[19]中华人民共和国国家知识产权局

[51]Int. Cl[7]
B23K 13/02 B21C 37/08

[12]发明专利说明书

[21] ZL 专利号 97114811.2

[45]授权公告日 2002 年 12 月 18 日

[11]授权公告号 CN 1096328C

[22]申请日 1997.6.11 [21]申请号 97114811.2

[30]优先权

[32]1996.6.11 [33]JP [31]149454/96

[32]1996.6.18 [33]JP [31]156689/96

[32]1996.10.22 [33]JP [31]279660/96

[32]1996.12.19 [33]JP [31]339432/96

[73]专利权人 川崎制铁株式会社

地址 日本兵库县

[72]发明人 丰冈高明 板谷元晶 依藤章
桥本裕二 大西寿雄 田中伸树
杉江善典 菅野康二 天立敏明

[56]参考文献

平 2－299782 1990.12.12 B23K13/00

昭 60－15082 1985. 1.25 B23K13/02

审查员 史雁明

[74]专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司

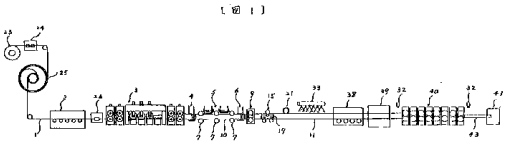
代理人 杨松龄

权利要求书 3 页 说明书 15 页 附图 9 页

[54]发明名称 钢管的制造方法及制备设备

[57]摘要

提供一种制造钢管的方法,该方法包括以下步骤:供给钢带;将该钢带加工成预热的开口管;在高于居里点的温度预热开口管的两相对的纵向边缘;将开口管的两相对的边缘加热到 1300℃以上但低于钢带的熔点,用挤压辊将所得到的开口管进行压接而形成钢管;将在焊缝外表面形成的钢管的增壁部分平滑化;以及接着切断或卷取所得到的钢管。还提供一种适合于成形钢管的设备。



ISSN1008-4274

1、钢管的制造方法，其特征在于，

a. 从开卷机将钢带送料;

b.接着利用下述的3个工序中的任一工序制成预热的开口管;

(1)在预热后，利用成形辊将钢带成形，制成开口管，

(2)利用成形辊将钢带成形，制成开口管后，将开口管全体预热，

(3)在预热后，利用成形辊将钢带成形，制成开口管，再将开口管全体预热，

c.利用感应加热将该开口管的两边缘部预热到居里点以上的温度;

d.再利用感应加热将该开口管的两边缘部主加热到 1300℃以上、熔点以下的温度，以挤压辊压接该开口管，制成钢管;

e.在压接后，使该钢管的接合部外面的增壁部分平滑;

f.将该钢管切断成规定的长度或者卷取成螺旋状。

2.钢管的制造方法，其特征在于，

a.从开卷机将钢带送料;

b.接着利用下述的3个工序中的任一工序制成预热的开口管;

(1)在预热后，用成形辊将钢带成形，制成开口管，

(2)用成形辊将钢带成形，制成开口管后，将开口管全体预热，

(3)在预热后，用成形辊将钢带成形，制成开口管，再将开口管全体预热，

c.用感应加热将该开口管的两边缘部预热到居里点以上的温度;

d.再用感应加热将该开口管的两边缘部主加热到 1300℃以上、熔点以下的温度，以挤压辊压接该开口管，制成钢管;

e.在压接后，使该钢管的接合部外面的增壁部分平滑;

f.强制冷却该钢管的接合部;

g.接着将该钢管的整个圆周方向进行均热处理;

h.在125-725℃的温度减径轧制该钢管;

i.将该钢管切断成规定的长度或卷取成螺旋状。

3.权利要求1或2所述的钢管制造方法，其特征在于，在200-750℃的温度进行上述钢带和/或开口管的预热。

4、权利要求1或2所述的钢管制造方法，其特征在于，在居里点以上、1300

℃以下的温度进行上述开口管的两边缘部的预热。

5、权利要求 1 或 2 所述的钢管制造方法，其特征在于，利用 0.5-100KHz 频率的感应加热进行上述开口管的两边缘部的预热和主加热。

6、权利要求 1 或 2 所述的钢管制造方法，其特征在于，在比大气低的氧浓度的包围气中进行上述开口管的两边缘部的预热。

7、权利要求 1 或 2 所述的钢管制造方法，其特征在于，在比大气低的氧浓度的包围气中进行上述开口管的两边缘部的主加热和上述压接。

8、权利要求 6 或 7 所述的钢管制造方法，其特征在于，在露点为-10℃以下的包围气中进行上述两边缘部的预热、上述两边缘部的主加热和上述压接。

9、权利要求 1 或 2 所述的钢管制造方法，其特征在于，将上述压接后的接合部温度保持在 1300℃以上的时间 t_k 是 0.03 秒以上，或者满足下述式(1):

$$t_k \geqslant a \cdot \exp[-b \cdot (O_2)^c] \cdots\cdots (1)$$

式中，O_2: 包围气中的氧浓度(体积%)，a=0.079, b=1.5, c= -0.14。

10、权利要求 1 或 2 所述的钢管制造方法，其特征在于，在利用成形辊成形前或成形后，使钢带的两边缘部端面平坦化，进行使该两边缘端面的形成角度成为规定角度的边缘处理。

11、权利要求 1 或 2 所述的钢管制造方法，其特征在于，在上述压接时或压接后使接合部内面的增壁部分平滑。

12、权利要求 1 或 2 所述的钢管制造方法，其特征在于，利用激光束、电子束或等离子束中的任一种进行上述开口管的两边缘部的主加热。

13、权利要求 2 所述的钢管制造方法，其特征在于，进行上述钢管的圆周方向的温度差达到 200℃以下的均热处理。

14、钢管的制造设备，其特征在于，具备以下装置：将钢带送料的开卷机，预热钢带的钢带预热装置和/或预热开口管的开口管预热装置，由成形加工钢带的成形辊组组成的成形加工装置，具有感应加热螺旋管的边缘部预热装置，具有感应加热螺旋管的边缘部主加热装置，使开口管接合的挤压辊，使钢管的接合部外面的增壁部分平滑的接合部外面平滑装置和切断装置。

15、钢管的制造设备，其特征在于，具备以下装置：将钢带送料的开卷机，预热钢带的钢带预热装置和/或预热开口管的开口管预热装置，由成形加工钢带的成形辊组组成的成形加工装置，具有感应加热螺旋管的边缘部预热装置，具

有感应加热螺旋管的边缘部主加热装置，使开口管接合的挤压辊，使钢管的接合部外面的增壁部分平滑的接合部外面平滑装置，强制冷却钢管的接合部的接合部冷却装置，加热钢管的钢管均热装置、由将钢管温减径轧制的数个减径轧机组成的减径加工装置以及切断装置或者卷取装置。

16、权利要求 14 或 15 所述的钢管制造设备，其特征在于，在上述成形加工装置的入侧或出侧具备进行钢带的边缘处理的钢带边缘处理装置。

17、权利要求 14 或 15 所述的钢管制造设备，其特征在于，上述边缘部预热装置和/或上述边缘部主加热装置及上述挤压辊具备能调整包围气的封闭装置。

18、权利要求 14 或 15 所述的钢管制造设备，其特征在于，在上述挤压辊的出侧具有使钢管的接合部内面平滑的装置，该装置配备使钢管的接合部内面的增壁部分平滑的轧辊。

钢管的制造方法及制备设备

本发明是关于能以高生产率制造具有优良的焊缝质量和表皮的钢管，而且也能够适应小批量多品种生产钢管的新颖制造方法及制造设备。

焊接钢管，是将钢板或者钢带成形成管状，焊接其接缝，利用各种制造方法制造从小直径到大直径的钢管。作为主要制造方法，可举出利用电阻焊(电焊)、锻接、电弧焊的制造方法。

