



[12] 发明专利说明书

[21] ZL 专利号 99101603.3

[43] 授权公告日 2003 年 1 月 29 日

[11] 授权公告号 CN 1100151C

[22] 申请日 1999.1.28 [21] 申请号 99101603.3

[30] 优先权

[32] 1998.1.29 [33] JP [31] 16492/1998

[32] 1998.12.24 [33] JP [31] 367639/1998

[32] 1999.1.6 [33] JP [31] 001010/1999

[71] 专利权人 托比工业株式会社

地址 日本东京都

[72] 发明人 吉田功 后藤喜美夫 竹野裕之
中岛正弘

[56] 参考文献

EP0455346A 1991.11.06

EP339152A 1989.11.02

JP2-70022A 1990.03.08

审查员 葛松生

[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

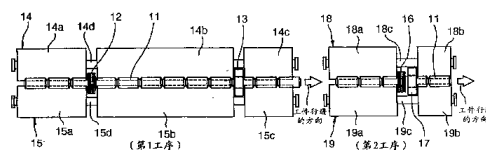
代理人 陈 健

权利要求书 2 页 说明书 12 页 附图 7 页

[54] 发明名称 中空圆筒状工件的热处理方法

[57] 摘要

本发明提供一种能连续处理的中空圆筒状工件的热处理方法。它在第 1 工序一边将工件 11 无间隔地连续横向送进、一边只从工件的外周面侧感应加热工件的整个壁厚；在工件 11 从加热部 12 移动到隔开的冷却部 13 的这段时间里使工件的温度均匀，在工件的温度下降到 Ar₃ 之前开始冷却，沿整个壁厚使工件淬火硬化。在第 2 工序，一边将工件 11 连续地横向送进，一边只从外周面侧只感应加热外周部，在这之后，紧接着只从外周面侧冷却工件 11，使工件的外周部和内周部具有有效硬度以上的硬度，使工件的壁厚芯部具有有效硬度以下的硬度。



1.中空圆筒状工件的热处理方法,该工件具有外周面、内周面、外周部、内周部及芯部,该外周部是上述外周面和与该外周面间隔比壁厚的 $1/4$ 大、比壁厚的 $1/2$ 小的距离的位置之间的部分,上述内周部是上述内周面和与从该周面间隔比壁厚的 $1/2$ 小的距离的位置之间的部分,上述芯部是上述外周部与内周部之间的部分,上述热处理方法具有淬火工序,该淬火工序有第1工序和在第1工序之后进行的第2工序,其特征在于:

上述第1工序是一边把中空圆筒状工件无间隔、连续地横向送进,一边只从工件的外周面侧、将上述工件的整个壁厚感应加热到 Ac_3 点以上、 Ac_3 点+ $200^{\circ}C$ 以下的温度;利用工件从加热部到与此隔开的冷却部的这段时间,使工件的温度沿长度方向、壁厚方向都大致均匀;在工件温度下降到 Ac_3 点之前开始冷却,只从外周面侧冷却工件,使工件的整个壁厚淬火硬化;

上述第2工序是一边把整个壁厚被淬火硬化了的上述工件无间隔地连续横向送进,一边只从上述工件的外周面侧、只将工件的外周部感应加热到 Ac_3 点以上、 Ac_3 点+ $200^{\circ}C$ 以下的温度;

在加热瞬间后,借助只从外周面侧冷却工件,使上述工件的外周部中的某一位置变成有效硬度,比该外周部的有效硬度位置更靠外周面侧的部分的硬度是在有效硬度以上;比外周部的有效硬度位置更靠壁厚芯部侧的部分的硬度是在有效硬度以下,而且,使工件的内周部中的某一位置变成有效硬度,比该内周部有效硬度位置更靠内周面侧的部分的硬度是在有效硬度以上,比该内周部有效硬度位置更靠壁厚芯部侧的部分的硬度是在有效硬度以下。

