

[19]中华人民共和国专利局

[51]Int.CI⁶



[12] 发明专利申请公开说明书

B21B 19/04
B21B 17/14 C21D 9/08
C21D 8/10

[21] 申请号 97190395.6

[43]公开日 1998年7月29日

[11] 公开号 CN 1189111A

[22]申请日 97.4.18

[30]优先权

[32]96.4.19 [33]JP[31]98197/96

[86]国际申请 PCT/JP97/01370 97.4.18

[87]国际公布 WO97/39843 H 97.10.30

[85]进入国家阶段日期 97.12.19

[71]申请人 住友金属工业株式会社

地址 日本大阪府

[72]发明人 近藤邦夫 冈田康孝 谷本征司

[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

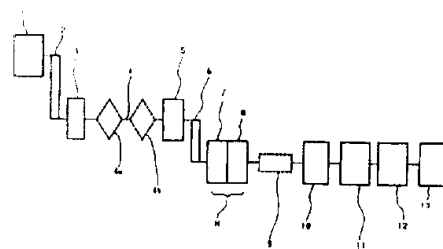
代理人 马江立

权利要求书 2 页 说明书 15 页 附图页数 6 页

[54]发明名称 无缝钢管的制造方法及制造设备

[57]摘要

一种以高效率在线生产性能优良的无缝钢管的方法，以及将从铸造到热处理的装置类在线化的无缝钢管制造设备。该方法依次连续地实施下述①～⑥的工序。①由连铸机 1 制造圆坯。②由加热炉 3 对暂时冷却到 Ar1 相变点以下温度的钢坯进行再加热、均热。③用穿孔机以 200/秒以下的应变速度对均热了的钢坯进行穿孔轧制，形成空心管坯。④采用将芯棒式无缝管轧机 7 和定径机 8 靠近配置的轧机 M，以 0.01/秒以上的平均应变速度和 40%以上的加工度，并使精轧温度为 800~1050℃地轧制空心管坯，制造无缝钢管。⑤用冷却装置 9 以 80℃/分以上的冷却速度将该无缝钢管冷却到 Ar3 相变点以下的温度。⑥在 850~1000℃对冷却了的无缝钢管再加热 10 秒~30 分后，淬火，随后回火。



(BJ)第 1456 号

权利要求书

1. 一种无缝钢管的制造方法,其特征在于依次连续地实施下述①~⑥的工序:

- ①由连铸法制造横断面为圆形的钢坯的工序,
- ②将上述圆坯一时冷却到 Ar1 相变点以下的温度后再加热到可进行穿孔轧制的温度并进行均热的工序,
- ③以 200/秒以下的应变速度对均热后的圆坯进行穿孔轧制以形成空心管坯的工序,
- ④用轧机群以 0.01/秒以上的平均应变速度和 40% 以上的加工度,并且以 800~1050℃ 的精轧温度轧制上述空心管坯,制造无缝钢管的工序,其中轧机群中的连续延伸轧机和精轧机靠近布置,
- ⑤以 80℃/分以上的冷却速度将上述无缝钢管冷却到 Ar3 相变点以下的温度的工序,
- ⑥将上述冷却了的无缝钢管在 850~1000℃ 再加热 10 秒~30 分后进行淬火、然后回火的工序。

2. 一种无缝钢管的制造设备,其特征在于依次连续地配置下述(A)~(G)的机器、炉或装置,构成一条生产线:

- (A)用于铸造横断面为圆形的钢坯的连铸机,
- (B)用于均热所铸造钢坯的钢坯加热炉,
- (C)将均热了的钢坯经穿孔轧制,制成空心管坯的斜辊穿孔轧机,
- (D)对空心管坯进行延伸轧制的连续延伸轧机,
- (E)对由延伸轧制得到的无缝钢管坯进行定径轧制的精轧机,
- (F)用于对经定径轧制得到的无缝钢管进行加热、保温或缓冷的补热炉,
- (G)进行淬火和回火的热处理装置。

3. 如权利要求 2 所述的无缝钢管的制造设备,其特征在于:上述(D)的连续延伸轧机与(E)的精轧机的间隔比延伸轧制后的空心管坯的

长度短。

4. 如权利要求 2 所述的无缝钢管的制造设备,其特征在於:在上述(E)的精轧机和(F)的补热炉之间设有无缝钢管冷却装置。

5. 如权利要求 2 所述的无缝钢管的制造设备,其特征在於:上述(D)的连续延伸轧机与(E)的精轧机的间隔比延伸轧制后的空心管坯的长度短,而且在上述(E)的精轧机与(F)的补热炉之间设有无缝钢管冷却装置。

6. 如权利要求 2、3、或 5 所述的无缝钢管的制造设备,其特征在於:在上述(B)的钢坯加热炉和(C)的斜辊穿孔轧机之间设有钢坯辅助加热装置。

说 明 书

无缝钢管的制造方法及制造设备

技术领域

本发明属于无缝钢管的制造技术,涉及制造强度、韧性以及耐蚀性优良的无缝钢管的方法和制造无缝钢管的设备。本发明的设备适宜用于实施本发明方法,并且用它可实施多种多样的无缝钢管的制造方法,具有良好的通用性。

背景技术

在以大型设备和高能耗为特征的钢铁产业,为简化工序和节能,人们正研究工序的连续化,即所谓在线化。在钢板(薄板、厚板)的制造中,象过去那样采用设置于与制板线分开的生产线上的设备进行的热处理(淬火、回火等热处理)已大量减少,现已广泛采用在线加工热处理。

与此相反,在无缝钢管的制造领域,由于对产品的可靠性和高质量化的要求很严格,所以实际情况是,大部分的产品都还是采用设置在与制管线分开的生产线上的热处理装置(例如淬火用的加热炉、冷却装置以及回火炉)离线进行淬火、回火等热处理。采用这样的制造方法,节能当然是困难的。