在制造小直径到中直径的钢管的场合，主要使用利用高频感应加热的电阻焊接法(电阻焊接钢管、电焊钢管)。该方法是用成形辊将钢带成形成管状，形成开口管，接着利用高频感应加热将开口管的两边缘部端面加热到钢的熔点以上之后，用挤压辊使两边缘部端面进行对接焊而制造钢管的方法。

利用上述高频感应加热的电焊钢管的制造方法，由于将开口管的两边缘部端面加热到钢的熔点以上之后，利用电力的影响使钢水流动，因此生成的氧化物咬入对焊区中。其结果，有容易产生闪光焊缝内部残留缺陷等焊接缺陷、或者钢水飞溅(闪光火花)的问题。

针对此问题，例如在特开平 2-299782 中提出具有 2 个加热装置的电焊钢管的制造方法。用第 1 个加热装置将开口管的两侧边缘部的温度加热到居里点以上，用第 2 个加热装置再加热到熔点以上，用挤压辊使两侧边缘部进行对接焊而制造钢管。另外，在特开平 2-299783 中提出，用第 1 个加热装置流过频率 45-250Hz 的电流预热两侧边缘部、用第 2 个加热装置再加热到熔点以上、用挤压辊使两边缘部进行对接焊而制造电焊钢管的电焊钢管制造装置。

但是，这些电焊钢管制造技术，暗示要均匀夹入边缘部，由于将两边缘部加热到钢的熔点以上，在对接焊时，融熔的钢被排出到管的内外面而形成焊蚕(堆高)。因此，在对接焊后必须去除管内外面的焊道。主要使用焊蚕切削车刀去除焊蚕。

然而，在这些方法中，存在以下问题:

(1)必须调整焊蚕切削车刀的切削量，产生材料和时间的消耗。

(2)因为焊蚕切削车刀是消耗品，所以必须更换车刀，不得不使生产线停止。

(3)尤其在制管速度超过 100m/min 高速制管时，焊蚕切削车刀的寿命短，更换频率变高。等等，焊蚕切削形成凹槽，不能高速制管，因此不能提高生产率。

另外，上述的电焊钢管的制造方法必须使用配合上述钢管的制品尺寸的轧辊，需要庞大的轧辊，因此存在不能适应小批量多品种生产的问题。

针对这样的问题，例如，在特开昭 63-33105、特开平 2-187214 中提出冷减径轧制电焊钢管的方法。但是，该方法因为进行冷减径轧制，轧制负荷极大，轧机的大型化成为必要，进而为了防止与轧辊的烧结，需要设置润滑装置等，存在需要大的费用和场地的问题。

另外，在特开昭 60-15082、特公平 2-24606 中，提出热减径轧制电焊钢管的方法。但是，该方法将钢管再加热到 800-900 以上的温度，因此存在产生新的氧化铁皮或者在减径轧制时氧化铁皮咬入的问题。

另一方面，作为制造较小直径钢管的方法，已知有具有高生产率的锻接管制造方法。该方法是将连续供给的钢带在加热炉中加热到 1300℃后，用成形辊成形成管状作为开口管。接着向开口管的两边缘部吹入高压空气，清除氧化铁皮后，利用焊接喇叭向端面吹氧，以此氧化热使端面升温到 1400℃后，用锻接辊使两边缘部端面对接，进行固相接合，制造钢管的方法。

但是，在该锻接管制造方法中也存在以下问题:

(1)因为端面的氧化铁皮的去除不完全，所以产生氧化铁皮咬入锻接对接部，对接部的强度比母材部相当差。因此，在扁平试验中，电焊钢管的扁平高度比 h/D 能达到 2t/D(t: 板厚)，与此相反，在锻接管中，扁平高度比 h/D 为 0.5，是非常差的。

(2)由于钢带加热到高温，管表面生成氧化铁皮，所以表皮恶化。等等，若制管速度在 300m/min 以上，生产率迅速提高，但接缝质量及表皮恶化。因此存在不能制造满足按照 JIS 的 STK 等要求的强度和表皮质量的钢管的问题。

本发明的目的在于，有利地解决上述问题，提供能以高生产率制造具有优良的缝质量及表皮的钢管，而且也能够适应小批量多品种生产钢管的新颖制造方法及制造设备。

本发明是以下述为特征的钢管制造方法:

a.钢带从开卷机送料;

b.接着利用下述3个工序中的任一工序制成预热的开口管;

(1)钢带预热后用成形辊进行成形，制成开口管，

(2)用成形辊将钢带成形，制成开口管后，将开口管全体预热，

(3)钢带预热后用成形辊进行成形，制成开口管，再将开口管全体预热，

c.利用感应加热将该开口管的两边缘部预热到居里点以上的温度;

d.进而，利用感应加热将该开口管的两边缘部主加热到1300℃以上、熔点以下的温度，用挤压辊压接该开口管，制成钢管;

e.压接后，将该开口管的接合部外面的增壁部分进行平滑;

f.将该钢管切断成给定的长度或者卷取成螺旋状。

另外，本发明是以下述为特征的钢管制造方法:

a.钢带从开卷机出料;

b.接着利用下述3个工序中的任一工序制成预热的开口管;

(1)钢带预热后用成形辊进行成形，制成开口管，

(2)用成形辊将钢带成形，制成开口管后，将开口管全体预热，

(3)钢带预热后用成形辊进行成形，制成开口管，再将开口管全体预热，

c.利用感应加热将该开口管的两边缘部预热到居里点以上的温度;

d.进而，利用感应加热将该开口管的两加缘部主加热到1300℃以上、熔点以下的温度，用挤压辊压接该开口管，制成钢管;

e.压接后，将该开口管的接合部外面的增壁部分进行平滑;

f.强制冷却该钢管的接合部；然后，

g.将该钢管的圆周方向全体进行均热处理;

h.在125-725℃的温度将该钢管进行减径轧制;

i.将该钢管切断成给定的长度或者卷取成螺旋状。

再者，本发明是钢管的制造设备，该制造设备具备以下装置：将钢带送料的开卷机；将钢带预热的钢带预热装置和/或将开口管预热的开口管预热装置；由将钢带成形加工的成形辊组组成的成形加工装置；具有感应加热螺旋管的边缘部预热装置；具有感应加热螺旋管的边缘部主加热装置；使开口管接合的挤压辊；以及将该开口管的接合部外面的增壁部分进行平滑的接合部外面平滑手段和切断装置。

另外，本发明是钢管的制造设备，该制造设备具备以下装置：将钢带送料

另外，本发明是钢管的制造设备，该制造设备具备以下装置：将钢带送料的开卷机；将钢带预热的钢带预热装置和/或将开口管预热的开口管预热装置；由将钢带成形加工的成形辊组组成的成形加工装置：具有感应加热螺旋管的边缘部预热装置；具有感应加热螺旋管的边缘部主加热装置；使开口管接合的挤压辊；将该开口管的接合部外面的增壁部分进行平滑的接合部外面平滑装置；将钢管的接合部强制冷却的接合部冷却装置；将钢管加热的钢管均热装置；以及由将钢管温减径轧制的数个减径轧机组成的减径加工装置和切断装置或卷取装置。

