

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl⁷
C22C 38/06
F16L 9/02



[12] 发 明 专 利 说 明 书

[21] ZL 专利号 02142988. X

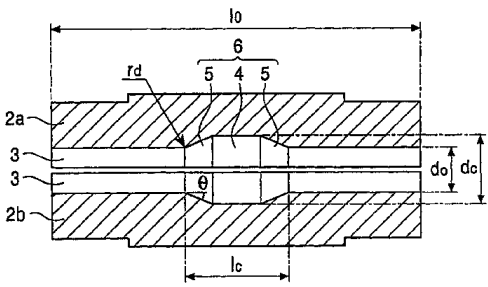
[45] 授权公告日 2005 年 5 月 11 日 [11] 授权公告号 CN 1201027C

[22] 申请日 2002. 5. 31 [21] 申请号 02142988. X [30] 优先权 [32] 2001. 5. 31 [33] JP [31] 163608/2001 [71] 专利权人 杰富意钢铁株式会社 地址 日本东京都 [72] 发明人 丰冈高明 荒谷昌利 河端良和 桥本裕二 依藤章 冈部能知 长滨拓也 木村光男 审查员 王怀东	[74] 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司 代理人 郑建晖
权利要求书 2 页 说明书 10 页 附图 2 页	

[54] 发明名称 液压成型性优异的焊接钢管及其制造方法

[57] 摘要

本发明涉及一种液压成型性优异的焊接钢管及其制造方法。 该方法包括：把具有重量百分比为下列含量组分的焊接钢管用作坯材钢管，其中：C：0.05 - 0.2%、Mn：1.5% 以下、S：0.01% 以下以及适量含量的 Si、Al、N；在对该坯材钢管进行的加热处理或均热处理中，实施累积减径率 35% 以上且终轧温度为 500℃ - 900℃ 的缩径轧制，从而使所述焊接钢管的拉伸强度为 400MPa 以上，并且 n 值和值的乘积 $n \times r$ 为 0.22 以上。 在所述减径轧制中，最好采用在 Ar_3 相变点以下的温度范围内累积减径率为 20% 以上的减径轧制。



I S S N 1 0 0 8 - 4 2 7 4

1. 一种具有优异的液压可成形性的焊接钢管，其特征在于，它具有以下按质量百分比计的组分：

5 C: 0.05%—0.2%；
 Si: 0.01%—0.2%；
 Mn: 0.2%—1.5%；
 P: 0.01%—0.1%；
 S: 0.01%以下；

10 Al: 0.01%—0.1%；
 N: 0.001%—0.01%；以及

余量为 Fe 以及不可避免的杂质，

其中，该焊接钢管具有 400MPa 以上的拉伸强度，并且 n 值和 r 值的乘积 $n \times r$ 为 0.22 以上，

15 在这里，n 值是根据如下等式通过 5%—10% 延伸率之间的真实应力 (σ) 差值和真实应变 (e) 差值的比例来确定，

$$n = (\sigma_{10\%} - \sigma_{5\%}) / (e_{10\%} - e_{5\%})$$

r 值被定义为拉伸测试中钢板宽度方向真实应变和厚度方向真实应变的比例，

20
$$r = \ln(W_i/W_f) / \ln(L_f/L_i)$$

其中， L_i 是最初长度， L_f 是最后长度， W_i 是最初宽度， W_f 是最终宽度。

2. 如权利要求 1 所述的焊接钢管，其特征在于，上述 n 值为 0.15 以上，并且上述 r 值为 1.5 以上。

3. 如权利要求 1 或 2 所述的焊接钢管，其特征在于，除了上述组
25 分之外，还包含下面 A 组和 B 组中的一组或两组：

A 组： Cr: 0.1% 以下、Nb: 0.05% 以下、Ti: 0.05% 以下、Cu: 1.0% 以下、Ni: 1.0% 以下、Mo: 1.0% 以下、B: 0.01% 以下的元素的一组或两组以上；