各工序独立时,由于工序间的处理速度不同,所以需要例如用于保管穿孔轧制用坯材即钢坯的坯料仓库和用于暂时保管热处理前的无缝钢管的场所等,在现有的制造设备布置(工厂布局)中必须确保非常宽的空间。不仅如此,在各工序间需要搬送坯料,需要大量的输送机、天车、卡车等输送设备和装卸工作量,不能避免由此造成的制造成本的增加。

直到近年来,在无缝钢管的制造领域,也有了利用热加工后的坯料保有的热量直接淬火,即采用直接淬火工艺的动向,按照那样的方法,不需要淬火炉,可以大幅度降低成本。

例如,由日本专利公报特开昭 56-166324 号、特开昭 58-120720 号、特开昭 58-224116 号、特开昭 59-020423 号、特开昭 60-033312 号、特开昭 60-075523 号、特开昭 62-151523 号等可看出,在无缝钢管的制造过程中,提出了在加工后马上强制冷却、直接淬火的工艺,而且一部分得以实用化。但是,经过这些直接淬火工艺制造的产品的晶粒大小与离线淬火、回火处理制造的产品相比,一般较粗大,作为产品的钢管具有韧性和耐蚀性差的缺点。

如上述那样,在钢板制造领域提出了多种对热轧后的钢板直接(在线)进行热处理的技术。例如,在特开昭 62-139815 号公报、特开昭 63-223125 号公报、特开昭 64-055335 号公报中公开了这样的方法,即,在未再结晶区域进行加工,再通过使其再结晶的工艺获得细小晶粒,之后,直接淬火,回火。这些方法都需要在未再结晶区域即较低的温度下进行大压下加工,所以与钢板轧制不同,难以用于伴随有复杂塑性变形的钢管的轧制。例如,在作为未再结晶温度区域的 1000℃ 以下的温度区域采用作为连续延伸轧机的芯棒式无缝管轧机实施轧制工序的场合,通常会在钢板轧制中没有的问题,比如超过轧机的轧制能力而不能轧制,即使能够轧制,也会产生很多表面伤痕等缺陷,另外还会出现难以拔出芯棒的困难。

关于无缝钢管的制造工艺,日本专利公报特开昭 61-238917 号公开了利用制管后的再结晶实现晶粒细化的方法。但是,在该方法中未明确热加工条件,在实际的轧机生产线中加以实施时存在反而促进晶粒粗化的危险。

作为细化晶粒的技术,已知有通过组合冷却和再加热,进行奥氏体向铁素体的相变和从铁素体向奥氏体的逆相变的共 2 次以上的相变来细化晶粒的技术(例如,参照日本专利公报特开昭 56-3626 号、特开昭 63-11621 号、特开昭 58-91123 号、特开昭 58-104120 号)。另外还公开了通过轧制途中和轧制后的 2 次再加热细化晶粒(特开昭 58-117832)的方法。然而,如特开昭 56-3626 号公报和特开昭 63-11621 号公报的发明那样,如在精轧的前段进行相变处理,则在过低温度下不能实施最终轧制,所以不得不把再加热温设定

为非常高的温度,这又产生晶粒粗大的问题。另外,在特开昭 58-91123 号公报、特开昭 58-104120 号公报和特开平 4-358023 号公报的发明中,虽然在精轧加工后实施相变逆相变的处理,但由于没有明确精轧条件,所以不能有效利用由相变和逆相变获得的晶粒细化。如特开昭 58-117832 号公报所公开的那样,如实施 2 次再加热处理,虽然可确实获得细小晶粒,但在该场合设备费用、热处理费用增加,比离线淬火回火处理费用还高。

在装置的连续化方面,提出了将各种机器、装置直接联结以实现节能、节省空间的方法。例如,在特开昭 63-157705 号公报中提出了这样一种制造无缝钢管的方法,在该方法中,用连铸机制造断面为圆形的坯(以下称圆坯),并对该圆坯进行穿孔、延伸轧制,不经过初轧或锻造工序。另外,在《铁与钢》第 71 年(1985)第 8 号、965-971 页,公开了将作为连续延伸轧机的芯棒式无缝管轧机与作为精轧机的脱管定径机(エキストラクティングサイザー)直接联结的设备布置。

然而,特开昭 63-157705 号公报中提出的方法,并没有明确装入加热炉前圆坯的温度条件和作为斜辊穿孔轧机的穿孔机的穿孔轧制条件。另外,《铁与钢》中公开的设备布置不过是为了用定径机从由芯棒式无缝管轧机轧制的管拔下芯棒以及为了简单地确保淬火温度而将两轧机直接联结而已。即,实际情况是,不存在通过在线处理高效率地制造具有细小晶粒组织的无缝钢管的方法以及适合于实施该方法的、将各制造装置有机配置的设备,而且基本上没有探讨上述方法和设备。

采用斜辊穿孔轧制法进行的热状态下的无缝钢管典型制造工艺,是通过以曼内斯曼式穿孔机为代表的斜辊穿孔轧机对圆坯进行穿孔轧制,形成空心管坯,然后用带顶头轧机(プラグミル)、芯棒式无缝管轧机等延伸轧机和定径机、张力减径机等精轧机对该空心管坯进行延伸、定径轧制。现有工艺中从坯料的浇铸到最终产品完成的工序大体可分为

- 1) 作为穿孔坯料的钢坯的制造工序,

2)热状态下的穿孔轧制和延伸、定径轧制工序;

3)调质处理,即热处理工序

这样3个工序。通常上述1)~3)各工序为相互分离独立的工序。其中,对于上记2)和3)工序来说,如前述那样,有连续化地即所谓在线地加以实施的动向,直接淬火工艺为其典型工序。

然而,当比较单纯的直接淬火方式的加工热处理和现有离线调质处理(淬火、回火处理)时可看出,前者具有晶粒粗大化的倾向。另外,用直接淬火工艺制造的无缝钢管的机械性能在其轴向和周向或者由于制造批量间的温度变动导致的强度偏差大,难以稳定地大量生产均质的无缝钢管。