再者，关于其他手段，从本发明的说明书和权利要求书可以清楚。

附图的简单说明

图 1 是表示适合实施本发明的钢管制造设备的一个例子的侧面图。

图 2 是表示适合实施本发明的钢管制造设备的一个例子的说明图。

图 3 是表示适合实施本发明的钢管制造设备的一个例子的说明图。

图 4 是表示固相压接时挤压辊与接合部外面的位置关系的断面图。

图 5 是将本发明的开口管的预热装置、开口管的主加热装置和挤压辊封闭的封闭装置的模拟侧面图。

图 6 是表示固相压接后的钢管断面形状的一个例子的断面图。

图 7 是本发明的接合部内、外面的平滑装置的模拟的部分侧面断面图。

图 8 是表示固相压接后的轧制接合部外面形状的一个例子的模拟断面图。

图 9 是表示钢的相对导磁率的温度依赖性的特性图。

图 10 是表示压接后在 1300℃以上保持时间 t_k 和气氛中的氧浓度对固相压接接合部的焊缝质量影响的关系的图。

图 11 是本发明的(a)开口管边缘部的预热装置的斜视图，(b)开口管边缘部的预热装置的正面断面图。

图 12 是本发明的钢管接合部的冷却装置的模拟部分正面断面图。

本发明，在焊接钢管的制造工序中，在钢带成形之前，将从开卷机送料的钢带预热。

在此场合，将从开卷机送料的钢带先行的钢带的后端部与后续钢带的前端部接合，形成连续的钢带后，可以进行预热。在以后工序进行的边缘加热时，钢带的预热使边缘部与其附近的母管的温度差小，为使在固相压接阶段，能容

易地将边缘部的温度和温度分布维持在能固相压接的温度区。

使用加热炉的方法、使用感应螺旋管的感应加热方法、利用通电的电阻加热法都能适合用于预热。

钢带的预热，达到200-750℃的温度范围。超过750℃的预热，在钢带表面生成大量的氧化铁皮，钢管的焊缝质量和表皮同时劣化。另外，预热温度不到200℃，在边缘加热时，从边缘向母管侧的热扩散多，因此难以将压接时的边缘部温度和温度分布维持在能固相压接的温度区。再者，预热温度可以优选在400-650℃的温度范围。

预热的钢带用数个成形辊连续地成形成开口管。成形可以适当使用利用通常公知的数个成形辊的加工方法。另外，代替钢带的预热，或者在钢带的预热的同时，也可以在成形成开口管后将管全体预热。再者，预热方法、预热温度可以与钢带的场合相同。

接着，预热开口管的两边缘部。边缘部的预热以利用感应加热螺旋管的感应加热为佳。

利用该边缘部预热使边缘部的温度达到居里点以上、最好1300℃以下。

从图10所示的钢的相对导磁率的温度依赖性可知，如果钢被加热到居里点以上，就发生从强磁性体向顺磁性体的磁性转变，相对导磁率(对真空比)接近1。另一方面，感应电流的透入深度S以下式(2)表示。

$$S=\alpha\{\rho/(\mu_r f)\}^{1/2}\cdots\cdots(2)$$

式中，S：透入深度(m)，ρ：电阻率(Ω·m)，μ_r：相对导磁率，f：频率(KHz)，α：常数。

因此，通过将边缘部加热到居里点以上，使透入深度S变大，被压接面内的温度分布趋向均匀化方向。因此，在居里点以上的温度区预热边缘部。从加热能量效率的观点看，最好在居里点以上、1300℃以下的温度进行，但是即使达到1300℃以上也不介意。可是，若在此阶段一下子升温，就仅开口管的两边缘部的角部达到熔点以上，在接合时产生焊蚕(堆高)，因此不能高速制管，故边缘部预热优选在1300℃以下进行。

边缘部预热可以是在大气中或者比大气中减少氧浓度的气氛中(保护气氛中)的任一种进行，但是从焊缝质量出发，以在保护气氛中为佳。为了形成保护气氛，最好设置将图5所示的边缘部预热装置5全体封闭的封闭装置22。另外，

边缘部预热优选在露点达到-10℃以下的气氛中进行。

进行过边缘部预热的开口管的两边缘部，再进行加热到 1300℃以上、熔点以下的能固相压接的温度区的边缘部的主加热。

从能量效率的观点出发，边缘部主加热的加热方式以利用感应螺旋管的感应加热方式为佳。

通过调整感应加热螺旋管的输出，控制开口管的两边缘部端面的温度。

边缘部主加热的温度不到 1300℃时，边缘部端面的接合不充分，焊缝质量低劣。另外，边缘部端面的温度超过管材的熔点时，在对接接合时，熔融的钢在管内外形成焊蚕(堆高)，因此需要切削焊蚕。从这点看，边缘部加热可达到 1300℃以上、熔点以下的能固相压接的温度区。再者，最好可以是 1350℃以上、熔点以下。

在边缘部主加热的加热方式中，也可以使用激光束、电子束或等离子束的任何一种方式进行加热。

在此，本发明所说的固相压接是指抑制焊蚕(堆高)的隆起、不需要切削焊蚕的压接。在本发明中，为了抑制焊蚕(堆高)的隆起，边缘部的加热温度最好是固相区的温度，即使是存在某些液相的熔点以下的固液 2 相区也是不合适的。

为了使感应加热时的边缘部的温度分布均匀，本发明最好是在精整钢带的边缘塌边的同时，使边缘部端面平坦化，可以使边缘部端面与钢带表面形成的角度达到给定的角度。所谓给定的角度最好是 60-120° 。该边缘塌边的精整可以在带卷开卷前，或者在将带卷开卷、用成形辊成形成开口管前，或者成形后的任何阶段进行。边缘部处理最好通过具备可利用齐边铣床的切削、利用研磨机的研磨、或者利用轧边辊的轧制加工等的设备的钢带边缘处理装置进行。

两边缘部加热到上述能固相压接区的开口管，利用挤压辊使两边缘部对接而进行固相压接。压接有如图 4(A)所示将挤压辊设置在接触压接接合部 12 的钢管 11 外面的位置进行的方法、如图 4(B)所示将挤压辊 8 设置在不接触压接接合部 12 的钢管 11 外面的位置进行的方法和如图 4(C)所示，在钢管 11 的外侧面设置挤压辊 8、在钢管 11 的内侧面将辊子等设置在接触压接接合部 12 的位置进行的方法，可以用任何种方法进行。

边缘部的主加热和固相压接，与边缘部的预热所说明的相同，可以在大气中或者比大气中的氧浓度减低的气氛中(保护气氛中)的任一个中进行，但是从

焊缝质量的这点出发，最好在保护气氛中进行。为了形成保护气氛，以设置图5所示的将边缘部主加热装置6和挤压辊8全体封闭的封闭装置22为佳。另外，边缘部主加热和固相压接，从焊缝质量这点出发，最好在露点为-10℃以下的气氛中进行。本发明人已发现，压接后，由于接合部在1300℃以上保持的时间 t_k 不同，钢管的焊缝质量也随之变化。保持时间 t_k(s)和氧浓度(体积%)对焊缝质量(扁平高度比 h/D)的影响关系示于图10中，从图10可知道，随着在1300℃以上保持的时间 t_k 变长，焊缝质量提高。另外，还知道，随气氛中的氧浓度减低，得到相同的焊缝质量可以缩短保持时间 t_k。

边缘部预热、边缘部主加热和固相压接在大气中进行时，该保持时间 t_k 最好达到0.03秒以上。另一方面，边缘部预热、边缘部主加热和固相压接在比大气中减低的氧浓度的气氛中(保护气氛中)进行时，该保持时间 t_k 以满足下式(1)为宜。

$$t_k \geqslant a \cdot \exp\{-b \cdot [O_2]^c\} \cdots\cdots \quad (1)$$

式中，O_2：气氛中的氧浓度(体积%)，a、b、c：常数，在低碳钢时 a=0.079、b=1.5、c=-0.14。最好 a=0.23、b=1.4、c=-0.17。