2.如权利要求1所述的中空圆筒状工件的热处理方法,其特征在于:上述工件由碳钢或碳素低合金钢构成,有上述第2工序之后进行回火的第3工序。

3.如权利要求2所述的中空圆筒状工件的热处理方法,其特征在于:上述回火的加热是炉中加热。

4.如权利要求3所述的中空圆筒状工件的热处理方法,其特征在于:上述炉中加热的加热温度是150 ~ 250 ℃。

5.如权利要求3所述的中空圆筒状工件的热处理方法,其特征在于:上述炉中加热的加热温度是400 ~ 700 ℃。

6.如权利要求2所述的中空圆筒状工件的热处理方法,其特征在于:上述回火的加热是只从工件的外周面侧的感应加热。

7.如权利要求6所述的中空圆筒状工件的热处理方法,其特征在于:上述感应加热的加热温度是150 ~ 250 ℃。

8.如权利要求6所述的中空圆筒状工件的热处理方法,其特征在于:上述感应加热的加热温度是400 ~ 700 ℃。

9.如权利要求1所述的中空圆筒状工件的热处理方法,其特征在于:上述工件由低碳钢或低碳低合金钢构成,省略了上述第2工序后的回火的第3工序。

10.如权利要求9所述的中空圆筒状工件的热处理方法,其特征在于:上述低碳低合金钢是含碳量为0.05~0.30 %的低碳系硼钢。

中空圆筒状工件的热处理方法

本发明涉及中空圆筒状工件的热处理方法。这里所说的中空圆筒状工件包括一种作为建筑车辆的履带用构件之一的套筒。但是并不局限于套筒。

对履带用套筒等中空圆筒状工件，要求其内、外周面及其附近有用来确保耐摩耗性的硬度，要求其壁厚芯部有用来防止裂缝的韧性。

用来同时满足这2项质量要求的中空圆筒状工件的热处理方法，以前曾提出过以下几种方案。

(1) 日本专利公报特开昭59-77979号公开的方法

如图6所示，这方法由2个工序构成，第1工序是从工件111的外周面到局部的内周有效硬化层地进行高频淬火，第2工序是在第1工序之后对内周部进行高频率火，同时对壁厚芯部进行回火。

图6中，112是夹具、113是加热线卷、114是冷却水套、115是加热线卷、116和117是冷却水套。第1工序中工件的送进是沿纵向（垂直方向）的，淬火是从外周面侧进行加热，从外周面侧进行冷却。第2工序中的工件送进是沿纵向（垂直方向）的，淬火是从内周面侧进行加热、从外周面侧和内周面侧同时进行冷却。

各个工序后的工件的硬度分布如图7所示。

(2) 日本专利公报特愿平7-299997号公开的方法

如图8所示，这方法由2个工序构成；第1工序是对从工件120的外周面到内周面的整个壁厚进行高频淬火；第2工序是在第1工序之后对内周部进行高频淬火，同时对壁厚芯部进行退火。

图8中，121是加热线卷、122是冷却水套、123和124是回转滚筒、125是加热线卷、126是冷却水套。第1工序中的工件送进是沿横向（水平方向）、淬火是从外周面侧的加热、加热线卷121和冷却水套122间空开一定间隔，使工件温度均匀后从外周面侧进行冷却的。在第2

工序中、工件的送进沿纵向（包含相对于垂直方向倾斜的方向）的，淬火是从内周面侧的加热、从外周面侧的冷却。

各个工序之后的工件的硬度分布如图9所示。

（3）日本专利公报特开平1-75629号公开的方法

这方法也有2个工序构成，第1工序是对工件的外周面到内周面的整个壁厚进行高频淬火；第2工序是在第1工序之后、一边冷却内周部、一边从外周面侧进行高频淬火、同时对芯部进行回火。

在第2工序中，为了对内周部进行冷却，将冷却水套插入到工件的内周面侧里。

无论上述哪一种以前的方法中都不能将第1工序和第2工序、用一条贯通的生产线对工件进行连续热处理。

更详细地说，在（1）所述的方法中，由于第1工序和第2工序里工件的送进都是沿纵向（垂直方向），因而就形成工件一个一个地间歇处理，不能进行连续处理。

在（2）所述的方法中，虽然在第1工序中工件送进的方向是横向（水平方向）、能连续处理，但由于第2工序中工件的送进是纵向（垂直方向），因而就形成了工件一个一个地被间歇处理。

在（3）所述的方法中，由于在第2工序中把冷却水套插入到工件的内周面侧里，因而只能以工件一个一个的间歇处理的方式进行热处理。

因此上述以前的方法有以下问题。

（a）由于由间歇处理工序的循环周期决定了整个循环周期，因而再也不能进一步提高生产性。

（b）由于必需设置将加热线卷或冷却水套插入到工件的内周面侧里用的操纵装置，因而原始成本高。

（c）由于在间歇处理中，在中空圆筒状工件的全长两端部和全长中央部会产生温度差，因而热处理后的工件尺寸偏差大。

本发明是为了解决上述现有技术存在的问题而作出的，其目的是提供一种中空圆筒状工件的热处理方法，它是能用一条连续的生产线连续地进行热处理的。

(1.) 中空圆筒状工件的热处理方法, 该工件具有外周面、内周面、外周部、内周部及芯部, 该外周部是上述外周面和与该外周面间隔比壁厚 $1/4$ 大、比壁厚的 $1/2$ 小的距离的位置之间的部分, 上述内周部是上述内周面和与该内周面间隔比壁厚的 $1/2$ 小的距离的位置之间的部分, 上述芯部是上述外周部与上述内周部之间的部分, 上述热处理方法具有淬火工序, 该淬火工序有第 1 工序和在第 1 工序之后进行的第 2 工序, 其特征在于:

上述第 1 工序是一边把中空圆筒状工件无间隔、连续地横向送进、一边只从上述工件的外周面侧、将上述工件的整个壁厚感应加热到 Ac_3 点以上而且在 Ac_3 点 + $200^\circ C$ 以下的温度; 利用工件从加热部到隔开的冷却部的这段时间, 使工件的温度沿长度方向、壁厚方向都大致均匀; 在工件温度下降到 Ac_3 点之前开始冷却, 只从外周面侧冷却工件, 使工件的整个壁厚淬火硬化:

上述第 2 工序是一边把整个壁厚被淬火硬化了的上述工件无间隔地连续横向送进、一边只从上述工件的外周面侧、只将工件的外周部感应加热到 Ac_3 点以上、 Ac_3 点 + $200^\circ C$ 以下的温度:

在加热之后紧接着通过只从外周面侧冷却工件, 使上述工件外周部中的某一位置变成有效硬度, 比这外周部有效硬度位置更靠外周面侧的部分的硬度是在有效硬度以上; 比外周部有效硬度位置更靠壁厚芯部侧的部分的硬度是在有效硬度以下, 而且、使工件内周部中的某一位置变成有效硬度, 比这内周部有效硬度位置更靠内周面侧的部分的硬度是在有效硬度以上, 比内周部有效硬度位置更靠壁厚芯部侧的部分硬度是在有效硬度以下。

(2.) 如 (1) 所述的中空圆筒状工件的热处理方法, 上述工件由碳钢或碳素低合金钢构成, 有上述第 2 工序之后进行回火的第 3 工序。

(3.) 如 (2) 所述的中空圆筒状工件的热处理方法, 上述回火的加热是炉中加热。

(4.) 如 (3) 所述的中空圆筒状工件的热处理方法, 上述炉中加热的加热温度是 $150 \sim 250^\circ C$,

(5.) 如 (3) 所述的中空圆筒状工件的热处理方法, 上述炉中加热的加热是 $400 \sim 700^\circ C$ 。

(6.) 如(2)所述的中空圆筒状工件的热处理方法, 上述回火的加热是只从工件的外周面侧的感应加热。

(7.) 如(6)所述的中空圆筒状工件的热处理方法, 上述感应加热的加热温度是 $150 \sim 250^{\circ}\text{C}$ 。

(8.) 如(6)所述的中空圆筒状工件的热处理方法, 上述感应加热的加热温度是 $400 \sim 700^{\circ}\text{C}$ 。

(9.) 如(1)所述的中空圆筒状工件的热处理方法, 上述工件由低碳钢或低碳低合金钢构成, 省略了上述第2工序后的回火的第3工序。

(10.) 如(9)所述的中空圆筒状工件的热处理方法, 上述低碳低合金钢是含碳量为 $0.05 \sim 0.30\%$ 的低碳系硼钢。

使用上述(1)所述的方法, 由于其第1工序中是与日本专利公报特愿平7-299997号公开的方法的第1工序同样地将工件横向地(水平方向)送进, 因而能连续热处理。又因为在第2工序中也不必把加热线卷和冷却水套插入到工件的内周面侧里、而且是将工件沿横向(水平方向)送进, 所以能连续热处理。

使用上述(2)的方法, 由于将工件回火, 因而使工件表面的硬度降低, 但使整个工件的韧性提高了, 能较好地提供使用。

使用上述(3)的方法, 由于把回火的加热定为炉中加热, 因而能将工件的整个壁厚加热成均一的温度。

使用上述(4)的方法, 由于把回火定为 $150 \sim 250^{\circ}\text{C}$ 的低温回火, 因而几乎不会降低由淬火得到的硬度, 能确保必要的耐摩耗性。

使用上述(5)的方法, 由于把回火定为 $400 \sim 700^{\circ}\text{C}$ 的高温回火, 因为能确保工件具有优良的韧性。

使用上述(6)的方法, 由于把回火的加热定为只从工件的外周面侧的感应加热, 因而能使加热时间(处理时间)缩短, 使设备小型化。

使用上述(7)的方法, 由于把回火定为 $150 \sim 250^{\circ}\text{C}$ 的低温回火, 因而几乎不会降低由淬火得到的硬度, 能确保必要的耐摩耗性。

使用上述(8)的方法, 由于把回火定为 $400 \sim 700^{\circ}\text{C}$ 的高温回火, 因而能确保优良的韧性。

使用上述(9)的方法, 由于把坯料定为低碳钢或低碳低合金钢,

省略了淬火后的回火，因而能缩短整个处理时间。

由于使用低碳低合金钢，即使淬火后进行低温回火，金相组织也不变化，仍然能保持低碳马氏体组织，因而能省略回火。

使用上述（10）的方法，由于把坯料定为低碳系的硼钢，因而有上述（9）的作用之外，还能确保必要的韧性。

图1是实施本发明实施例的包含中空圆筒状工件的热处理方法的第1工序、第2工序的淬火的装置俯视图。

图2是实施本发明实施例的中空圆筒状工件热处理方法的第1工序的装置正视图。

图3是实施本发明实施例的中空圆筒状工件热处理方法的第2工序的装置正视图。

图4是本发明实施例的中空圆筒状工件热处理方法第2工序的冷却部分的断面图。

图5是表示在本发明实施例的方法的各个工序之后的工件硬度分布图。

图6是实施日本专利公报特开昭59-77979号所述热处理方法的第1工序、第2工序的装置剖视图。

图7是表示在日本专利公报特开昭59-77979号公报所述热处理方法的各个工序之后的工件硬度分布图。

图8是实施日本专利公报特愿平7-299997号所述热处理方法的第1工序、第2工序的装置俯视图。

图9是表示在特愿平7-299997号公报所述热处理方法的各个工序之后的工件硬度分布图。

下面参照着图1~图5来说明本发明实施例的中空圆筒状工件的热处理方法。

在此，把铲土机等建筑车辆的履带用的套筒作为中空圆筒状工件的例子。但是中空圆筒状工件并不局限于该构件，也可以是其它的中空圆筒。在铲土机的履带用的套筒情况下，为了防止表面摩擦损耗，内外圆周表面的硬度必须是HRC52以上；为了确保韧性，必须把壁厚芯部的硬度处理成HRC40以下，以确保冲击强度。为了通过热处理而得到上述的