B 组： Ca: 0.02% 以下、REM: 0.02% 以下的元素的一组或两组。

30 4. 一种具有优异的液压可成形性的焊接钢管的制造方法，它包括：

对钢管坯料施加加热处理或均热处理，焊接钢管的钢管坯料具有以下按质量百分比计的组分：

- 5 C: 0.05%—0.2%;
Si: 0.01%—0.2%;
Mn: 0.2%—1.5%;
P: 0.01%—0.1%;
S: 0.01%以下;
Al: 0.01%—0.1%;
N: 0.001%—0.01%;

- 10 在累积缩径率为 35%以上并且终轧温度为 500—900℃ 的条件下对所述钢管坯料进行减径轧制，使得所述焊接钢管具有 400MPa 以上的拉伸强度并且其 n 值和 r 值的乘积 $n \times r$ 为 0.22 以上。

5. 如权利要求 4 所述的焊接钢管的生产方法，其特征在于，所述减径轧制是在 A_3 相变点以下的温度区域、以 20%以上的累积缩径率进行的减径轧制。

6. 如权利要求 4 或 5 所述的焊接钢管的生产方法，其特征在于，除了上述组分之外，所述钢管还包含下面 A 组和 B 组中的一组或两组：

- A 组： Cr: 0.1%以下、Nb: 0.05%以下、Ti: 0.05%以下、Cu: 1.0%以下、Ni: 1.0%以下、Mo: 1.0%以下、B: 0.01%以下的元素的一组或两组以上；

B 组： Ca: 0.02%以下、REM: 0.02%以下的元素的一组或两组。

液压成型性优异的焊接钢管及其制造方法

5 技术领域

本发明涉及一种焊接钢管，适用于形成汽车结构部件和底部部件；本发明尤其涉及焊接钢管的加工性（液压成型性）的改良。

背景技术

汽车结构部件使用各种截面形状的中空部件。以前，制造这种中空结构部的的方法，采用把钢板挤压加工形成的零件加以点焊连接进行制造的方法。目前要求汽车的中空结构部件在碰撞时具有吸收更高冲击力的能力，所用的钢材能具有更高强度。为此，采用以往的挤压成型方法，难以把高强度钢材制成成型无缺陷且形状・尺寸精度优良的部件。

最近，液压成型方法作为解决上述问题的一种新方法引起人们的注意。该液压成型方法是把高压液体注入钢管内以形成所需形状部件的方法，这种优良的成型法，利用扩管加工使钢管的截面尺寸改变，能整体形成形状复杂的部件，且能提高部件的机械强度和刚性。

液压成型钢管强度高且成本低，通常使用含碳质量为0.10-0.20%的低碳或中等碳含量钢板构成的电焊接管。

但是，在对这种由中、低碳钢板制成的电焊接钢管实施液压成型时，由于电焊接钢管自身的加工性不好，存在的问题是不能完全扩管。

对于上述问题而言，为了提高电焊接钢管的加工性，作为原材料可以考虑使用显著减少了含碳量的超低碳含量钢板。但在使用超低碳含量电焊接钢管的情况下，虽然液压成型好，但是，由于制造钢管时具有焊接热，焊缝附近的晶粒变大且软化，存在的问题是，扩管变形集中在焊缝附近的局部中，原材料不能完全发挥所具有高延展性。因此，极希望焊接钢管具有完全忍耐液压成型的材料特性及焊缝品质。

发明内容

鉴于上述现有技术的问题，本发明的目的是提供一种能够经受严格液压成型且具有优异液压成型性的焊接钢管及其制造方法。

本发明的焊接钢管的特性为拉伸强度TS为400Mpa以上,可以为400Mpa以上、小于590MPa, n值和r值的乘积 $n \times r$ 为0.22以上,可以是n值为0.15以上, r值为1.5以上。

- 本发明人为了解决上述述问题,认真研究了焊接钢管的组成和制造方法。
- 5 结果发现,对含碳量在0.05-0.2%范围内的焊接钢管,实施累计减径率35%以上且终轧温度为500—900℃的减径轧制, n值和r值的乘积($n \times r$)增加,并且能提高液压成型性。