可以通过调整固相压接后的边缘部的冷却速度控制该保持时间 t_k。为此，控制边缘部预热时的开口管的两边缘部的加热温度和居里点以上的加热幅度，进而控制边缘部主加热时的开口管的两边缘部端面的加热温度，这样能令人满意地调整从固相压接时的两边缘部端面向管中央部的管圆周方向的温度分布。

在利用固相压接形成的压接接合部，由于边缘部达到的温度或由挤压辊进行的压接程度不同，在图6(A)、(B)所示的接合部12的管外、内面产生增壁部分13、14。因此，在压接中或压接后的适当场合，需要利用接合部外、内面平滑装置15、17使增壁的接合部附近减壁。尤其因为需要去除管外面的增壁部分13，例如，利用具有如图7(A)所示的接合部外面轧制用辊16的接合部外面轧制装置15，在压接后从管外面进行轧制而去除。另外，管内面的增壁部分14也根据必要而去除，但在此场合，利用由如图7(B)所示的接合部内面轧制用辊18和压接接合部内面轧制辊支持棒19组成的接合部内面轧制装置17，在压接中或在压接后，从管内面进行轧制而去除。管外、内面的增壁部分13、14的平滑装置15、17不限于利用轧辊的轧制，无论是使用导向板等工具的轧制或者使用其他工具的锻压等的塑性加工装置都可以。

另外，在利用固相压接形成的压接接合部，由于钢带的边缘塌边的程度、钢带的边缘精整的精度、由压接方法或由压接而引起的增壁程度的不同，不管利用上述接合部外、内面平滑装置 15、17 有无导致接合部的平滑化，如图 8 所示，在钢管 11 的接合部 12 的外面产生称作焊缝线 20 的深度 0.2mm 的微小凹形部分。该焊缝线 20 影响钢管的外观、焊缝质量。因此，最好在压接以后的适当场所去除焊缝线，使外面平滑。可以利用具备切削、研磨等加工设备的焊缝线去除装置去除焊缝线。另外，可以在进行压接增壁部分的轧制的场合、轧制的前后的任一时间实施焊缝线的去除。

所得到的成品管用切断机切断成规定的尺寸，用管矫直装置进行矫直，或者用管矫直装置矫直后卷取成螺旋状。

本发明进而利用以下所述的工序，对钢管进行减径轧制，可以得到具有规定外径的成品管。

从确保钢管减径轧制后的成品管的精度的观点看，在固相压接后，在减径轧制前通过将钢管冷却、加热等，进行使钢管圆周方向温度差达到 200℃以下的均热处理。

为此，首先，固相压接后的钢管去除外面接合部的增壁部分，再根据需要，去除内面接合部的增壁部分和焊缝线后，强制冷却该接合部。这是为了避免在下游进行减径加工时产生厚度不等，为了使钢管的圆周方向温度分布均匀。例如，利用图 12 所示的冷却装置，从喷嘴 34 向接合部 12 喷射水雾 35，使钢管接合部冷却。接着，用钢管均热装置升温到适合于钢管减径轧制的温度，进行均热。钢管的均热以燃气式连续加热炉或感应加热器等进行。然后，根据必要，最好进行氧化铁皮去除。

加热到规定温度的钢管，利用由数个减径轧机组成的减径加工装置，减径轧制至规定的外径，制成成品管。减径轧制在 125-725℃的轧制温度范围进行。轧制温度不到 125℃时，被轧制材的变形抗力大，轧制负荷增大，其结果钢管的表面产生轧辊的烧结缺陷。另外，若轧制温度超过 725℃，所产生的氧化铁皮在轧制中产生咬入的缺陷，钢管的表面粗糙增大表皮劣化。因此，减径轧制的轧制温度定为 125-725℃。

可以根据情况选择轧制温度的范围。即，在仅要求减低轧制负荷和提高轧辊的耐烧结性的场合，以在轧制温度为 125-375℃以下进行减径轧制为宜。而

在要求防止因减径轧制而引起的材料机械性能的劣化和防止表皮劣化的场合，以在轧制温度为375° 以上、725℃以下进行减径轧制为宜。

所得到的成品管，用切断机切断成规定的尺寸，用管矫直机进行矫直，或者将用管矫直机进行矫直后卷取成螺旋状。

下面，在图1-3中表示适合本发明实施例的钢管制造设备。

图1是表示本发明的钢管制造设备的一个实施例的侧面图。

在图1中，以侧视表示钢带1、开卷机23、接合装置24、卷取装置25、钢带预热装置2、钢带边缘处理装置26。

开卷机23是将卷成带卷状的钢带1边进行开卷边供给的装置，由卷筒、导向槽等组成。

接合装置24是为了将以带卷单位送料的钢带1连续供给生产线，将先行送料的带卷的后端部与正在送料的后行的带卷前端部焊接而接合的装置。在该接合装置中，适合使用由电极、夹紧装置等组成的闪光对焊机。

卷取装置25是在用接合装置24接合钢带1时，为了使生产线不停止地连续运转而贮存必要量的钢带的装置。

钢带预热装置2是将钢带1预热到750℃以下的温成形加工温度区的设备，例如可以使用燃气式连续加热炉、钢带用感应加热器。燃气式连续加热炉由炉体、燃烧器、炉底辊等构成，钢带用感应加热器由加热螺旋管、感应器等构成。板高、板材穿炉速度的范围大的场合，最好设置它们两方中的一方，能够更高精度地控制钢带1的温度。

钢带边缘处理装置26是用于调整钢带1的宽度端面形状，利用轧制、切削等加工边缘部的设备，例如，由立式轧辊和支持该立式轧辊的支座等构成的立辊轧机可以充当此装置。

接着，在图1中，以侧视表示成形加工装置3、开口管预热装置4、边缘预热装置(边缘加热器)5、边缘主加热装置(焊机)6、挤压机架 9、接合部外面轧制装置15、焊缝线去除装置21和焊缝引导装置7。

成形加工装置3是将钢带1连续成形成圆筒状、使钢带1的宽度两端面相对、制成开口管 10 的设备。该设备由数个成形机架、成形辊等构成，大压下量方式或吊笼方式的是适用的。

开口管预热装置4是将用成形加工装置3加工成的开口管10预热的设备，

可使用感应加热器。此时代替以上述的钢带预热装置 2 预热钢带 1，可以以开口管预热装置 4 进行预热，或者可以以两预热装置 2、4 进行预热。

边缘部预热装置 5 是利用感应加热将开口管 10 的边缘部加热到居里点以上的设备，由电源盘、配电盘、加热螺旋管、感应器等构成。为了容易控制各种板厚和制管速度时的温度，沿生产线方向分数段配置加热螺旋管和感应器是合适的。在图 11 中示出一个实施例，(A)是边缘部预热装置的斜视图，(B)是(A)的断面图。

此时，在两端的磁极 30 中缠绕螺旋管 28，使它们两端的磁极 30 面临开口管 10 的缝隙 27，形成开口管 10 通过两端的磁极 30 的空间那样的配置状态。

焊缝引导装置 7 是将开口管 10 的边缘部高度、开口宽度保持一定的装置，以便稳定地进行边缘部预热、边缘部主加热，由支持开口管 10 的辊子和支持该辊子的支座等构成。

边缘部主加热装置 6 是利用感应加热将开口管 10 的边缘部加热到能固相压接的 1300℃以上、熔点以下的温度区的设备，由电源盘、配电盘、变流器、加热螺旋管等构成。

利用边缘部预热装置 5、边缘部主加热装置 6 进行边缘部预热、边缘部主加热的开口管 10 的边缘部，最好利用图 5 所示的封闭装置 22 保持在保护气氛(非氧化性气氛)中。封闭装置 22 由覆盖边缘部的密封箱和向该密封箱中送入惰性气体的气体管道构成。