表面硬度，用碳钢或碳素低合金钢制造中空圆筒状工件。

碳钢可取低碳钢、中碳钢或高碳钢中的任意一种。低碳钢是指碳含量是不满 0.30 重量% 的碳钢，中碳钢是指碳含量是 0.30 重量% 以上、0.5 重量% 以下的碳钢，高碳钢是指碳含量超过 0.50 重量% 的碳钢。碳素低合金钢是指在碳钢里分别添加进少量必要的合金元素的。而低碳低合金钢、中碳低合金钢、高碳低合金钢则是指在低碳钢、中碳钢、高碳钢里分别添加必要的合金元素的。在中碳钢、中碳低合金钢、高碳钢或高碳低合金钢的场合下，在具有第 1 工序和第 2 工序的淬火之后进行回火，但在低碳钢或低碳低合金钢场合下，可以进行具有第 1 工序和第 2 工序的淬火后的回火，也可将其省略。

作为试验例，中空圆筒状工件由中碳低合金钢(中碳硼钢)制成(但，并不局限于中碳低合金钢)。它的具体尺寸如：外径为 58.7mm、内径为 37.3mm、长度为 144.8mm。用作试验材料的中碳低合金钢的化学成分以重量% 计为，C：0.39 ~ 0.41；Si：0.15 ~ 0.35；Mn：1.00 ~ 1.20；P:0.025 以下；S：0.025 以下；Ni：0.20 以下；Cr：0.10 ~ 0.20；Cu：0.30 以下；Al:0.015 ~ 0.070；Ti：0.015 ~ 0.040；B：0.0005 ~ 0.0030。

本发明实施例的热处理方法有淬火工序，该淬火工序是由第 1 工序和在第 1 工序之后实行的第 2 工序构成的。

在第 1 工序中，如图 1 的第 1 工序和图 2 所示地对中空圆筒状工件 11 的外周进行淬火。

首先一边使中空圆筒状工件 11（下面简称为工件）绕工件轴心回转，一边将工件彼此无间隔、连续地横向送进（沿水平方向送进），一边用加热部（加热线卷 12）从工件的外周面将工件的整个壁厚感应加热到 A_{c3} 点以上而且在 A_{c3} 点 + 200℃（最好是 A_{c3} 点 + 50℃）以下的温度。在此感应电源的频率必须以中空圆筒状工件 11 的壁厚整体加热为前述温度为准地进行选定。这时，在频率 f （KHz）与加热深度 d 之间具有 $d = (250/f)^{1/2}$ 的关系。相变点 A_{c3} 由工件的化学成分决定，由下式表示。

$$A_{c3} (^\circ\text{C}) = 908 - 224 \times C(\%) + 30 \times Si(\%) - 34 \times Mn(\%) + 439$$

$\times P(\%) - 23 \times Ni(\%)$

其中, C: 碳 Mn: 锰 Ni: 镍 Si: 硅 P: 磷

在上面说明中, 无间隔地连续送进是为了如以前方法那样, 通过去掉夹具, 防止输入的热量被夹具夺走; 没必要像以前那样暂时停止加热工件长度方向的端部。通过这样地连续加热能对各个工件、包括端部在内、沿长度方向进行均匀地加热, 能尽量减少工件长度方向的温差。而一旦把横向(水平方向)的送进做成纵向(垂直方向)的连续送进, 则装置的高度会过分增大, 不便于作业, 会发生与设置装置的房屋顶面相干涉的问题。工件的送进是通过将工件 11 承载在一对旋转的滚筒 14、15 上, 借助使滚筒 14、15 旋转而使工件 11 旋转, 使一对滚筒 14、15 中的方相对于工件行进方向稍许向下倾斜而进行的。滚筒 14 沿长度方向分割成多个部分 14a、14b、14c, 由轴 14d 成一体回转地被连接着。滚筒 15 也沿长度方向被分割成多个部分 15a、15b、15c, 通过轴 15d 成一体回转地被连接着。加热到 Ac_3 点以上的温度是为了淬火、使工件的金相组织变成为奥氏体组织; 把加热温度的上限取成 Ac_3 点 + $200^\circ C$ (最好是 Ac_3 点 + $50^\circ C$) 是为了把由淬火而生成的马氏体组织的结晶颗粒保持为较细微状态, 并由此确保整个套筒的韧性, 譬如是为了即使在使用过程中表面发生裂缝也能抑制这裂缝发展。如果把工件加热到超过 Ac_3 点 + $200^\circ C$ 的温度, 则结晶颗粒就变得粗大, 使用中一旦表面发生裂缝, 就容易进一步发展, 甚至于使整个套筒破裂。