本发明者在专利申请特愿平6-255088号和PCT/JP95/02155中,特别规定了加工条件,提出了通过制管后的再结晶处理实现细化的无缝钢管制造技术。该技术是采用在线化的设备的制造方法,是一项划时代的技术,它可以获得具有等同或超过进行离线热处理的钢管的性能的钢管,但仍不能充分满足对具有更高强度和更高韧性的无缝钢管的要求。

发明的概要

本发明的第1个目的在于提供一种以连续的在线方式制造无缝钢管的方法,该无缝钢管具有不低于采用现有的离线调质处理方法制造的产品性能。

本发明的第2个目的在于提供一种无缝钢管的制造设备,其中,将在上述1)~3)的工序中所使用的各机器装置配置在一条线(设备列)上,使设备全体紧凑化,使得可节省空间、节省能量,从而不仅能削减制造费用,而且可根据产品所要求的特性进行各种各样的加工热处理。

本发明将下述(1)的无缝钢管的制造方法(2)的制造装置作为其要旨。

(1)一种无缝钢管的制造方法,其特征在于依次连续地实施下述①~⑥的工序。

- ①用连铸法制造横断面为圆形的钢坯的工序,
- ②将上述钢坯一时冷却到 Ar1 相变点以下的温度后再加热到可进行穿孔轧制的温度并进行均热的工序,
- ③以 200/秒以下的应变速度对均热后的钢坯进行穿孔轧制以形成空心管坯的工序,
- ④用轧机群以 0.01/秒以上的平均应变速度和 40% 以上的加工度轧制上述空心管坯的工序, 该轧机群中的连续延伸轧机和精轧机靠近布置, 并且精轧温度为 800~1050℃,
- ⑤以 80℃/分以上的冷却速度将上述轧制后的钢管冷却到 Ar3 相变点以下的温度的工序,
- ⑥将上述冷却 3 的钢管在 850~1000℃ 再加热 10 秒~30 分后进行淬火、然后回火的工序。

其中, 上述④的平均应变速度为以下述(a)式所表示的 V_{ϵ} 。

$$V_{\epsilon} = (M_{\epsilon} + S_{\epsilon}) / M_t \quad (a)$$

式中, M_{ϵ} : 在连续延伸轧机的加工应变

S_{ϵ} : 在精轧机的加工应变

M_t : 从将空心管坯前端咬入连续延伸轧机到从精轧机出来所要的时间(秒)

(2) 一种无缝钢管的制造设备, 其特征在于: 依次连续地配置下述(A)~(G)的机器、炉或装置, 构成一条生产线。

(A) 用于铸造横断面为圆形的钢坯(圆坯)的连铸机,

(B) 用于均热铸坯的钢坯加热炉,

(C) 将均热了的钢坯经穿孔轧制以制成空心管坯的斜辊穿孔轧机,

(D) 对空心管坯进行延伸轧制的连续延伸轧机,

(E) 对进行了延伸轧制的空心管坯进行定径轧制的精轧机,

(F) 用于对经定径轧制的管进行加热、保温或缓冷的补热炉,

(G) 进行淬火和回火的热处理装置。

上述(2)的装置最好有下述(3)~(5)的状态。

(3) 如上述(2)所述的无缝钢管的制造设备, 其中, (D)的连续延伸轧

机与(E)的精轧机的间隔比延伸轧制后的空心管坯(钢管)的长度短。

(4)如上述(2)所述的无缝钢管制造设备,其中,在(E)的精轧机和(F)的补热炉之间设有无缝钢管冷却装置。

(5)如上述(2)所述的无缝钢管制造设备,其中,(D)的连续延伸轧机与(E)的精轧机的间隔比延伸轧制后的空心管坯(钢管)的长度短,而且在(E)的精轧机与(F)的补热炉之间设有冷却装置。

(6)如上述(2)、(3)、(4)或(5)所述的无缝钢管制造设备,其中,在(B)的钢坯加热炉和(C)的斜辊穿孔轧机之间设有钢坯辅助加热装置。

在这些设备中,最好还在上述(A)的连铸机和(B)的钢坯加热炉之间采取使装入加热炉之前的钢坯在 Ar1 相变点以下的对策。这样的设备特别适合于实施上述(1)的本发明的方法。

附图的简单说明

图 1 为示出本发明设备的机器、炉等的配置的图。

图 2 为表示实施例中使用的原材料钢的化学成分的表。

图 3 为示出穿孔试验中应变速度和裂纹深度的关系的表。

图 4 为示出本发明例的制管与热处理条件的表。

图 5 为示出比较例和现有例的制管和热处理条件的表。

图 6 为示出本发明例、比较例以及现有例的试验结果的表。

实施发明的最佳形式

首先说明本发明的设备,接着说明本发明的方法。

I、本发明的无缝钢管制造设备

图 1 为本发明的无缝钢管制造设备的示意图。该设备由从上述(A)到(G)的机器、炉等构成。以下依次对其进行说明。

(A)连铸机:

在图 1 中,连铸机 1 具有横断面为圆形的结晶器,通过适当改变具有一定内径的结晶器,可以连续铸造出相应于制管方法的各种外

径的圆坯。由于铸片在凝固之后即为横断面为圆形的圆坯，所以不需要在将横断面为矩形的铸片加工成形为圆坯的场合下所需要的初轧或锻造工序。

为了改善铸坯的铸造组织，连铸机 1 也可以具有对铸坯施行轻压下加工的辊架。

铸片(圆坯)在其中心部的凝固基本结束或完全结束后被切割成规定长度。

(B) 钢坯加热炉：

钢坯加热炉 3 用于调整从连铸机 1 中出来后用斜辊穿孔轧机 5 穿孔之前的圆坯的温度。铸态的圆坯经输送通道 2 装入到加热炉。从节能的观点出发，希望将从连铸机出来的钢坯以尽可能高的温度装入到加热炉 3。然而，如下述那样，如将钢坯一时冷到 A_{r1} 相变点以下后又均热，则可使晶粒细化，即使采用下一道工序的穿孔轧机对其进行严酷的加工也可以抑制缺陷的发生。为了进行这样的冷却处理，最好采取在输送过程中可以冷却到规定温度的对策，例如延长输送通道 2、在输送通道 2 上设置冷却装置等。