挤压机台 9 由挤压辊 8 和支持该挤压辊的支架等构成，是将边缘部加热至能固相压接温度区的开口管 10 的两边缘部对接，在圆周方向施加压力进行压接而接合的设备。

接合部外面轧制装置 15 是利用轧制使压接时产生的压接接合部附近的增壁部分(参照图 7)平滑化的设备，由轧辊托架、轧辊、支持辊等构成。

焊缝线去除装置 21 是利用磨削或切削等去除在压接时产生的焊缝线 20(参照图 8)的设备，由磨削砂轮或切削车刀等构成。因为负荷也远远小于电焊钢管的焊蚕切削，所以即使制管速度快也丝毫无障碍。

在图 1 中，还以侧视表示焊缝冷却装置 33、钢管均热装置 38、氧化铁皮去除装置 39、减径加工装置 40 和切断机 41。

焊缝冷却装置 33 是从避免在下游进行减径加工时产生厚度不等的观点出

发，用于使压接后的钢管圆周方向温度分布均匀化、将焊缝周边的高温部冷却的设备。在图 12 中示出一个实施例。图 12 是焊缝冷却装置 33 的正面断面图。在喷嘴 34 和接合部 12 之间设置间隙 36，调整间隙和间隙/接合部间距离，通过该间隙从喷嘴向接合部喷射气液二种流体的水雾 35，仅使钢管 11 的接合部周边冷却。

钢管均热装置 38 是将钢管 11 升温到适合于减径轧制的温度并均热的设备，例如燃气式连续加热炉、管用感应加热器中的任一种或两种都能适用。燃气式连续加热炉由炉体、喷嘴、炉底辊等构成，管用感应加热器由加热螺旋管等构成。在板厚、板材穿炉速度的范围大的场合，最好设置它们两种中的一种，能更高精度地控制钢管 11 的温度为佳。

氧化铁皮去除装置 39 是为了得到高质量的表面性状、在减径轧制前应该去除表面的氧化铁皮、配置在该位置的理想设备。在该设备中，例如可以使用由高压水喷射用的管道、集管、喷嘴等构成的高压水氧化铁皮清除机，或者清刷辊式氧化铁皮清除机等。

减径加工装置 40 是在合适的温度区使用多座台将钢管 11 的外径连续压下(减径轧制)、得到具有规定的成品外径的钢管的设备。在机架内在圆周方向配置数个轧辊(孔型轧辊)而组成的机座(减径轧机)以数个串联配置构成。其中，可以使用 3 辊式的拉力减径机、2 辊式的定径机等。

切断机 18 是在运行中将减径轧制后的钢管 8A 切断成规定长度的设备，其中，例如可以使用由圆盘锯等组成的旋转热锯。

另外，作为用切断机 41 切断成品管 43 的代替方式，可以在卷筒上卷取成螺旋状。

图 2 是表示本发明钢管制造设备的其他实施例的说明图。

在此场合，代替以钢带预热装置 2 进行钢带 1 的预热，以开口管预热装置 4 进行预热开口管 10。其他设备与图 1 相同。

图 3 是表示本发明钢管制造设备的其他实施例的说明图。

在此场合，在以钢带预热装置 2 进行钢带 1 的预热的同时，以成形加工装置 3 将钢带 1 成形成开口管 10 后，再用开口管预热装置 4 预热开口管 10。

另外，用挤压辊机台 9 进行压接而形成钢管 11，利用接合部外面平滑装置使接合部的增壁部分平滑后，用切断机 41 切断成规定的长度。不进行图 1、图

2 所示的减径加工。

实施例

使用图 1-图 3、图 5、图 7、图 11 和图 12 所示的制造设备，以下面所述的条件制造成品管。

用钢带预热装置 2、在 400-650℃的温度下连续预热带厚 3.5mm 的钢带 1，用成形加工装置 3 进行连续成形制成开口管 10。以表 1-1 所示的条件、利用边缘部预热装置 5、对开口管两边缘部进行边缘部预热，再利用边缘部主加热装置 6 进行边缘部主加热，以设置在接触接合部位置的挤压辊进行固相压接。接着，利用压接部外、内面轧制装置 15、17 从管内外轧制压接接合部，制成管尺寸：137.0mm(外径) × 3.5mm(壁厚)的钢管 11。

接着，利用钢管均热装置 38 将钢管 11 均热到表 1-2 所示的温度，利用减径加工装置 40、以表 1-2 所示的轧制温度制成管尺寸：60.5mm(外径) × 3.5mm(壁厚)的成品管。减径轧制时的轧制负荷，以相对常温减径轧制时的轧制负荷的比率示于表 1-2 中。另外，调查了制成的成品管 43 的焊缝质量、表面粗糙度 Rmax、烧结缺陷，其结果一并示于表 1-2 中。以成品管 43 的扁平高度比(h/D, h：扁平高度 mm、D：钢管外径 mm)进行焊缝质量的评价。再者，对一部分钢管(试验 No.11、No.12)，设置图 5 所示的封闭装置 22，在保护气氛中进行边缘部预热、边缘部主加热和固相压接。另外，试验 No.17 的钢管，利用封闭装置 22，在露点为-20℃的气氛中进行边缘部预热、边缘部主加热和固相压接。

另外，作为过去例(试验 No.13)，将钢带 1 成形加工，使端面熔融，在常温下减径加工已加压焊接的电焊钢管，制成外径 60.5mm 的成品管 43。另外，将钢带 1 加热到 1300℃进行锻接后，施行减径加工，制成外径 60.5mm 的成品管，作为过去例(试验 No.14)。对于这些以往例，也与本发明例和比较例进行同样地评价，一并示于表 1-2 中。

试验 No. 1、2、11、12 的本发明例，扁平高度比是 0.3 以下，表面粗糙度 Rmax 是 10μm 以下，不发生烧结缺陷。过去例的试验 No.13 的电焊钢管，扁平高度比是 0.3 以下，表面粗糙度 Rmax 是 10μm 以下，但是，轧制负荷大，多发生烧结缺陷。过去例的试验 No.14 的锻接管，扁平高度比是 0.4-0.6，表面粗糙度 Rmax 是 30-40μm，比本发明差。另外，像试验 No.3、No.4 和 No.5 那样，1300℃以上的保持时间 t_k 若在本发明范围以外，扁平高度比就变大。另外，

像试验 No.6 和 No.10 那样，若钢带预热温度或者减径轧制温度高于本发明范围，表面粗糙度就变大。再有，像试验 No.7 那样，边缘部端面若熔融，就形成焊蚕(堆高)，有必要进行焊蚕切削，因而制管速度降低到 100m/min。再者，试验 No.8 是将边缘部预热到超过 1300℃的温度，焊缝质量和表皮良好，制管速度也不降低。另外，试验 No.9 的减径轧制温度低于本发明范围，因此轧制负荷高，多发生烧结缺陷。

另外，本发明例的生产率高达 60 吨/小时，与切削焊蚕的过去电焊钢管的生产率是 15 吨/小时相比，生产率显著提高。

本发明例的试验 No.15、16，在成形前实施钢带的边缘处理，使边缘部角度形成直角，因此与不进行边缘部处理的其他试验 No.1、2 相比，扁平高度比变小。

本发明例的试验 No.17，将边缘预热，边缘主加热和固相加压焊接的气氛的露点控制在－20℃。借此，与不进行气氛中的露点控制的试验 No.12 相比，扁平高度比变小。

