

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

B21B 17/14 (2006.01)

B21B 27/02 (2006.01)



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 200580001515.2

[45] 授权公告日 2008 年 8 月 13 日

[11] 授权公告号 CN 100409953C

[22] 申请日 2005. 3. 23

[21] 申请号 200580001515. 2

[30] 优先权

[32] 2004. 3. 29 [33] JP [31] 096821/2004

[86] 国际申请 PCT/JP2005/005198 2005. 3. 23

[87] 国际公布 WO2005/092531 日 2005. 10. 6

[85] 进入国家阶段日期 2006. 5. 30

[73] 专利权人 住友金属工业株式会社

地址 日本大阪府

[72] 发明人 稻毛孝光 奥井达也

[56] 参考文献

JP10 - 156412A 1998. 6. 16

CN1135382A 1996. 11. 13

JP61 - 216805A 1986. 9. 26

CN1174527A 1998. 2. 25

CN1145597A 1997. 3. 19

CN1436612A 2003. 8. 20

CN1199355A 1998. 11. 18

审查员 陆 帅

[74] 专利代理机构 北京林达刘知识产权代理事务所

代理人 刘新宇

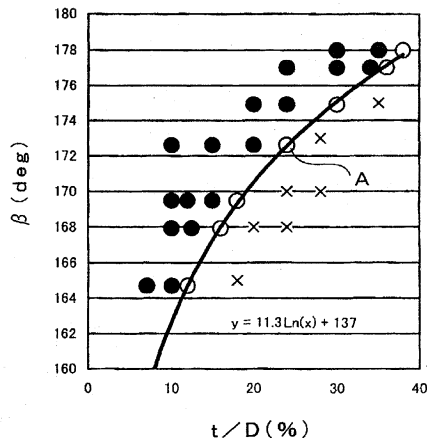
权利要求书 2 页 说明书 11 页 附图 7 页

[54] 发明名称

管的制造方法及定径轧制装置

[57] 摘要

本发明的管的制造方法包含使用由多个轧制机构成的定径轧制装置对管进行定径轧制的工序，该多个轧制机的各轧制机具有多个孔型轧辊；其中，分别在上述各轧制机中相互相邻的孔型轧辊的相对的边缘部划切线，设该切线的夹角在所有轧制机中的最小值为 β (deg)、上述定径轧制装置出口侧的管的外径为 D (mm)、上述定径轧制装置出口侧的管的壁厚为 t (mm) 时，使用上述角度 β 满足以下式 (1) 的孔型轧辊， $\beta \geq 1.13 \times 10 \times \ln(t/D \times 100) + 1.37 \times 10^2 \dots (1)$ 。



1. 一种管的制造方法，用于制造用于汽车用驱动轴的管，该制造方法包含使用由多个轧制机构成的定径轧制装置对管进行定径轧制的工序，该多个轧制机的各轧制机具有多个孔型轧辊；其特征在于，

使用如下的孔型轧辊，即，该孔型轧辊的孔型轮廓具有单一圆弧，且满足如下条件：分别在上述各轧制机中相互相邻的孔型轧辊的相对的边缘部划切线，设该切线的夹角在所有轧制机中的最小值为 β （deg）、上述定径轧制装置出口侧的管的外径为 D （mm）、上述定径轧制装置出口侧的管的壁厚为 t （mm）时，上述角度 β 满足以下式（1），