采用钢坯加热炉 3，在充分利用钢坯的保有热量、节省用于加热的能量的同时，将钢坯加热到适合于穿孔轧制的温度。

作为钢坯加热炉，可以使用横向输送式的步进式炉或回转炉底式的所谓转底炉。另外，为了提高钢坯装入加热炉的充填率以进行高效率的钢坯加热，可以以长尺寸状态装入，该长尺寸状态下的长度是作为后述斜辊轧机穿孔轧制对象的钢坯长度的多倍。在该场合，于钢坯加热炉 3 与斜辊轧机 5 之间的输送通道 4 中设置气割机、热锯等切割机 4a，将切割成规定长度的钢坯供给到斜辊轧机。另外，为了防备在输送和切割作业中钢坯的温度降低，最好在切割机的后段设置例如隧道式感应加热炉等辅助加热装置 4b。

(C) 斜辊轧机：

从加热炉 3 中出来的圆坯由斜辊轧机 5 进行穿孔轧制。通常情况下，与经过初轧或锻造而制造出的圆坯相比，铸态圆坯的热加工性差，在用斜辊轧机进行穿孔轧制时易于发生缺陷。然而，通过采用在

上述的加热前一时冷却到 Ar1 相变点以下的温度区域然后用钢坯加热炉再加热的操作使晶粒细化, 以及将后述的穿孔轧制时的应变速度适宜地加以设定, 可以防止该欠缺的发生。

作为斜辊轧机什么样的类型都可使用, 但最好使用可以进行薄壁或/和高扩管率穿孔的交叉式斜辊穿孔轧机。采用这种类型的轧机, 可以从同样外径的钢坯制造多种尺寸的空心管坯, 所以可统合集约钢坯的外径尺寸。

(D)连续延伸轧机

连续延伸轧机 7 是用于对在斜辊穿孔轧机 5 中穿孔轧制后的空心管坯进行延伸轧制的、由多个辊架组成的轧机, 具有代表性的是称为芯棒式无缝管轧机的轧机。

芯棒式无缝管轧机只要是这样一种类型则不管是怎样的轧机都行, 即, 具有芯棒约束装置(芯棒保持器), 该芯棒约束装置可以约束芯棒的后端, 并且可在延伸轧制后通过孔型辊列中将芯棒拉回到轧机入口侧加以循环使用。但是, 最好使用这样的芯棒式无缝管轧机, 即, 上述芯棒约束装置具有能以与空心管坯延伸轧制过程中管的轧制移动速度相独立的速度控制芯棒移动速度的功能。

在上述斜辊轧机 5 进行穿孔轧制得到的空心管坯, 通过横向输送形式或辊道等纵向输送形式的输送通道 6 进行输送, 在连续延伸轧机 7 的入口侧辊道上将后端由芯棒保持器约束保持的芯棒插入其内部, 然后用芯棒式无缝管轧机 7 进行延伸轧制。

(E)精轧机:

精轧机 8 为由多个辊架构成的、称之为定径机或张力减径机的轧机。在这里, 是用于将在连续延伸轧机 7 中进行延伸轧制的空心管坯进行定径轧制的轧机。

连续延伸轧机 7 和精轧机 8 最好靠近直到配置在同一条线上, 其间隔短于由连续延伸轧机进行延伸轧制后的空心管坯的长度。即, 最好这样配置两轧机, 使得在连续延伸轧机 7 轧制的管坯的后端部尚在该轧机的几个辊架中轧制时, 前端部已咬入到精轧机 8 的辊架中进行轧制。这样, 可以抑制空心管坯的温降, 并可以增大加工应

变的累积,由随后施行的热处理提高产品钢管的晶粒细化程度、韧性、耐蚀性等,获得多种效果。

作为精轧机的定径机或张力减径机,只要是没有内面限制工具的轧机,则任何形式的轧机都行。但是,最好使用具有从连续延伸轧机轧制的管内的芯棒将管拉出使其分离的功能的、所谓脱管式的定径机或张力减径机。

上述的连续延伸轧机 7 和精轧机 8 组成的装置总体称为轧机群 M。

(F) 补热炉:

补热炉 10 用于热处理,该热处理的目的是使轧制完后的钢管具有预定的性能。该炉与轧机等设在同一条线内也是本发明设备的一个重要特征。

在后述的本发明方法的⑥的工序中,该补热炉 10 用作淬火处理前的再加热炉。通过再加热,不仅可以调整淬火温度,而且可以减小管在轴向和周向的温度偏差以及同一批量中各钢管的淬火温度的变化,抑制一根钢管内的不同部位的特性偏差以及同一批量的多个制品钢管中由于热处理条件变化产生的特性偏差。此外,补热炉 10 也可以用于轧制后的钢管的缓冷、保温等多种目的。亦即,通过设置该补热炉 10,可以在线地进行与钢管所要求的各种各样的特性相应的各种各样的热处理。

在补热炉 10 的前面也可以设置冷却装置 9。例如,如后述的那样,用该冷却装置冷却由精轧机 8 轧制的钢管,一时冷却到 Ar_3 相变点温度以下,最好是 Ar_1 相变点温度以下,使其产生相变,再由补热炉 10 再次加热到 Ac_3 相变点温度以上,使其发生逆相变,之后,实施直接淬火,这样,虽然是直接淬火工艺但也可获得极为细小的晶粒,从而得到与实施离线淬火的场合相等或更高的性能的钢管。