接着, 利用工件 11 从加热部(加热线卷 12)传递到间隔约 0.6m 的冷却部(冷却水套 13)这段时间(例如 30 ~ 50 秒)中的散热和热传导, 使工件 11 的温度在长度方向和壁厚方向都均匀。随着时间的经过, 工件的温度因工件 11 散热而渐渐下降。

接着, 在工件的温度下降到 Ar_3 之前, 用冷却部(由冷却水套 13 输出的冷却液)开始冷却工件 11, 仅从外周面冷却工件 11, 使整个工件的壁厚淬火硬化。由于这时是使整个壁厚从 Ar_3 点以上开始速冷, 因而使工件沿整个壁厚都淬火硬化。

由此, 如图 5 的外周淬火后的硬度分布所示的那样, 工件 11 的整个壁厚成为 HRC56 的硬度, 金相组织变成为马氏体组织。

接着用第 2 工序对工件 11 的外周部进行再次淬火。

把经过只从外周面加热、冷却后恢复到常温的工件 11、如图 1 的第 2 工序和图 3、图 4 所示地一边使工件 11 绕其轴心回转，同时将它们彼此间无间隔地连续地横向送进（沿水平方向送进）、一边只将外周部感应加热到 A_{c3} 点以上、 A_{c3} 点 +200℃（最好是 A_{c3} 点 +50℃）以下的温度。在第 1 工序中将中空圆筒状工件 11 的整个壁厚加热到 A_{c3} 点以上、 A_{c3} 点 +200℃（最好为 A_{c3} 点 +50℃）以下的温度。在第 2 工序只感应加热中空圆筒状工件 11 的外周部（外周面与从外周面开始间隔到大于工件壁厚 1/4、小于 1/2 的距离的位置之间的部分）。通过选择感应电源的频率就能设定感应加热的深度。这时频率 f (KHz) 和加热深度 d (mm) 之间的关系是 $d=(250/f)^{1/2}$ 。

在第 2 工序中，工件 11 的回转和横向（水平方向）的送进是通过把工件 11 承载在回转着的一对辊 18、19（使一方的辊朝工件的送进方向稍微倾斜）而进行的。辊 18 沿长度方向被分割成多个部分 18a、18b，并由轴 18c 成一体回转地连接着。辊 19 也沿长度方向被分割成多个部分 19a、19b、并由轴 19c 成一体回转地连接着。把加热温度的上限取为 A_{c3} + 200℃（最好是 A_{c3} 点 + 50℃）是为了把由再次淬火生成的工件外周部的马氏体组织的结晶颗粒保持成较细微状态，由此防止在使用中发生的裂缝（即使发生裂缝也能使其难以发展）。

这样，从中空圆筒状工件的外周面侧加热后的瞬间（加热结束后不超过 3 秒钟、最好在 2 秒钟以内，更好在 1 秒钟以内的时间）里，在工件 11 的温度变成外周部是 A_{c3} 点以上、壁厚芯部是 400~700℃（高温回火）、内周部不满低温回火温度（向外周部输入的热量传导到内周部，并在内周部达到低温回火温度之前）这段时间，借助由冷却水套 17 喷射的冷却液、只以外周面侧冷却工件 11。由上述只从外周面侧进行的冷却使工件外周部、即外周面与从外周面起间隔大于工件壁厚的 1/4、小于工件壁厚的 1/2 的间距的位置之间的部分中的某一位置变成为有效硬度，比这外周部有效硬度位置更靠外周面侧部分的硬度是有效硬度以上的硬度，而比这外周部有效硬度位置更靠壁厚芯部侧部分则是有效硬度以下的硬度。而且使工件内周部、即内周面和从工件内周面起间隔小于壁厚的 1/2 的小间距的位置之间的部分中的某一位置变成有效硬度，比这内周

部有效硬度位置更靠内周面侧部分的硬度是有效硬度以上的硬度，而比这内周部分有效硬度位置更靠壁厚芯部侧部分则是有效硬度以下的硬度。即、工件的壁厚芯部（工件的外周部和内周部之间的部分）被高温回火。这里，所谓有效硬度是指工件 11 的整个金相组织的 80% 成为马氏体组织的状态下的工件的硬度，由工件含碳量决定。在本实施例的场合下，工件 11 的含碳量是 0.40%，这时的有效硬度是 HRC47。工件 11 内周部的硬度从内周面向工件壁厚芯部逐渐下降。由于未对工件的内周部进行加热和冷却，因而不必把加热线卷或冷却水套插入到工件的内周面侧，从而就不需要用来进行该操作的操纵装置。

图 5 表示着外周部经过再次淬火后的硬度分布，借助外周部的再次淬火，外周部的硬度变成 HRC56 程度。而且在外周部的再次进行淬火过程中，加热时成为 400~700℃ 的壁厚芯部被高温回火，如图 5 所示的外周部再次淬火后硬度分布那样，变成硬度是 HRC30~40 程度的索氏体组织，确保了必要的韧性（抵抗裂缝的特性变强）。