- 本发明是根据上述认识并加以研究而完成的。本发明的第一个方面是一种液压成型性优异的焊接钢管,其特征在于,其中含有重量百分数计为:
- 10 C:0.05%-0.2%、Si:0.01%-0.2%、Mn: 0.2%-1.5%、P: 0.01%-0.1%、S: 0.01%以下、Al: 0.01%-0.1%、N: 0.001%-0.01%,其余组成为Fe和不可避免的杂质;该焊接钢管的拉伸强度TS为400Mpa以上,可以为400 MPa 以上、小于590Mpa; n值和r值的乘积 $n \times r$ 为0.22以上。根据本发明的第一个方面,所述n优选为0.15以上,或者所述r值为1.5以上。另外,根据本发明的第一个方面,前述组成中还包括下面的A组或下面的B组中的一组或两组:
- 15

A组包括: Cr: 0.1%以下、Nb: 0.05%以下、Ti: 0.05%以下、Cu: 1.0%以下、Ni: 1.0%以下、Mo: 1.0%以下、B: 0.01%以下中的一种或两种以上;

B组包括: Ca: 0.02%以下、REM(稀土金属): 0.02%以下中的一种或两种。

- 本发明的第二方面是一种制造具有优异液压成型性焊接钢管的方法,其特征在于,把具有以下重量百分含量的焊接钢管用作坯材钢管,其中含有0.05%-0.2%的C、0.2%以下的Si、1.5%以下的Mn、0.1%以下的P、0.01%以下的S、0.1%以下的Al以及0.01%以下的N;在对该坯材钢管进行加热处理或均热处理中,实施减径轧制的累计减径率为35%以上、终轧温度为500℃—900℃;从而使焊接钢管的拉伸强度为400Mpa以上; n值和r值的乘积 $n \times r$ 为0.22以上。根据
- 20
- 25 据本发明的第二方面,上述减径轧制,最好采用在 Ar_3 变态点以下的温度范围内累积减径率为20%以上的减径轧制。

- 另外,根据本发明的第二方面,上述组成还包括A组或B组中的一组或二组,其中A组包括: 0.1%以下的Cr、0.05%以下的Nb、0.05%以下的Ti、1.0%以下的Cu、1.0%以下的Ni、1.0%以下的Mo以及0.01%以下的B中的一种或两种以上; B组包括: 0.02%以下的Ca、0.02%以下的REM(稀土金属)中的一种或两
- 30

种。

附图说明

图1是表示在自由膨胀试验中使用一例模具的截面图；

图2是表示在自由膨胀试验中使用一例液压成型设备的截面图。

5 具体实施方式

以下描述本发明中焊接钢管组成限制的理由。以下把组成中的质量百分数仅表示为“%”。

C:0.05%-0.2%

10 C有助于提高钢的机械强度，但是含量超过0.2%时，成型性不好。另一方面，含量小于0.05%时，不能确保所需的拉伸强度，并且，晶粒在焊接过程中容易长大，由此导致机械强度的降低以及不规则变形。因此，C含量的范围限定在0.05%-0.2%。

Si:0.01%-0.2%

15 Si是增加钢强度的元素，所以为了强度的原因应该含有。Si的含量为0.01%以上才有效果。但是，硅含量过多会导致表面性质显著恶化、在液压成型时的临界扩管率LBR减小，并且液压成型性不好。因此，本发明中硅的含量限定为0.2%以下。

Mn:0.2%-1.5%

20 Mn提高机械强度而不会使得表面性质和焊接性恶化，可以含有0.2%以上的Mn以确保所需强度。另一方面，Mn含量超过1.5%会导致液压成型时的临界扩管率（LBR）的降低，使液压成型性降低。因此，Mn含量限定为1.5%以下。可以为0.2%-1.3%。

P:0.01%-0.1%

25 P是用来增加强度的元素。含量为0.01%以上才会有效果。但是如果P含量超过0.1%，会导致焊接性的明显恶化。因此，本发明中P含量限定为0.1%以下。当P增强不是必须时或者需要高的焊接性时，P含量可以为0.05%以下。

S:0.01%以下

30 S是作为钢中非金属内含物而存在的，在某些情况下，该非金属内含物在液压成型中用作钢管破裂的核，由此导致液压成型性的恶化。所以，要尽可能的降低S含量；S含量为0.01%以下时，对液压成型性降低的影响不大，因此，S

含量限定为0.01%以下。为了进一步增强液压成型性，S含量优选为0.005%以下，更优选为0.001%以下。

Al:0.01%-0.1%

Al用作脱氧剂，同时也是用来抑制晶粒粗大化的元素，其含量最好为0.01%
5 以上。但是，如果Al含量超过0.1%，则氧化物内含物增加，降低了清洁度。因此，Al含量限定为0.1%以下。就减少液压成型时的开裂起点而言，Al含量最好为0.05%以下。