发明的效果

按照本发明，能够稳定地将开口管的两边缘部保持在能固相压接的温度区，能以高生产率制造具有优良的焊缝质量和表皮的钢管，而且也能达到适应小批量多品种生产的特别效果。

特别利用本发明的制造方法，能够得到耐沟状腐蚀性良好、无钩形裂纹的钢管。

表 1-1

试验 No.	钢带预热温度(℃)	边缘预热		边缘加热和固相压接				备注
		端面温度(℃)	大气中的氧浓度(体积%)	端面温度(℃)	大气中的氧浓度(体积%)	在1300 ℃或1300 ℃以上的保持时间(秒)	公式值(1)(秒)	
1	600	1000	大气	1400	大气	0.06	0.03	本发明例
2	600	1100	大气	1450	大气	0.15	0.03	本发明例
3	600	1000	大气	1250	大气	-	0.03	比较例
4	-	1100	大气	1350	大气	0.02	0.03	比较例
5	-	700	大气	1400	大气	0.01	0.03	比较例
6	850	1100	大气	1350	大气	0.11	0.03	比较例
7	600	1000	大气	1550*1	大气	-	0.03	比较例
8	600	1350	大气	1450	大气	0.07	0.03	本发明例
9	200	1100	大气	1450	大气	0.04	0.03	比较例
10	750	1000	大气	1400	大气	0.06	0.03	比较例
11	600	1100	0.1	1350	0.1	0.05	0.01	本发明例
12	400	900	0.1	1350	0.1	0.02	0.01	本发明例
13	-	-	-	1580*1	大气	-	-	传统例
14	1300	-	-	-	-	-	-	传统例
15	600	1000	大气	1350	大气	0.07	0.03	本发明例
16	600	1000	大气	1400	大气	0.12	0.03	本发明例
17	400	900	0.1*2	1350	0.1*2	0.02	0.01	本发明例

*1 熔融

*2 按露点控制

表 1-2

试验 No.	加压焊接后的外径 (mm)	钢管轧制成形速度 (m/min)	减经轧制温度 *3 (℃)	钢管制品外径 (mm)	钢管成形速度 (m/min)	扁平高度比*4 (h/D)	表面精糙度 (R_{max}) (μm)	减径轧制载荷比*5 (%)	绕结缺陷数*6	备注
1	137.0	150	500	60.5	340	0.25	5.2	78	0	本发明例
2	137.0	150	600	60.5	340	0.18	4.7	74	0	本发明例
3	137.0	150	400	60.5	340	0.98	5.8	90	0	比较例
4	137.0	150	150	60.5	340	0.95	4.5	85	0	比较例
5	137.0	150	130	60.5	340	0.96	4.3	88	0	比较例
6	137.0	150	700	60.5	340	0.20	26.0	55	0	比较例
7	137.0	100	600	60.5	226	0.15	5.8	72	0	比较例
8	137.0	150	650	60.5	340	0.18	4.0	70	0	本发明例
9	137.0	150	100	60.5	340	0.26	2.4	110	9	比较例
10	137.0	150	800	60.5	340	0.14	18.0	35	0	比较例
11	137.0	150	550	60.5	340	0.12	5.0	75	0	本发明例
12	137.0	150	350	60.5	340	0.22	4.0	85	0	本发明例
13	137.0	100	20	60.5	226	0.12	1.5	100	15	传统例
14	137.0	150	1280	60.5	340	0.58	40.0	10	0	传统例
15	137.0	150	600	60.5	340	0.16	5.1	74	0	本发明例
16	137.0	150	600	60.5	340	0.12	4.5	76	0	本发明例
17	137.0	150	350	60.5	340	0.15	4.3	84	0	本发明例