在外周部的再次淬火中，由于是用仅来自外周面侧的冷却来冷却内周部，因而与内周部的冷却是直接从内周面侧对内周部进行冷却的场合相比，变缓和，从而能减少由冷却引起的变形（主要是工件长度方向的变形），外径尺寸的偏差比以前的热处理方法的小。

在中空圆筒状工件 11 的材料是中碳钢或者中碳低合金钢或者高碳钢或高碳低合金钢的场合下，用具有第 1 工序和第 2 工序的淬火将工件 11 的外周部和内周部被淬火硬化、壁厚芯部被淬火、高温回火的工件 11 进行回火。中空圆筒状工件的材料是低碳钢或者低碳低合金钢时，可进行上述的淬火后的回火，也可将其省略。

回火中的加热可采用炉中加热或者只从工件的外周面侧感应加热。用炉中加热方式容易实现工件的整个壁厚加热均匀，用感应加热时能缩短加热时间（处理时间），能使设备小型化。

采用炉中加热的回火，可用 150~250℃ 的低温回火或 400~700℃ 的高温回火中的任意一种，可由根据对中空圆筒状工件所要求的质量进行选择。采用低温回火时可以几乎不会降低由淬火得到的硬度地确保

必要的耐摩耗性。采用高温回火时，能确保优良的韧性。

采用感应加热的回火可用 150 ~ 250 ℃ 的低温回火或 400 ~ 700 ℃ 的高温回火中的任意一种，可根据对中空圆筒状工件所要求的质量进行选择。采用低温回火时，可几乎不会降低由淬火得到的硬度地确保必要的耐摩耗性。采用高温回火时，能确保优良的韧性。

在中空圆筒状工件 11 的材料是低碳钢或低碳低合金钢的场合下，可把设有第 1 工序和第 2 工序的淬火后的回火省略，其理由是低碳钢或低碳低合金钢，即使在淬火后进行低温回火，也不会使其金相组织发生变化，仍然是低碳马氏体组织，因而能将回火省略掉。

在试验中，由于使用了中碳低合金钢构成的工件 11，因而外周部和内周部被淬火硬化、壁厚芯部被淬火、高温回火了的工件 11 被回火了。回火为约 200 ℃ 以下的低温回火。对其进行炉中加热的分批处理（约 2.5Hr）。由于为低温回火，因而几乎不会改变由第 1、第 2 工序生成的外周部和内周部的马氏体组织，能保持由第 1 工序和第 2 工序得到的外周部和内周部的硬度（参照图 5 所示的外周淬火、外周再次淬火、回火之后的硬度分布）。外周淬火、外周再次淬火、回火之后的内周面和外周面的硬度水平达到 HRC52 以上程度。

而且进行了压坏试验，对现有技术的制品（用日本专利公报特开昭 59 - 77979 号所述的方法进行热处理的）和用上述方法进行热处理的本发明制品的强度进行了比较。分别准备 5 个现有技术的制品试验件和本发明制品试验件。抗压载荷如表 1 所示。由图可见、这两种制品的平均值相同，具有同等的抗压强度。因此用本发明的方法，能把强度保持成与原有技术的相同情况下提高生产性。

表 1

单位：KN

试验件 No.	现有技术的制品	本发明的制品
1	274	275
2	275	276
3	272	278
4	275	275

5	279	271
平均	275	275

虽然在上面说明中把履带用的套筒作为中空圆筒状工件，但中空圆筒状工件并不局限于履带用的套筒，也可以是一般的中空圆筒，本发明包括这些圆筒在内。

若采用权利要求1所述的方法，由于在第1工序、与日本专利公报特愿平7-299997号公开的方法的第1工序相同地将工件沿横向（水平方向）送进，因而能进行连续的热处理；又由于在第2工序进行从外周面侧的加热、从外周面侧的冷却，因而没必要将加热线卷和冷却水套插入到工件的内周面侧里；由于将工件横向（水平方向）送进，因而能进行连续热处理。结果，在第1工序、第2工序能用1个连贯的生产线进行连续热处理，能提高生产性。又因为工件彼此间无间隔地连续送进，所以与现有技术的用夹具支撑工件的淬火方法相比，输入的热量不会流失到夹具上，能沿长度方向将工件均匀地加热，能将现有技术产生的沿工件长度方向的变形大幅度地减少，能提高工件的尺寸精度。由于用本发明形成的制品，与用现有技术的方法形成的相比、外周部有效硬化层较深，因而与用以前方法形成的制品相比，能提高耐摩耗性。

