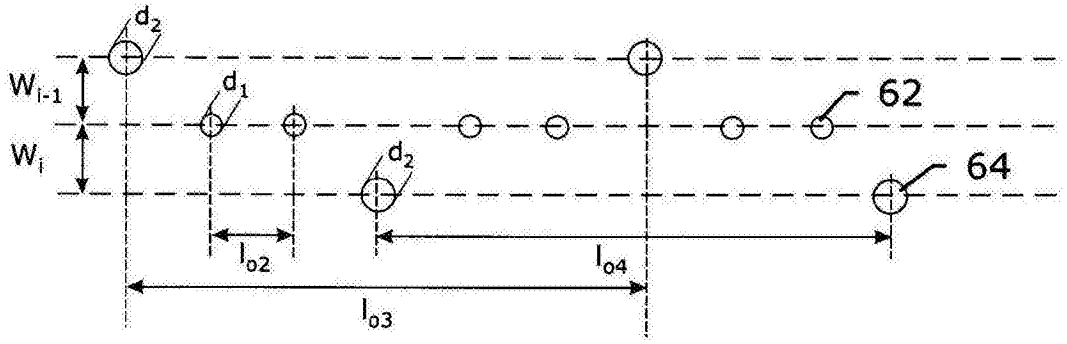


图6

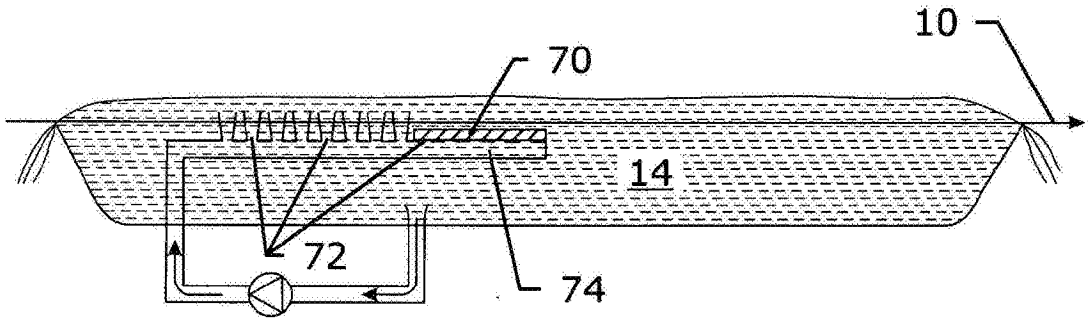


图7

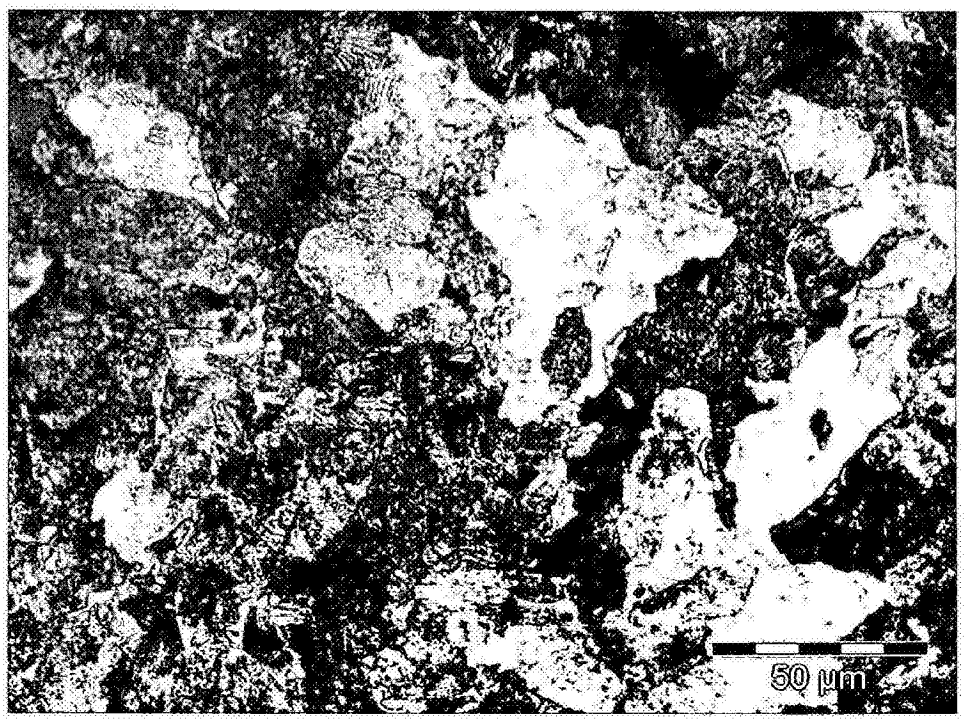