N:0.001%-0.01%

N是与Al结合使结晶颗粒微细化的元素，所以，N含量最好为0.001%以上，
10 但是如果N含量超过0.01%，会导致延展性的恶化。因此，N含量限定为0.01%以下。

在本发明中，该组成还含有A组和B组中的一组或两组，其中A组包括0.1%以下的Cr、0.05%以下的Nb、0.05%以下的Ti、1.0%以下的Cu、1.0%以下的Ni、1.0%以下的Mo以及0.01%以下的B中的一种或两组以上；B组包括0.02%以下的
15 Ca、0.02%以下的REM中的一种或两组。

A组包括0.1%以下的Cr、0.05%以下的Nb、0.05%以下的Ti、1.0%以下的Cu、1.0%以下的Ni、1.0%以下的Mo以及0.01%以下的B中的一种或两种以上，Cr、Ti、Nb、Cu、Ni、Mo和B的任一种都是用于提高机械强度的同时不损害延展性的元素，所以，必要时可以选择含有这些元素。当Cr、Ti、Nb、Cu、Ni或Mo
20 含量为0.01%以上，并且B的含量为0.0001%以上时，认为这些效果是显著的。当Cr含量超过0.1%，Ti、Nb含量超过0.05%，Cu、Ni、Mo含量超过0.1%，B含量超过0.01%时，这些元素的效果达到饱和；不能希望含量平衡的效果，这不仅不利于节约成本，还会使延展性、焊接性以及热加工性和冷加工性都降低。因此，将这些元素的含量限定为：Cr：0.1%以下、Nb：0.05%以下、Ti：0.05%
25 以下、Cu：1.0%以下、Ni：1.0%以下、Mo：1.0%以下、B：0.01%以下。

B组含有0.02%以下的钙和0.02%以下的REM中的一种或两种。

Ca和REM都是球状非金属内含物，是提高液压成型性的元素，必要时可以选择含有这些元素。当Ca和REM含量在0.0020%以上时这种效果是显著的。另一方面当含量超过0.02%时，形成过量的内含物，导致清洁度的降低。因此，
30 Ca和REM的含量要在0.02%以下。当联合使用钙和REM时，合计量在0.03%以

下。

上述成分之外的余量是Fe以及不可避免的杂质。

具有上述组成的本发明焊接钢管，是具有高膨胀成型性的优良钢管，其拉伸强度TS为400Mpa以上的高强度，可以为400Mpa-590MPa，并且其 $n \times r$ 乘积为0.22以上。当 $n \times r$ 乘积小于0.22时，膨胀成型性不好。为了获得均匀的变形， n 值要

5 值为0.15以上。另外，为了抑制局部壁变薄， r 值要为1.5以上。
本发明焊接钢管的临界扩管率LBR可以为40%以上。该临界扩管率LBR由以下等式所限制：

$$\text{LBR}(\%) = (d_{\max} - d_0) / d_0 \times 100$$

10 其中 $d_{\max}$ 是管在爆裂（破裂）处的最大外径(mm)， d_0 是管在测试之前的外径(mm)。在爆裂处的最大外径 $d_{\max}$ 是由爆裂部分周长除以圆周率 π 计算的值。在本发明中，临界扩管率LBR是通过轴向压缩自由膨胀试验来计算出的值。

例如，实施的自由膨胀试验，可以采用由图1所示分割模具2a、2b构成的、图2所示液压成型加工设备，进行扩管。

15 图1是所使用模具的截面图。上模具2a和下模具2b在各自纵向的两端侧上，具有半筒状面钢管夹持件3，半筒状面直径近似等于试验钢管的外径 d_0 。另外，在纵向方向的中央部上，设有直径为 d_c 的半圆筒状变形部分4以及由倾斜角度 θ 为45°的锥形变形部分5形成的变形部分6。因此，变形部分6的长度 l_c 为钢管外径 d_0 的2倍。另外，半圆筒状变形部分4的直径 d_c 为钢管外径 d_0 的2倍。