*3：进口侧的轧制温度

*4：h：扁平高度

D：钢管的外径

*5：在常温轧制时作为 100

*6：每 10 米钢管制品

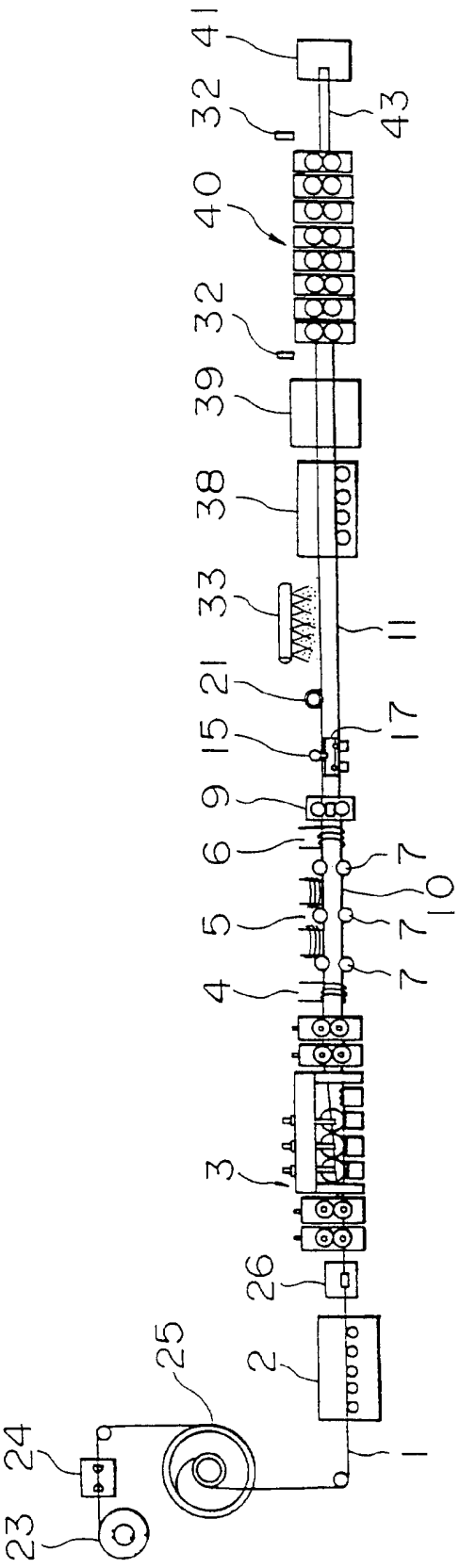


图 1

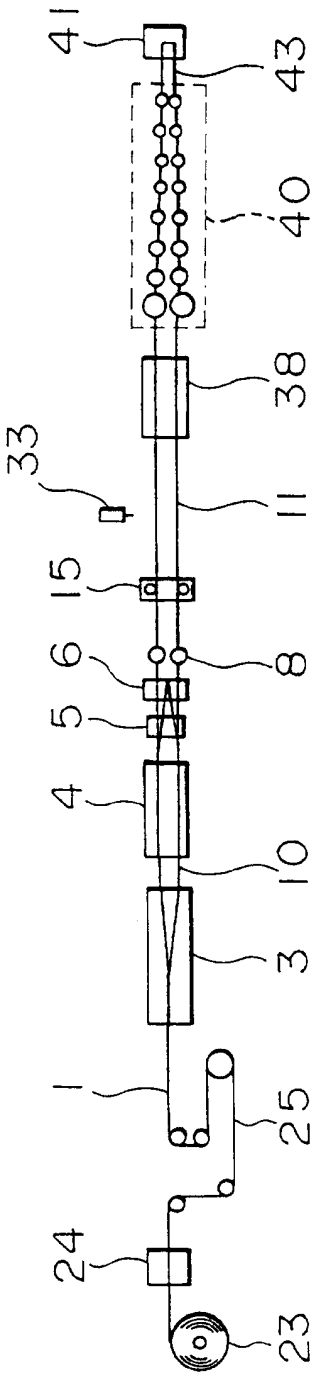

41
43
40
38
33
11
15
6
8
5
4
10
3
1
25
24
23

图 2

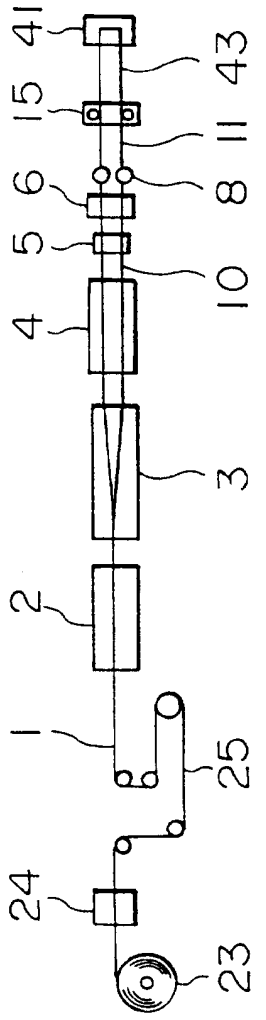

41
43
15
11
6
8
5
10
4
3
2
1
25
24
23

图 3

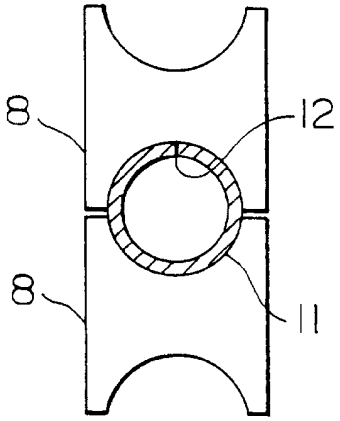


图 4A

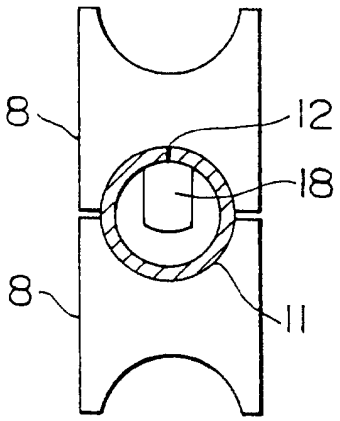


图 4C

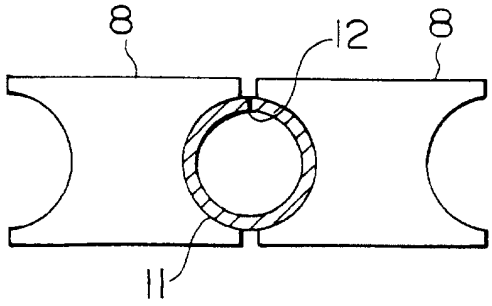


图 4B

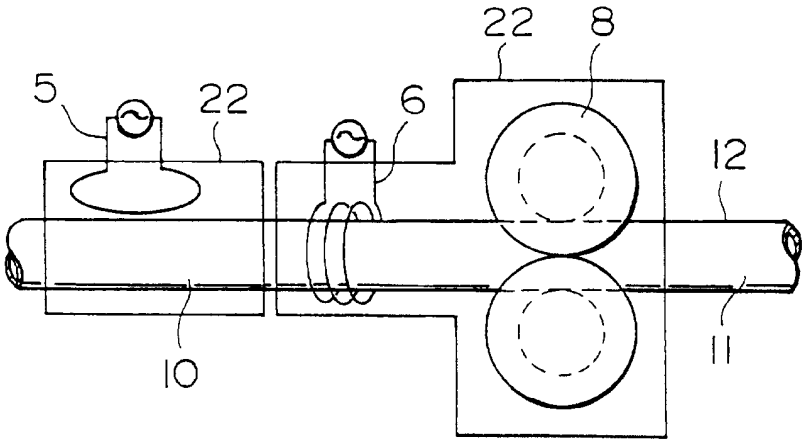


图 5

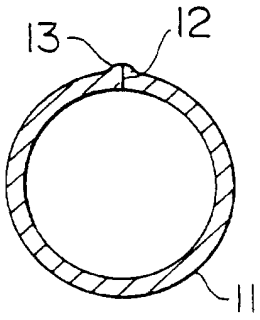


图 6A

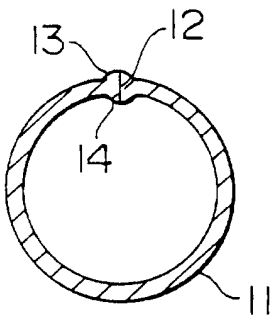


图 6B