若采用权利要求2的方法，由于对工件进行回火，因而使工件的表面硬度降低，但能提高整个工件的韧性地提供使用。

若采用权利要求3的方法，由于把回火的加热定为炉中加热，因而能把工件的整个壁厚加热成均匀的温度。

若采用权利要求4的方法，由于把回火定成150～250℃的低温回火，因而能几乎不会降低由淬火得到的硬度地确保必要的耐摩耗性。

若采用权利要求5的方法，由于把回火定成400～700℃的高温回火，因而能确保优良的韧性。

若采用权利要求6的方法，由于把回火的加热定为只从工件外周面侧的感应加热，因而能缩短加热时间（处理时间），能使设备小型化。

若采用权利要求7的方法，由于把回火定成150～250℃的低温回火，因而能几乎不会降低由淬火得到的硬度地确保必要的耐摩耗性。

若采用权利要求8的方法，由于把回火定成400～700℃的高温回

火，因而能确保优良的韧性。

若采用权利要求 9 的方法，由于把坯料定为低碳钢或者低碳低合金钢，能把淬火后的回火省略，因而能缩短整体的处理时间。

若采用权利要求 10 的方法，能在权利要求 9 的效果基础上，确保必要的韧性。

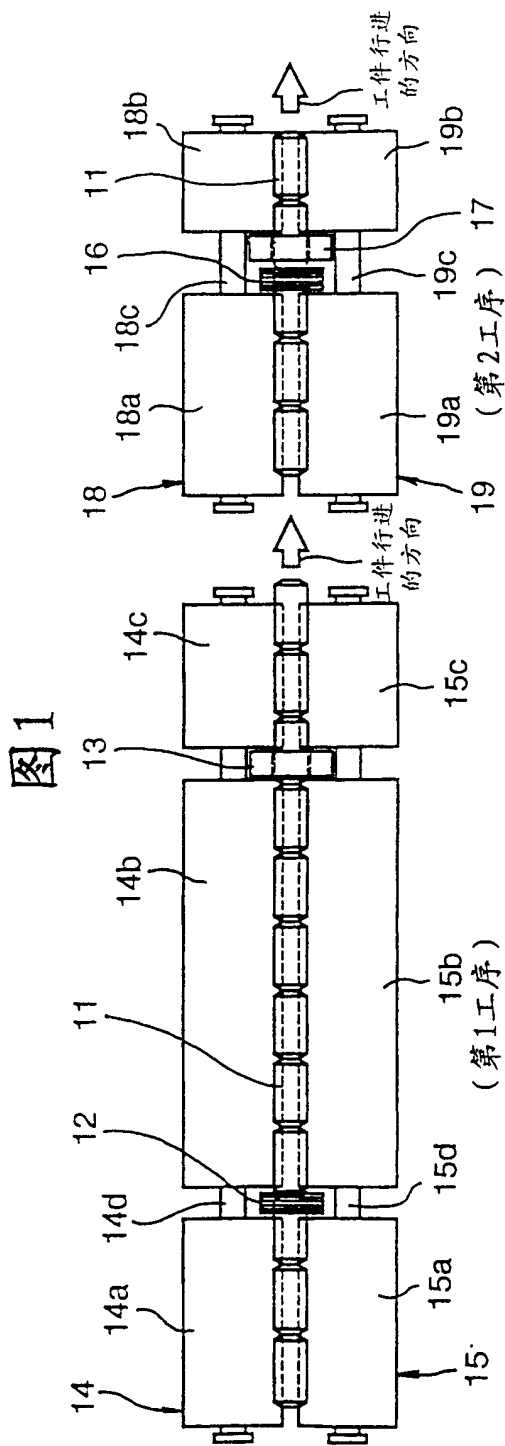


图 2

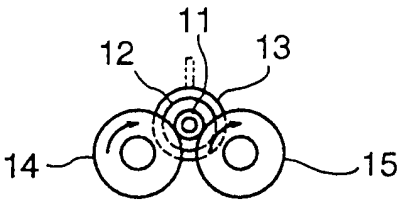


图 3

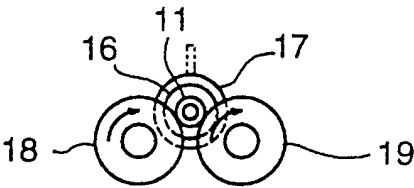


图 4

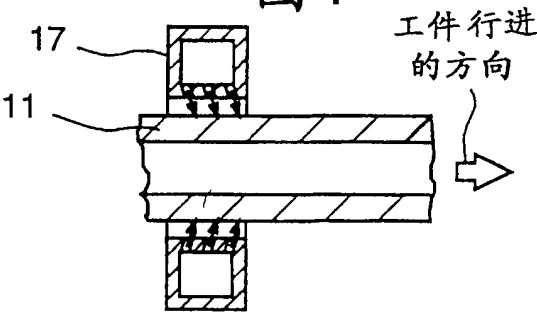


图5

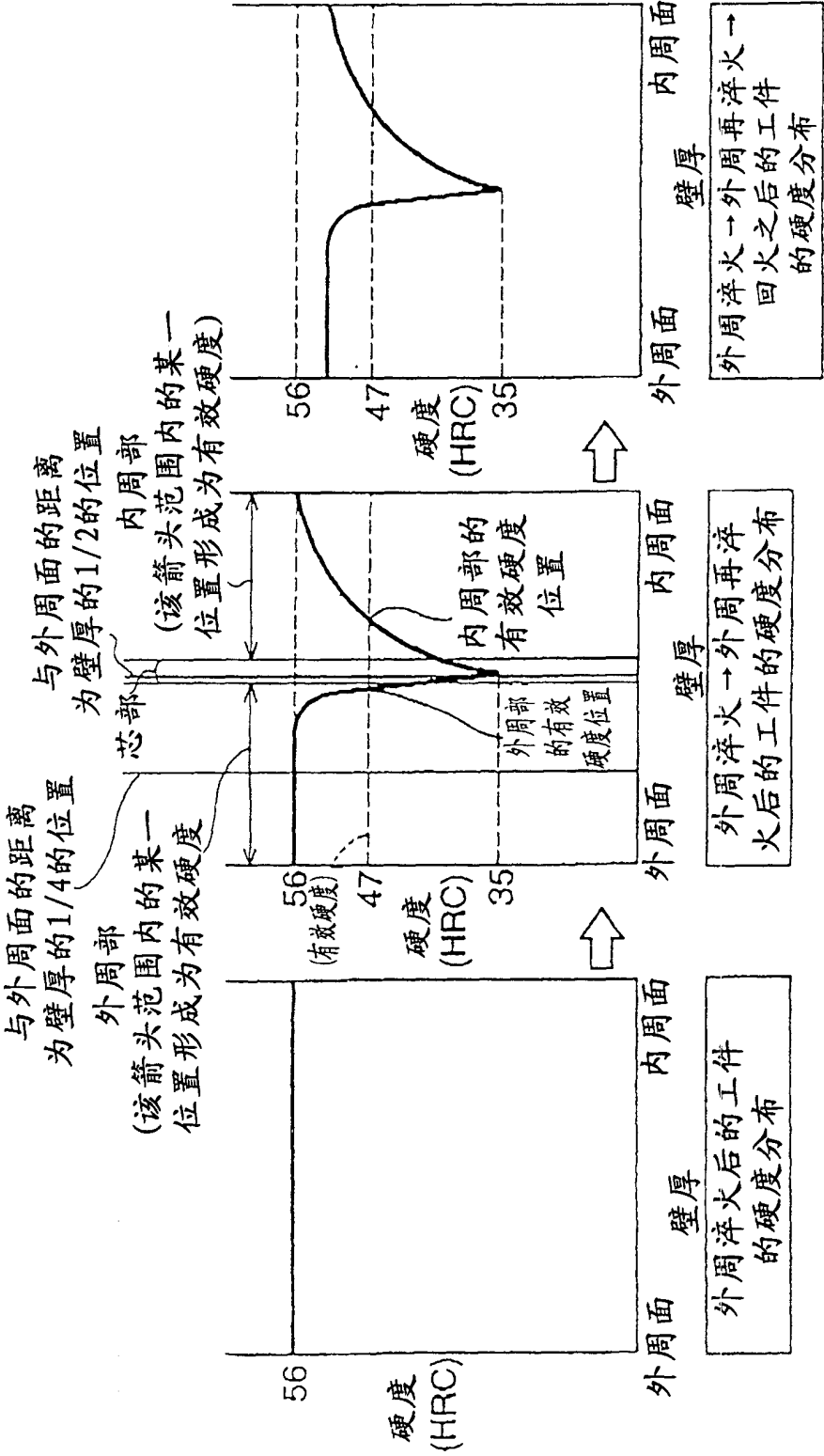


图6

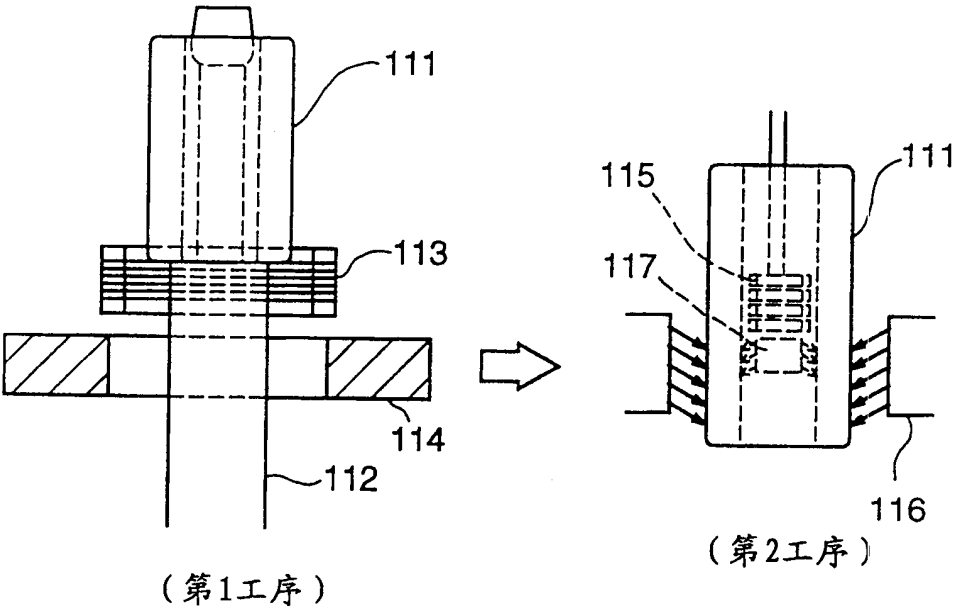


图7