(G) 淬火装置和回火装置:

淬火装置 11 是对轧制完了后的钢管直接或再加热之后进行急冷的装置。一般是使用水冷装置。为了对壁厚大的钢管也能以充分的冷却速度进行淬火,最好采用具有可同时冷却管内外面的结构的

冷却装置进行冷却,这种冷却装置例如有在内部通喷射水流、在外部用层流水流冷却的那样的装置。

回火装置 12 设在与淬火装置相同的线上的后段。该装置可以是通常的加热炉。为了消除回火后的钢管的弯曲,最好设置矫直机 13。此外,也可以在线地设置用于将管端切齐的切割机等图中未示出的附属机器。

如上所述,本发明的设备是可以在线实施从钢坯的铸造到穿孔、轧制和热处理的、无缝钢管制造的整个过程的设备。设备自身紧凑,不仅可节省工厂用地,即节省空间,而且各工序间的坯料移送的合理化和节能的效果也大。

下面,说明可用该设备实施的、机械性能和耐蚀性等性能优良的无缝钢管的制造方法,即上述(1)的本发明方法。

II、本发明的制造方法

以下按各工序说明本发明的制造方法。

①圆坯的制造工序:

圆坯通过采用具有各种内径的圆形横截面形状的结晶器的上述连铸机 1 以连铸法制造。该圆坯具有与制管方法相应的外径、长度,不经过通常的初轧和锻造工序,直接进入后述的穿孔工序。

②钢坯的冷却一再加热工序:

通过连铸法得到的圆坯,根据需要切成规定的长度,一时冷却到 Ar1 相变点以下的温度,最好为 Ar1 相变点以下、高于室温的温度,然后装入到后面的钢坯加热炉 3。进行这样的冷却的理由如下。

供给斜辊穿孔轧机 5(以下称“穿孔机”)的钢坯只要其中心部的凝固完了即可。因此,钢坯装入到加热炉之前的温度越高,越能节约加热能量。然而,本发明方法重视以穿孔机进行严酷加工,例如薄壁穿孔轧制或/和高扩管率穿孔轧制,在进行该加工时需要提高材料的加工性。为了使钢坯的晶粒细化,反将钢坯一时冷却。

为了使钢坯晶粒细化,需要一时冷却到 Ar1 相变点以下然后再加热的处理,Ar1 相变点为从奥氏体到铁素体的相变终了温度。该

处理只是一时产生从奥氏体到铁素体的相变,虽然说是 Ar1 相变点以下,但没有必要冷却到过低的温度。为了节省后面再加热时的能量,最好冷却到 Ar1 相变点以下的、比室温尽可能高的温度区域,例如 400℃ ~ Ar1 相变点的范围。

为了进行上述处理,需要考虑这样的设备,以便当用连铸机铸造的圆坯的凝固完了之后,在装入加热炉之前,使钢坯的温度在 Ar1 相变点以下(并且高于室温的温度)。该设备可以如此来实现,即:将钢坯从连铸机到装入加热炉之前的输送通道(图 1 所示输送通道 2)设定为足以使钢坯以自然冷却的方式冷却到 Ar1 相变点以下的长度,或者在输送通道上设置水冷装置这样的强制冷却装置。

钢坯的再加热只要是将钢坯均热到可在后段的穿孔机进行热穿孔轧制的温度的条件即可。其最佳温度随材质不同而改变,可以考虑穿孔轧制对象材质的高温塑性和高温强度而决定。一般情况下加热到 1100~1300℃ 之间。

对钢坯再加热后,在用切割机 4a 将钢坯切割成规定长度等作业中钢坯温度降低的场合,也可以用上述的辅助加热装置 4b 对钢坯进行辅助加热。

③穿孔轧制工序:

一般情况下,当在铸态下对晶粒组织粗大的圆坯进行穿孔轧制时,此时的严酷加工会在被穿孔材(空心管坯)形成缺陷。在本发明的方法中,通过采用由上述②和③的工序细化了晶粒的钢坯,以及以应变速度在 200/秒以下的条件进行穿孔轧制,可以不产生缺陷地进行穿孔轧制。应变速度可在 200/秒以下。虽然没有特别的必要确定其下限,但如不到 0.1/秒,则轧材与顶头、导卫板等工具接触的时间变长,工具的升温明显,其寿命变短,所以最好设在 0.1/秒以上。

如上所述,穿孔机最好使用交叉式的斜辊穿孔轧机。在对热加工性差的材质的钢坯进行穿孔轧制的场合,最好在尽可能高的温度下穿孔,所以最好在穿孔机的近前位置设置上述隧道式感应加热炉那样适当的辅助加热装置 4b,在加热之后进行穿孔轧制。

④延伸、定径轧制工序:

该工序由连续延伸轧机(芯棒式无缝管轧机)和精轧机(定径机或张力减径机)连续地进行,该连续延伸轧机由多个辊架组成,该精轧机也同样由多个辊架组成。该加工比起上一道工序的由穿孔机进行的加工,由于在穿孔机上坯料的温度会降低,所以是在较低的温度区域加工。为了获得加工热处理的效果,进行充分的加工是很重要的。

在本发明方法中,使用的不是将连续延伸轧机7和精轧机8分开独立配置的轧机,而是如图1所示那样将两者靠近配置成一体直接联结型的轧机群M。具体地说,使用的是将精轧机8直列地配置在同一条线上的轧机群M,其中的间隔小于由连续延伸轧机7进行延伸轧制后的管的长度。这样在由连续延伸轧机(以下称为“芯棒式无缝管轧机”)产生的加工应变回复之前,可立即由作为精轧机的定径机或张力减径机进一步进行加工,可以由随后的热处理中的相变—逆相变实现晶粒细化。