20 如图2所示，使用上模具2a和下模具2b，以把钢管1嵌在管夹持器3中的形式，夹持测试钢管1。在这个状态中，从钢管1的两端，通过轴向推动滚筒7a向测试钢管1的内侧供水等液体，以给管壁施加液压P，使圆形断面自由膨胀变形，直到管爆裂。测量爆裂时的最大外径 $d_{\max}$ 。

8是模具夹持架，9是外环，保持把钢管夹持在各模具上的状态。

25 在液压成型方法中，可以采用固定管两端的方式，或者从管的两端加载压缩力（轴向压缩）的方式。一般轴向压缩方式能获得高的临界扩管率LBR。在本发明中，从管的两端加载适当的压缩力，通过进行轴向压缩的自由膨胀试验，计算出临界扩管率LBR。参考图2，通过对推动滚筒7a和7b沿轴向加载压缩力F，就能实施这种压缩力负载。

30 以下描述制造本发明焊接钢管的方法。

在本发明中, 作为坯材钢管使用了具有上述组成的焊接钢管, 对这种坯材钢管的制造方法没有特殊的限定。把带钢冷轧或温轧或热轧或者被弯曲形成开口管, 可以适当采用电焊接法或固相压接法或锻接法等任一种。电焊接法利用感应加热, 把该开口管的两个边缘加热到熔点温度以上, 再利用挤压辊面对面焊接; 固相压接法利用感应加热, 把该开口管的两个边缘加热到低于熔点温度的固相压接温度范围内, 再利用挤压辊面对面压接。制造坯材钢管中使用的带钢, 是把具有上述组成的钢熔制后, 利用连续铸造法或成块-分块法制成坯块, 把该坯块热轧成热轧钢板, 或者再冷轧-退火成冷轧钢板, 就能适当利用热轧钢板或冷轧钢板。

10 根据本发明的第二个方面, 首先, 对上述坯材钢管进行加热处理或均热处理。对坯材钢管进行加热的条件没有特殊限制, 但为了满足后述的减径轧制条件, 要选择 $700^{\circ}\text{C} - 1100^{\circ}\text{C}$ 。在制造坯材钢管进行温塑或热塑减径轧制时, 为了使管温分布均匀化, 在保持充分温度的情况下, 能充分地实施均热处理。但在坯材钢管保持温度低的情况下, 无法实施均热处理。

15 对加热处理或均热处理后的坯材钢管再实施减径轧制。减径轧制通常是利用多台串联布置的孔型轧机进行的, 减径轧制的累计减径率为35%以上。所谓累计减径率是指串联轧机整体中单个孔型轧机减径率的总和。当累计减径率小于35%时, 不会提高 n 值和 r 值, 加工性和液压成型性降低。因此, 本发明中累计减径率限定为35%以上。另外, 从生产率方面考虑, 为了防止局部壁加厚, 20 累计减径率的上限可以为95%。累计减径率最好为35%—90%。当需要较高的 r 值时, 采用高下压率在铁素体区进行减径轧制, 使轧制集合组织发达, 形成主要部分。因此, 在 Ar_3 相变点以下的温度区的累计减径率可以为20%以上。

在减径轧制中, 最终轧制温度为 $500^{\circ}\text{C} - 900^{\circ}\text{C}$ 。如果最终轧制温度小于 500°C 或超过 900°C , 不会提高 n 值和 r 值, 加工性降低, 或者不会提高自由膨胀试验中的临界扩管率LBR, 降低液压成型性。因此, 本发明的中减径轧制的最终轧制温度限定为 $500^{\circ}\text{C} - 900^{\circ}\text{C}$ 。

另外, 在减径轧制中, 最好使用多台串联设置的孔型轧机组, 把这种孔型轧机称为减径机。

在本发明中, 初次对具有上述组成的坯材钢管实施上述减径轧制, 这能使轧制钢管的拉伸强度TS为400Mpa以上, 提高 n 值 $\times r$ 值, 显著提高了高强度钢