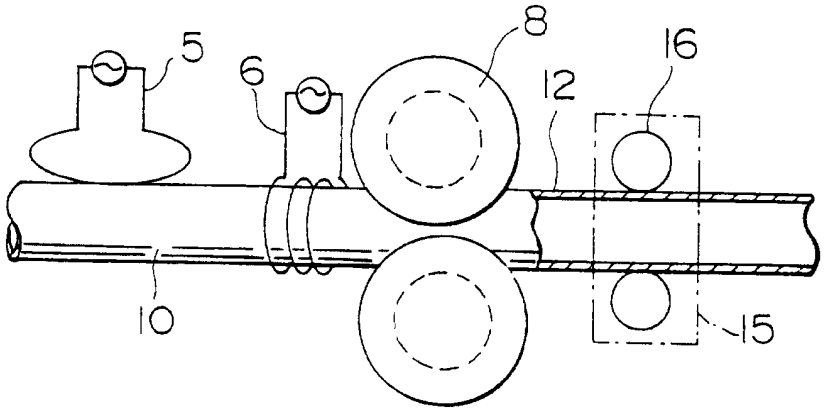


图 7A

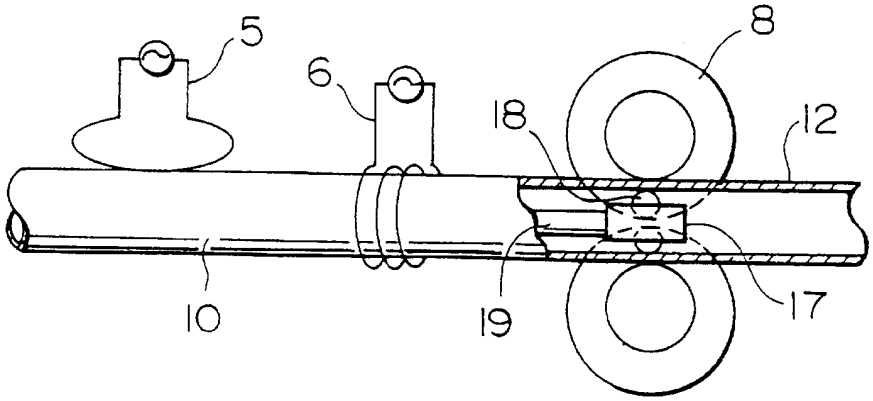


图 7B

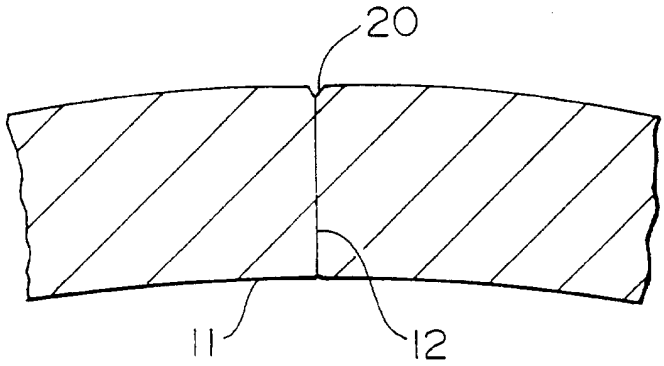


图 8

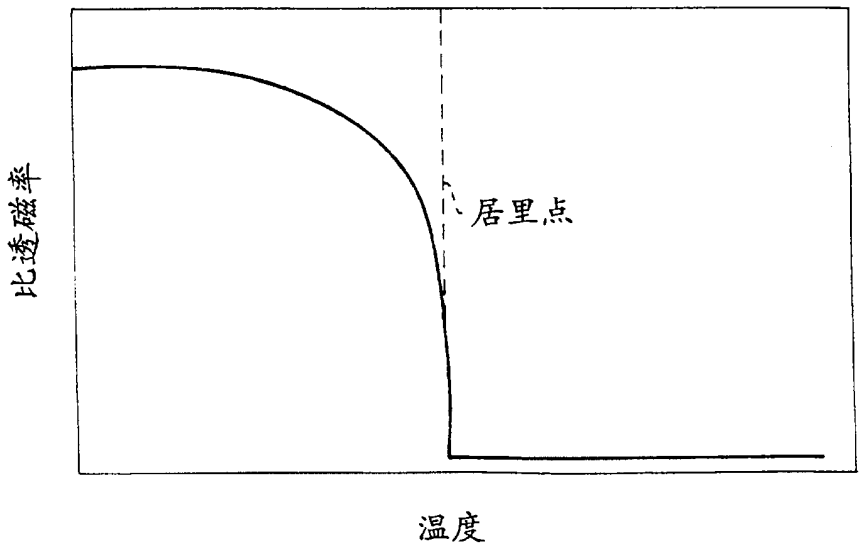


图 9

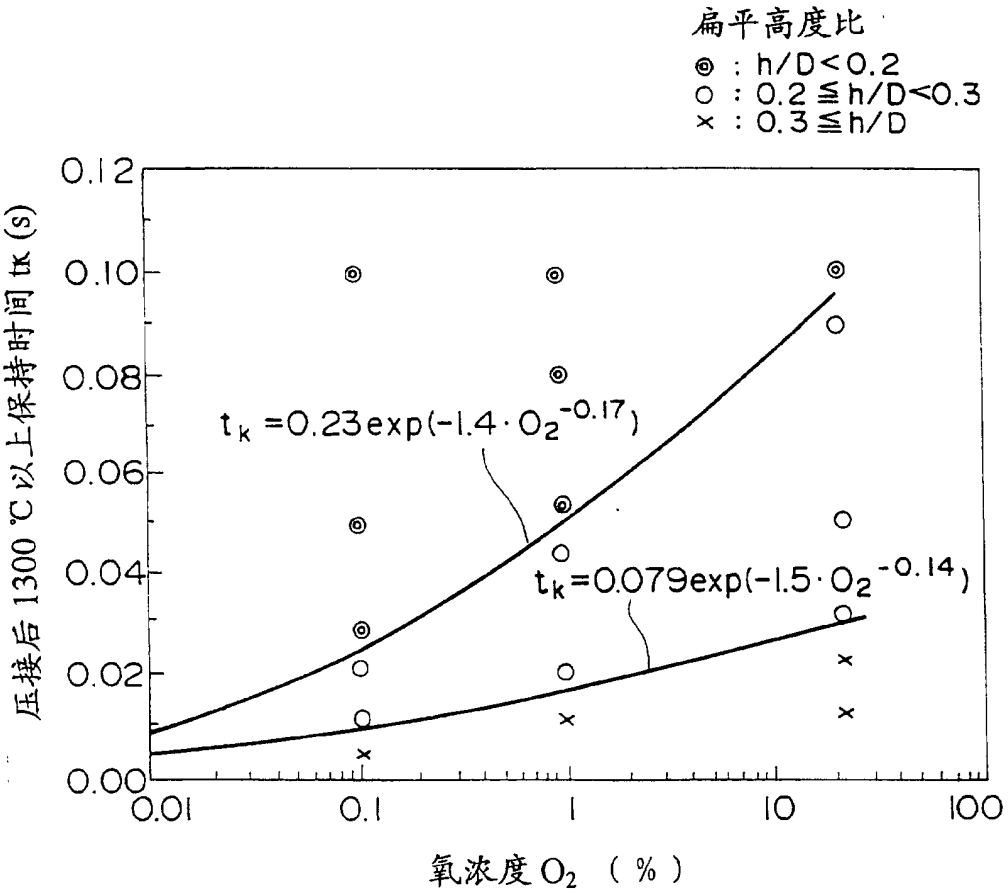

扁平高度比
◎ : h/D<0.2
○ : 0.2≦h/D<0.3
× : 0.3≦h/D
压接后1300℃以上保持时间 tk (s)
0.12
0.10
0.08
0.06
0.04
0.02
0.00
0.01
0.1
1
10
100
$t_k = 0.23\exp(-1.4 \cdot O_2^{-0.17})$
$t_k = 0.079\exp(-1.5 \cdot O_2^{-0.14})$
氧浓度 O_2 (%)

图 10

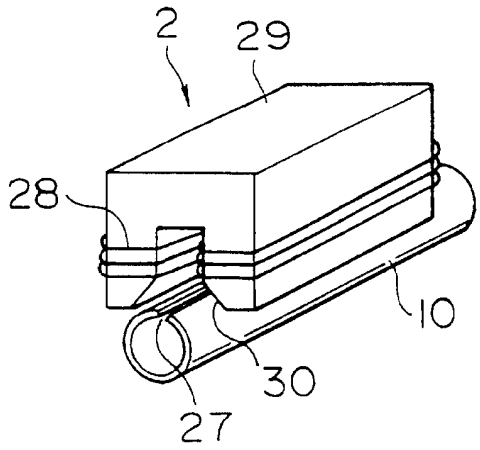


图 11A

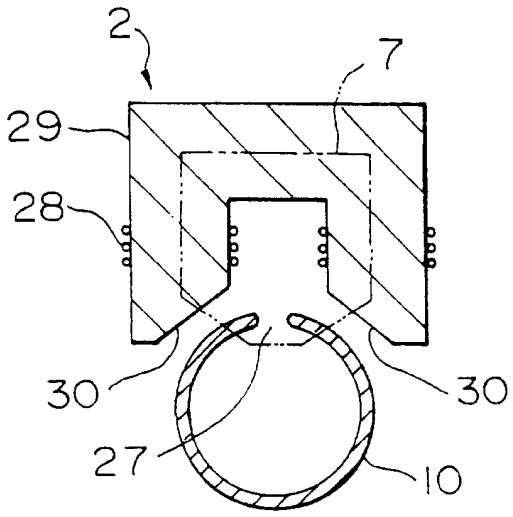


图 11B

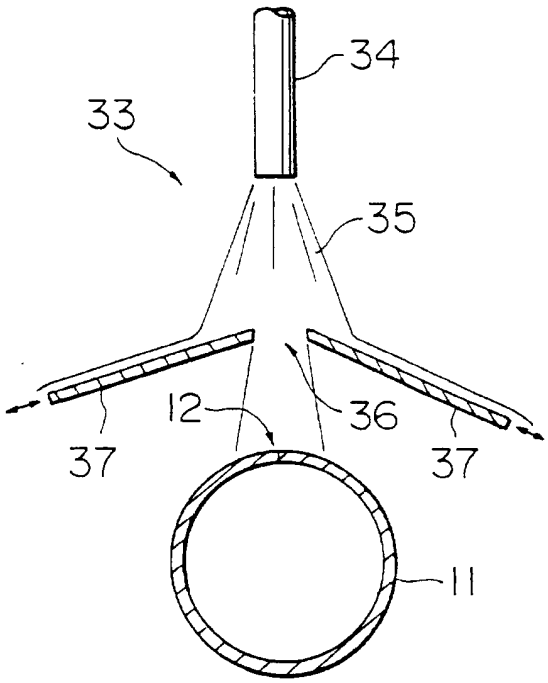


图 12