即使是以相同轧制程序表来制管的场合,在采用连续延伸轧机与精轧机隔开大于上述间隔的距离独立配置的装置的情形和采用本发明的轧机群M的场合之间,相变—逆相变处理后的晶粒大小存在差别。即,采用如上述那样将两轧机靠近配置的装置的场合,制品钢管的晶粒更细小。

在用轧机群M进行轧制加工时,将由上述(a)式定义的平均应变速度(V_e)设在0.01/秒以上。比这慢时,在各道次之间发生再结晶,不能累积应变,从而不能充分获得后一道工序中的相变—逆相变后的晶粒细化效果。

由轧机群M进行的加工度,以断面减少率换算设在40%以上。加工度不到40%时,相变—逆相变处理后的晶粒细化效果小。另外,在精轧机上管的精轧温度也很重要,该温度在800~1050℃的场合,其后续的相变—逆相变处理之后的晶粒细化效果非常大。

平均应变速度和加工度分别设在0.01/秒以上和40%以上即可,没有必要特别定出其上限。然而,平均应变速度超过10/秒时,作为芯棒式无缝管轧机内面限制工具的芯棒等工具的寿命降低,所

以最好设在 10/秒以下。另外,当加工度超过 95% 时,可以看到缺陷发生,所以最好设在 95% 以下。

⑤冷却处理工序:

本发明方法的一大特征在于,由芯棒式无缝管轧机和精轧机(以下称为“定径机”)进行延伸、定径轧制后,在定径机与直接淬火装置间进行相变—逆相变的热处理。通过该热处理,可以由芯棒式无缝管轧机和定径机的加工与冷却—再加热的组合有效地进行晶粒细化,获得性能可与进行离线淬火—回火处理的钢管相匹敌的钢管。该冷却处理可以采用图 1 所示冷却装置 9 进行。

上述冷却处理的冷却速度小的场合,相变生成的铁素体粗大化,所以必须将冷却速度设在 $80^{\circ}\text{C}/\text{分}$ 以上。为了得到相变和逆相变处理的晶粒细化效果,冷却停止温度需要设在 Ar_3 相变点以下的温度,但为了最大限度地获得该效果,最好冷却到 Ar_1 相变点以下的温度。虽然冷到室温也没关系,但考虑到其后的再加热的能量费用,最好尽可能在高温(如 500°C 左右)停止冷却。

⑥再加热处理工序:

再加热处理的目的在于:将精轧終了后一时冷却、产生奥氏体→铁素体相变的钢管,再次加热到 Ar_3 相变点以上的温度区域加以保持,使之产生铁素体→奥氏体的逆相变;充分地钢管进行加热、确保淬火温度,并进行均热,抑制淬火—回火后的产品特性的偏差。该再加热由图 1 所示补热炉 10 进行。

在再加热温度低于 850°C 的场合,另外,在保持时间少于 10 秒的场合,逆相变不充分;另一方面,温度超过 1000°C 或保持时间超过 30 分时,晶粒长大,组织粗化。因此,将该温度定为 $850\sim 1000^{\circ}\text{C}$,保持时间定为 10 秒~30 分。

为了获得足够的强度和韧性,淬火需要从 Ar_3 相变点以上的温度进行。在本发明方法中,通过从上述 $850\sim 1000^{\circ}\text{C}$ 的温度急冷来进行淬火。为了对于壁厚大的钢管也能以足够的冷却速度进行淬火,最好采用具有上述那样的可对内外面同时进行冷却的结构冷却装置进行冷却。

回火通过设在与淬火装置同一条线的后段的回火装置进行。该回火也是决定最终产品的性能的重要工序,所以需要相应于希望得到的性能确定适宜的回火温度,并在该温度充分均热后加以实施。重要的是,回火时的温度偏差最大为 $\pm 10^{\circ}\text{C}$,最好为 $\pm 5^{\circ}\text{C}$ 。这样,可以将屈服强度(YS)、拉伸强度(TS)的偏差抑制在目标强度的 $\pm 5\text{kgf}/\text{mm}^2$ 的范围内。

在回火及其之前的所有处理都结束后,钢管经消除弯曲的矫直、管端的切除、以及其它通常的附带处理,最后作为产品出厂。

实施例

[实验例 1]

用具有断面内径为 90mm 的结晶器的连铸机,铸造图 2 所示化学成分的钢 A 和钢 B。凝固后,立即以 900°C (即高于 Ar1 相变点的温度)装入到 1250°C 的加热炉中,保持 1 个小时,得到一种条件下的钢坯;另外,一时冷却到 550°C 或 420°C 之后装入同样的 1250°C 的加热炉,保持 1 个小时,得到另一种条件下的钢坯。用这两种不同条件下的钢坯以实验用穿孔机在不同的应变速度下进行穿孔试验。其结果如图 3 所示。

由图 3 所示结果可知,对于凝固后立即以高于 Ar1 相变点的温度(900°C)装入加热炉进行加热的钢坯,在用穿孔机进行穿孔轧制时,在 100/秒的应变速度已产生缺陷。另一方面,即使是一时冷却到 Ar1 相应点以下的温度区域后再加热的钢坯,虽然其穿孔时的应变速度在 200/秒以下,获得没有缺陷的良好的空心管坯,但应变速度在 250/秒以上时产生了缺陷。

由上述结果可知,通过在加热之前一时将钢坯冷却到 Ar1 相变点以下,如应变速度在 200/秒以下的范围,则即使进行更为严酷的穿孔轧制,也可以得到没有缺陷的空心管坯。

[实验例 2]

采用连铸机铸造图 2 所示钢 A、B、该连铸机具有横断面内径为 90mm 的结晶器。凝固后,一时冷却到 Ar1 相变点以下的温度,随后

装入到炉温设定在 1250℃ 的加热炉中保持 1 小时, 其后进行压力加工, 如图 4 和图 5 所示那样对制管工序的条件作多种改变, 进行试验。得到的钢管的强度、旧奥氏体晶粒尺寸以及韧性(VTr_s)的调查结果如图 6 所示。根据钢种不同改变回火温度, 对于每一种钢种强度大体为一定值。