管的液压成型性。

实施例

把具有表1所示组成的钢板（热轧钢板或冷轧退火钢板）辊压成管状后，利用感应加热把两端加热对接，形成焊接钢管（外径：146mm ϕ 、壁厚：2.6mm）。

- 5 把这种焊接钢管作为坯材钢管，在表2所示条件下，对坯材钢管进行减径轧制，制成轧制钢管。

把获得的轧制钢管制备成纵向拉伸测试片（JIS No.12A测试片），以测量轧制钢管的拉伸性能（屈服强度YS、拉伸强度TS和延伸率EI）、n值和r值。根据如下等式，通过5%—10%延伸率之间的真实应力（ σ ）差值和真实应变（ e ）

- 10 差值的比例确定n值。

$$n = (\sigma_{10\%} - \sigma_{5\%}) / (e_{10\%} - e_{5\%})$$

r值被定义为拉伸测试中钢板宽度方向真实应变和厚度方向真实应变的比例。

$$r = \text{LN}(W_i/W_f) / \text{LN}(T_i/T_f)$$

- 15 其中 W_i 是最初宽度， W_f 是最终宽度， T_i 是最初板厚， T_f 是最后板厚。

由于厚度测量伴有误差，因此采用如下等式假设测试片体积是恒定的来确定r值：

$$r = \text{LN}(W_i/W_f) / \text{LN}(L_f W_f / L_i W_i)$$

其中 L_i 是最初长度， L_f 是最后长度。

- 20 在本发明中，将应变仪粘接在拉伸测试片上，在纵向额定应变为6%—7%的范围内，测定纵向和横向的真实应变，利用上述进行计算。

把轧制钢管切成500mm长，作为液压成型测试管。如图2所示，将切好的测试管放在液压成型加工设备中，从测试管的两端供水，使圆形断面自由膨胀变形而导致管爆裂。测量爆裂时测试管的最大外径 $d_{\max}$ ，根据如下等式计算临

- 25 界扩管率LBR：

$$\text{LBR}(\%) = (d_{\max} - d_0) / d_0 \times 100$$

其中 d_0 是测试管未处理时的外径（轧制钢管外径）。如图1所示，所使用的模具尺寸为： l_c 是127mm， d_c 是127mm， r_d 是5mm， l_0 是550mm， θ 是45℃。

测试结果如表3所示。

- 30 本发明实施例中的焊接钢管，都具有400Mpa以上的拉伸强度，高的n值和

r值, 以及0.22以上的 $n \times r$ 乘积, 表示出优异的加工性和液压成型性。与此对比, 本发明要求范围外的比较实施例中, 焊接钢管的 $n \times r$ 乘积低, 加工性差; LBR值低, 液压成型性差, 因此, 该焊接钢管不适合于用作实施液压成型部件的轧制钢管。

- 5 如上所述, 采用本发明能够廉价高效地生产出液压成型性优异的结构部件用焊接钢管, 能更有效地应用于工业生产。

表1

钢号	化学成分 (质量%)												附注
	C	Si	Mn	P	S	Al	N	Cr	Ti	Nb	Mo,Cu, Ni,B	Ca,REM	
A	0.09	0.1	13	0.02	0.003	0.03	0.003	-	-	-	-	-	实施例
B	0.15	0.2	0.5	0.02	0.003	0.04	0.003	0.02	-	-	-	-	实施例
C	0.18	0.15	0.82	0.02	0.01	0.03	0.003	0.03	-	-	-	-	实施例
D	0.06	0.06	0.29	0.02	0.003	0.04	0.003	0.02	-	-	-	-	实施例
E	0.09	0.1	13	0.02	0.003	0.03	0.003	-	-	-	B: 0.0010	-	实施例
F	0.09	0.1	13	0.02	0.003	0.03	0.003	-	-	-	Mo: 0.1	Ca: 0.0040	实施例
G	0.09	0.1	13	0.02	0.003	0.03	0.003	0.10	0.015	0.02	-	REM: 0.0030	实施例
H	0.005	0.1	0.5	0.02	0.003	0.03	0.003	-	-	-	-	-	比较例
I	0.08	0.1	0.8	0.15	0.003	0.03	0.003	-	-	-	-	-	比较例
J	0.08	0.1	0.5	0.02	0.015	0.03	0.003	-	-	-	-	-	比较例
K	0.25	0.1	0.5	0.02	0.003	0.04	0.003	-	-	-	-	-	比较例
L	0.10	0.1	0.5	0.02	0.003	0.15	0.003	-	-	-	-	-	比较例