并且，在设上述定径轧制装置入口侧的管外径为 D_i （mm）时，将由以下的式（2）定义的外径加工度设定为50%以上，

$$\beta \geq 1.13 \times 10 \times \ln(t/D \times 100) + 1.37 \times 10^2 \dots (1)$$

$$\text{外径加工度} = (D_i - D) / D_i \times 100 (\%) \dots (2)$$

2. 根据权利要求1所述的管的制造方法，其特征在于，管的边缘部相当位置的内表面的曲率半径与平均内半径之比在所有轧制机的平均值大于等于0.55。

3. 一种定径轧制装置，由多个轧制机构成，对用于汽车用驱动轴的管进行定径轧制，该多个轧制机的各轧制机具有多个孔型轧辊；其特征在于，

具有如下的孔型轧辊，即，该孔型轧辊的孔型轮廓具有单一圆弧，且满足如下条件：分别在上述各轧制机中相互相邻的孔型轧辊的相对的边缘部划切线，设该切线的夹角在所有轧制机中的最小值为 β （deg）、上述定径轧制装置出口侧的管的外径为 D （mm）、上述定径轧制装置出口侧的管的壁厚为 t （mm）时，上述角度 β 满足以下式（1），

并且，在设上述定径轧制装置入口侧的管外径为 D_i （mm）时，

将由以下的式(2)定义的外径加工度设定为50%以上,

$$\beta \geq 1.13 \times 10 \times \ln(t/D \times 100) + 1.37 \times 10^2 \dots (1)$$

$$\text{外径加工度} = (D_i - D) / D_i \times 100 (\%) \dots (2).$$

4. 根据权利要求3所述的定径轧制装置, 其特征在于, 管的边缘部相当位置的内表面的曲率半径与平均内半径之比在所有轧制机的平均值大于等于0.55。

管的制造方法及定径轧制装置

技术领域

本发明涉及一种管的制造方法及定径轧制装置，该定径轧制装置在各轧制机具有至少两个辊的多个孔型轧辊，该管的制造方法在由上述定径轧制装置对管进行定径轧制时，可有效地抑制可能在管的内表面发生的折皱的发生及扩展。

背景技术

通常在将管的外径加工成规定值的工序中，使用定径机、张力减径机等定径轧制装置。该定径轧制装置公知有在各轧制机具有压下方向夹角为 120° 的3个孔型轧辊(以下适当地称为“轧辊”)的3辊式定径轧制装置。另外，还公知有在各轧制机具有压下方向夹角为 90° 的4个孔型轧辊的4辊式定径轧制装置。还公知有在各轧制机具有相对的两个孔型轧辊的2辊式定径轧制装置。

可是，最近，保护地球环境的必要性不断提高，对于汽车的车身也要求进一步实现节能效果。出于该目的，车身轻量化的要求提高，为此，正尝试将汽车部件中的驱动轴由实心构件改变成空心构件(管)。

汽车用驱动轴是将发动机旋转轴的转矩传递到轮胎的重要安全保证部件，需要确保足够的抗疲劳强度。因此，在将管用作汽车用驱动轴时，需要极力抑制使管的疲劳强度显著下降的管内表面的折皱状的凹凸(以下称“折皱”)。

而且，该折皱在管的制造工序中的、将管外径加工为规定值的工序中经常发生。其原因可以认为是由于定径轧制装置在对管进行定径轧制时不使用对管内表面进行约束的工具，所以，容易在管内表面产生折皱。

发明内容

本发明就是为了解决这样的现有技术的问题而作出的，它基于本发明者新发现的见解，即，发现从具有多个轧制机的定径轧制装置的入口侧到出口侧为止的对整个管的压下率（外径加工度），对定径轧制工序中的管的折皱的产生及扩展产生很大的影响。

具体地说，如图5所示，随着定径轧制装置对管的外径加工度的增大，在管内表面产生折皱并扩展（折皱的深度变大）。特别发现，以外径加工度50%的点为界急速扩展。另外，若设定径轧制装置入口侧的管外径为 D_i ，定径轧制装置出口侧的管外径（加工直径）为 D ，则外径加工度为由以下的式（2）定义的值。

$$\text{外径加工度} = (D_i - D) / D_i \times 100 (\%) \dots (2)$$

从图5还可以看出，在外径加工度大于等于约50%时，在用“●”绘出的管的边缘部相当位置（在任一个轧制机中，为由轧辊的边缘部轧制的管的部位，在用3辊式的定径轧制装置进行轧制时，沿管的周向共6个部位），折皱集中地发生和扩展。