图8

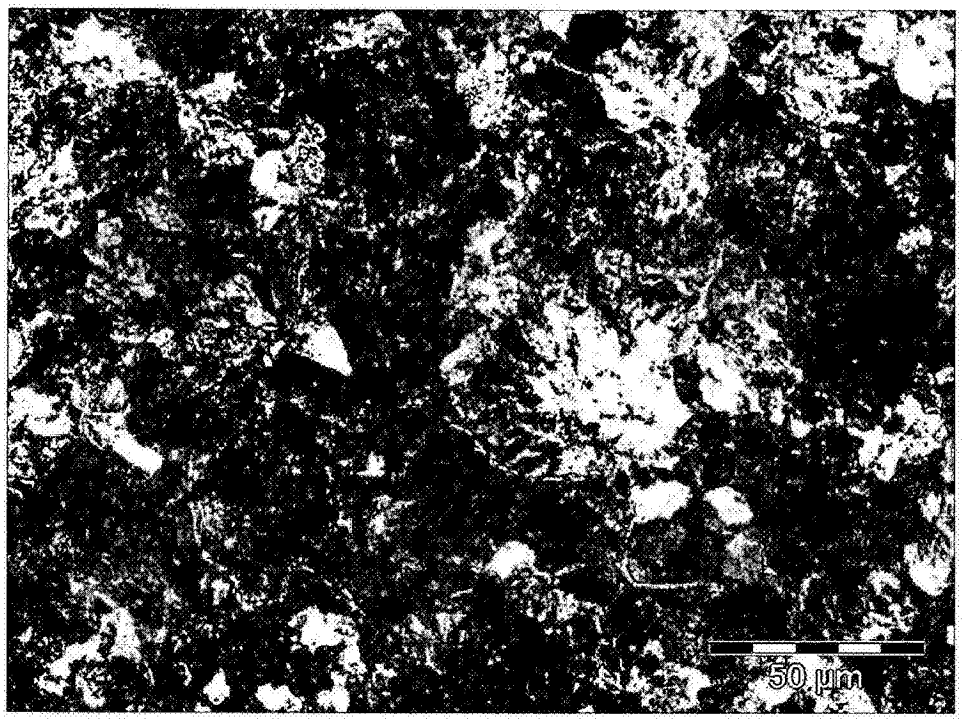


图9

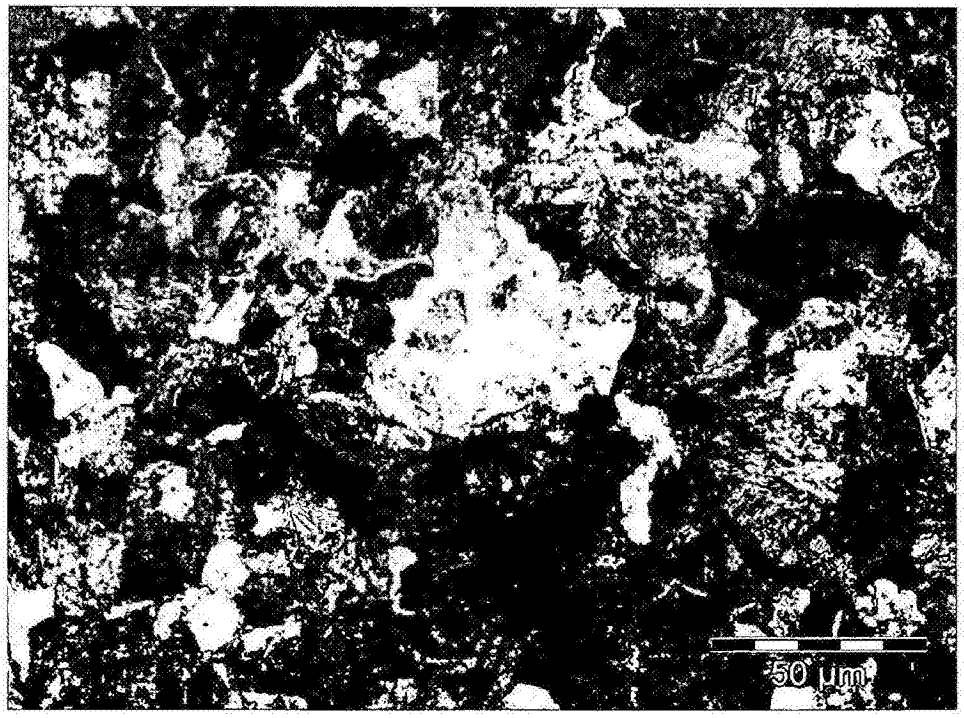


图10