表2

管号	钢号	制造坯材钢管的条件		制造轧制管的条件				
		坯材钢板类型	形成开口管的温度℃	加热(均热)温度℃	减径轧制条件			
					终轧温度℃	累计减径率%	Ar ₃ 以下的累计减径率%	Ar ₃ 相变点℃
1	A	热轧	R.T.*	950	700	50	50	796
2	B	热轧	R.T.	950	700	55	55	802
3	C	热轧	R.T.	1000	650	60	40	795
4	D	热轧	R.T.	900	700	70	45	843
5	E	冷轧	R.T.	950	650	80	80	796
6	F	热轧	500	900	700	65	30	800
7	G	冷轧	500	900	700	40	25	796
8	H	热轧	R.T.	950	750	60	30	880
9	I	热轧	R.T.	950	750	60	30	930
10	J	热轧	R.T.	950	750	60	30	823
11	K	热轧	R.T.	950	650	60	30	780
12	L	冷轧	R.T.	950	750	60	30	854
13	A	热轧	R.T.	950	600	<u>30</u>	10	796
14		热轧	R.T.	950	600	<u>30</u>	20	796
15		热轧	R.T.	950	<u>400</u>	50	25	796
16	B	热轧	500	950	<u>950</u>	50	25	802
17		热轧	500	950	650	<u>30</u>	10	802
18		热轧	500	950	650	<u>30</u>	20	802

*) R.T.: 室温

表3

轧制 管号	钢 号	轧制管的性能						自由膨胀 测试	附注
		拉伸性能			n值	r值	n×r	临界扩管 率LBR%	
		屈服强度 (YS)MPa	拉伸强度 (TS)MPa	延伸率 (EI)%					
1	A	380	490	42	0.23	2.4	0.552	78	实施例
2	B	390	500	40	0.21	2.2	0.462	75	实施例
3	C	467	570	34	0.17	1.8	0.306	72	实施例
4	D	336	420	55	0.25	2.5	0.625	85	实施例
5	E	382	495	41	0.20	1.7	0.340	74	实施例
6	F	405	500	41	0.19	1.8	0.342	76	实施例
7	G	439	535	40	0.16	1.6	0.256	70	实施例
8	H	240	300	55	0.23	2.6	0.598	87	比较例
9	I	465	500	28	0.10	1.10	0.121	25	比较例
10	J	390	495	25	0.14	1.3	0.182	20	比较例
11	K	505	630	21	0.09	1.00	0.090	18	比较例
12	L	405	505	20	0.11	1.1	0.121	21	比较例
13	A	382	491	30	0.09	0.09	0.081	18	比较例
14		378	492	28	0.09	0.08	0.072	21	比较例
15		380	501	32	0.09	0.91	0.082	20	比较例
16	B	340	430	45	0.12	1.3	0.156	25	比较例
17		440	550	25	0.09	1.1	0.099	21	比较例
18		432	530	30	0.10	0.9	0.090	20	比较例