图 5 中的试样 33 和 34 采用现有的将芯棒式无缝管轧机和定径机分开配置的轧机进行轧制, 热处理是离线状态下的再加热 - 淬火 - 回火的通常调质热处理。

从图 6 的试验结果可以看出, 对于每种钢种 A、B, 比起与用现有的制造方法得到的钢管(所谓的 QT 材)相当的试样 33、34, 本发明例(试样 1~20)中的任何一个的晶粒尺寸都小, 获得了超过现有的 QT 材的韧性。与此相反, 芯棒式无缝管轧机和定径机的加工条件不适当的试样 21、22、27 和 28, 以及轧制后的冷却或再加热条件不适当的试验 23~26 和 29~30, 其由相变和逆相变处理获得的晶粒细化效果小, 韧性差。

产业上应用的可能性

按照本发明的方法, 可以将从钢坯的铸造到制管和热处理的工序连贯地在线实施, 而且可以制造性能等同于用现有的离线方式制造的钢管或者更好的钢管。该方法可以用本发明的设备以低成本加以实施。

本发明的设备由于将必要的所有机器、炉等在线地无浪费地形成紧凑配置, 所以不仅在有效利用工厂用地和简化工序方面有大的优点, 而且还可对应热处理条件的变更, 满足对多样化的产品特性的要求。

图 1

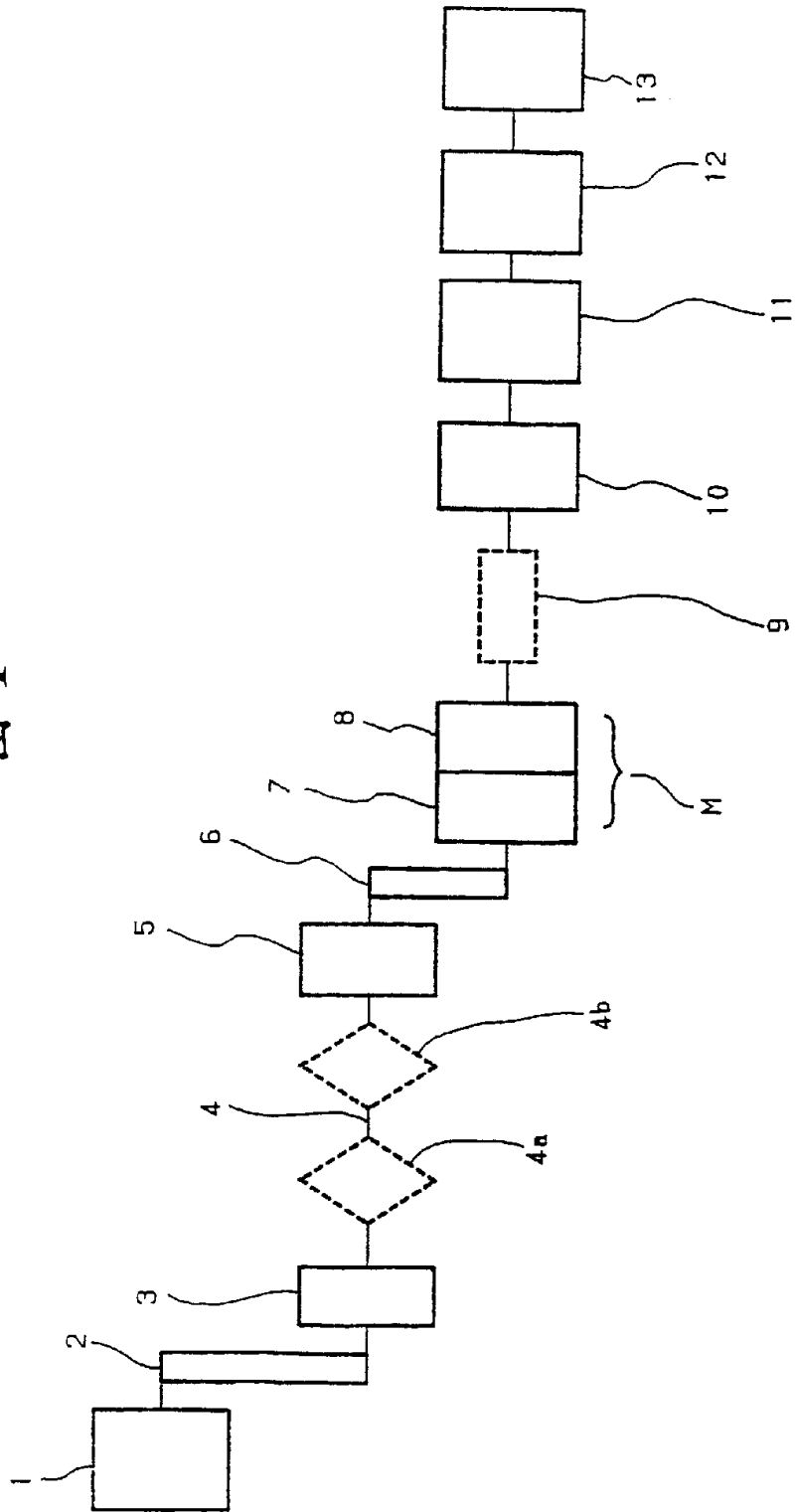


图 2

钢种	化学成分 (残存 Fe, 重量%)													相变点 (°C)	
	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Mo	Ti	Nb	sol. Al	N	Ar ₁	Ar ₃	
A	0.12	0.31	1.45	0.02	0.013	0.31	0.04	0.12	0.022	—	0.027	0.004	670	780	
B	0.07	0.28	1.13	0.01	0.002	—	—	—	0.026	0.031	0.031	0.005	650	770	