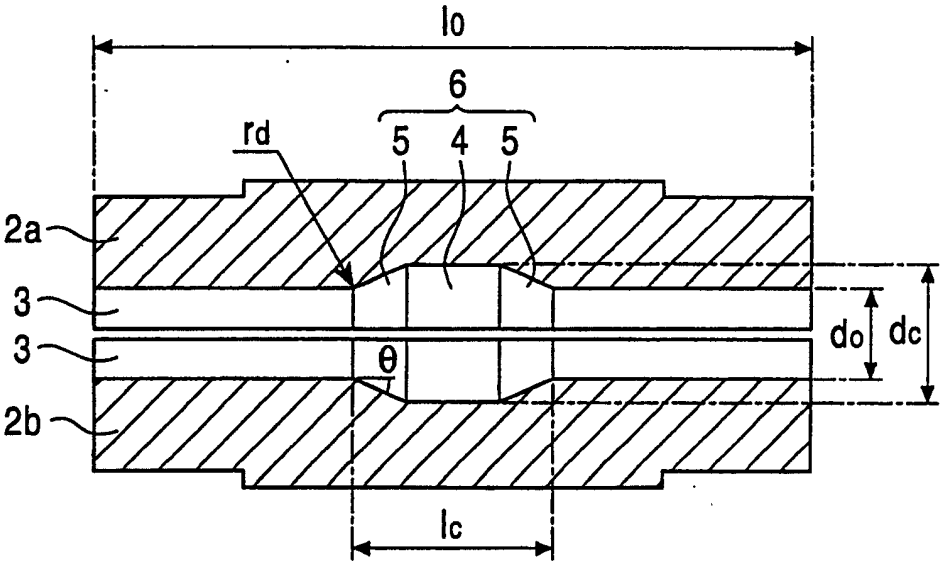


图 1

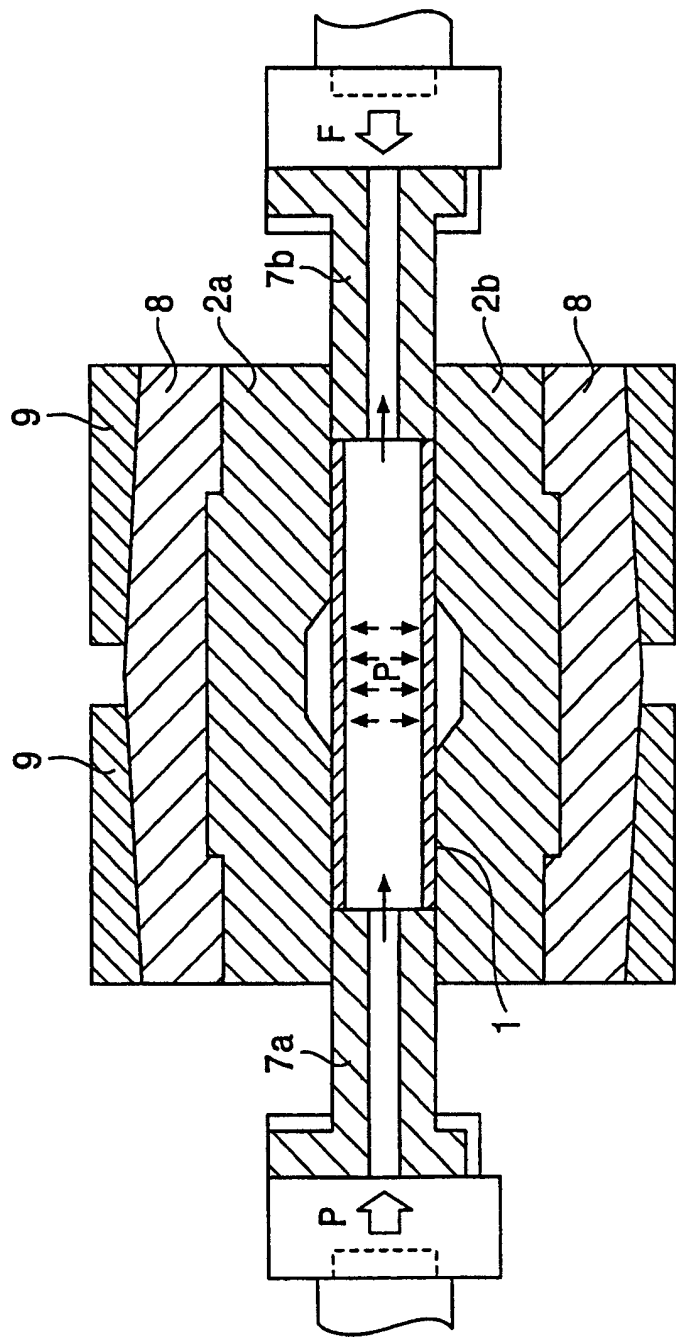


图 2