图 3

	钢种	钢坯装入加热炉时的温度 (℃)	应变速度 (1/秒)						
			3	10	30	100	200	250	300
最大裂纹深度 (mm)	A	900	0	0	0	1.2	2.3	2.8	3.5
		550	0	0	0	0	0	0.7	1.8
	B	900	0	0	0	1.4	1.9	2.6	3.1
		420	0	0	0	0	0	0.9	2.3

图 4

试样号	钢种	钢坯装入加热的温度(°C)	穿孔加工		芯棒式无缝管轧机十定径机加工			冷却		再加热		再加热淬火温度(°C)	回火温度(°C)
			加工度(%)	应变速度(1/秒)	加工度(%)	平均应变速度(1/秒)	粘轧温度(°C)	冷却速度(°C/分)	冷却停止温度(°C)	温度(°C)	时间(秒)		
1	A	550	70	60	75	0.7	850	450	440	900	300	—	650
2	A	500	70	60	60	0.65	880	500	500	910	300	—	650
3	A	300	70	100	70	0.8	870	200	550	920	180	—	650
4	A	540	60	30	50	0.5	820	220	610	900	600	—	650
5	A	130	70	150	75	0.85	850	520	630	900	300	—	650
6	A	550	50	60	70	0.6	860	290	580	920	300	—	650
7	A	550	60	60	50	0.5	850	300	600	900	180	—	650
8	A	550	80	100	80	0.75	940	400	400	880	90	—	650
9	A	500	70	70	40	0.1	850	680	500	900	180	—	650
10	A	550	70	50	40	0.05	810	250	500	880	1800	—	650
11	A	480	60	100	80	0.75	980	100	500	900	180	—	650
12	A	550	50	60	60	0.55	850	120	760	900	90	—	650
13	A	600	70	70	65	0.7	870	120	500	990	15	—	650
14	B	550	70	100	70	0.65	820	280	480	900	300	—	600
15	B	300	60	30	60	0.5	870	500	550	900	180	—	600
16	B	540	70	150	70	0.8	820	200	610	900	600	—	600
17	B	250	80	60	50	0.55	850	220	630	920	180	—	600
18	B	550	70	60	75	0.8	820	520	610	920	600	—	600
19	B	170	70	100	70	0.65	850	290	630	900	300	—	600
20	B	550	50	30	50	0.5	860	300	580	900	300	—	600

本 发 明 例

图 5

试样号	钢种	钢坯装入加热炉时的温度 (°C)		穿孔加工		芯棒式无缝管轧机十定径机加工			冷却		再加热		再加热 淬火温度 (°C)	回火 温度 (°C)
		加工度 (%)	应变速度 (/秒)	加工度 (%)	应变速度 (/秒)	平均应变速度 (/秒)	粘轧温度 (°C)	冷却速度 (°C/分)	冷却停止 温度 (°C)	温度 (°C)	时间 (秒)			
21	A	60	50	20*	0.004*	880	400	760	920	180	—	650		
22	A	60	100	75	0.8	1060*	240	400	960	180	—	650		
23	A	50	60	70	0.65	850	30*	760	910	180	—	650		
24	A	70	70	50	0.5	930	430	820*	900	180	—	650		
25	A	70	60	80	0.6	860	120	500	1060*	180	—	650		
26	A	60	30	50	0.3	850	360	500	980	3600*	—	650		
27	B	60	90	10*	0.006*	850	270	770	900	180	—	600		
28	B	60	70	60	0.5	1100*	120	590	930	180	—	600		
29	B	70	70	70	0.8	850	20*	760	900	180	—	600		
30	B	60	70	60	0.75	960	330	810*	890	180	—	600		
31	B	70	100	70	0.6	870	420	530	1050*	180	—	600		
32	B	60	30	50	0.4	850	550	490	990	3600*	—	600		
33	A	70	100	50※	0.5	850	—	—	—	—	900	600		
34	B	70	100	50※	0.5	850	—	—	—	—	920	600		

注：* 标记表示在本发明的条件范围外。

※ 标记表示芯棒式无缝管轧机与定径机不直接联结配置。

现 有 例

比 较 例

图 6

	试样号	钢种	屈服强度 (kgf/mm ²)	拉伸强度 (kgf/mm ²)	旧奥氏体晶粒度号	韧性 vTrs(°C)
本 发 明 例	1	A	51.1	61.9	7.5	-83
	2	A	55.0	62.9	6.5	-78
	3	A	51.4	59.6	7.5	-87
	4	A	52.3	60.3	7.5	-84
	5	A	53.8	61.2	7.5	-81
	6	A	54.3	60.2	7	-78
	7	A	51.2	59.3	7.5	-80
	8	A	54.9	59.1	6.5	-73
	9	A	53.6	60.9	7	-83
	10	A	51.9	61.9	7	-81
	11	A	53.0	60.8	6	-72
	12	A	53.5	61.0	6.5	-78
	13	A	53.7	60.6	6	-67
	14	B	44.0	50.1	9	-95
	15	B	42.7	53.4	9	-97
	16	B	40.2	51.7	8	-86
	17	B	39.6	51.3	8.5	-96
	18	B	41.3	49.8	7.5	-90
	19	B	43.6	53.5	8	-86
	20	B	40.8	53.8	9	-101
比 较 例	21	A	53.4	61.6	5.5	-59
	22	A	54.1	61.4	5	-47
	23	A	51.7	62.6	5.5	-50
	24	A	52.4	61.8	4.5	-44
	25	A	52.2	61.1	3	-26
	26	A	51.4	61.5	5	-55
	27	B	42.4	50.5	6	-60
	28	B	44.2	53.6	5.5	-56
	29	B	44.5	51.8	6.5	-66
	30	B	40.3	51.6	4.5	-44
	31	B	41.6	49.9	4.5	-41
	32	B	43.4	54.4	6	-58
现 有 例	33	A	52.7	56.9	6	-55
	34	B	39.3	46.5	7.5	-77