在该管的边缘部相当位置折皱集中地发生和扩展的原因可认为是，由于轧辊的孔型轮廓为椭圆，所以从轧辊的边缘部施加于管的压缩力比其它部分施加于管的压缩力大得多。

按照以上见解，作为有效地抑制折皱的发生和扩展的方法，可考虑限制外径加工度的上限（例如使外径加工度不到50%）。

然而，限制外径加工度的上限的方法，在由一个定径轧制装置制造多种管时，需要与其相应地准备多种外径的管坯。即，出现生产率变差的问题。

因此，希望找到这样的方法，不限制外径加工度的上限，即，即使外径加工度大于等于50%，也可有效地抑制折皱的发生和扩展。

因此，本发明的发明者进一步进行了认真的讨论，结果发现，管的边缘部相当位置的内表面曲率半径、管的平均内半径（短径与长径的平均值）、及折皱的深度之间存在一定的关系。

更具体地说，在使用由多个轧制机构成的定径轧制装置对管进行定径轧制时，若在管的边缘部相当位置的内表面的曲率半径与平均内半径之比在所有轧制机的平均值大于等于0.55的条件下进行轧制，则即使外径加工度大于等于50%，也可有效地抑制可能发生于管内表面的折皱的发生和扩展，其中该定径轧制装置在各轧制机具有多个孔型轧辊。另外，“管的边缘部相当位置的内表面曲率半径与平均内半径之比在所有轧制机的平均值”是指，在所有轧制机将各轧制机出口侧的管的边缘部相当位置的内表面曲率半径与平均内半径之比平均化后的值。

本发明的发明者根据上述见解，即，在管的边缘部相当位置折皱集中地发生和扩展是因为孔型轧辊的孔型轮廓为椭圆形，认真讨论了具有更接近正圆的孔型轮廓、且如上述那样管的边缘部相当位置的内表面曲率半径与平均内半径之比在所有轧制机的平均值大于等于0.55的孔型轧辊的条件。结果，本发明的发明者发现，分别在各轧制机中相互相邻的孔型轧辊的相对的边缘部划切线，与定径轧制装置出口侧的管的壁厚与外径之比相应地规定该切线的夹角在所有轧制机中的最小值即可，由此完成了本发明。

即，本发明提供一种管的制造方法，，用于制造用于汽车用驱动轴的管，该管的制造方法包含使用由多个轧制机构成的定径轧制装置对管进行定径轧制的工序，该多个轧制机的各轧制机具有多个孔型轧辊；使用如下的孔型轧辊，即，该孔型轧辊的孔型轮廓具有单一圆弧，且满足如下条件：分别在上述各轧制机中相互相邻的孔型轧辊的相对的边缘部划切线，设该切线的夹角在所有轧制机中的最小值为 β （deg）、上述定径轧制装置出口侧的管的外径为 D （mm）、上述定径轧制装置出口侧的管的壁厚为 t （mm）时，上述角度 β 满足以下式（1），并且，在设上述定径轧制装置入口侧的管外径为 D_i （mm）时，将由以下的式（2）定义的外径加工度设定为50%以上，

$$\beta \geq 1.13 \times 10 \times \ln(t/D \times 100) + 1.37 \times 10^2 \dots (1)$$

$$\text{外径加工度} = (D_i - D) / D_i \times 100 (\%) \dots (2)$$

按照本发明，通过使用角度 β 满足上述式(1)的孔型轧辊，即使管的外径加工度大于等于50%，也使施加于管的边缘部相当位置的压缩力缓和(分散)。结果，可使管的边缘部相当位置的内表面的曲率半径与平均内半径的比在所有轧制机的平均值大于等于0.55，可有效地抑制可能发生于管的内表面的折皱的发生和扩展。

另外，本发明还提供一种定径轧制装置，该定径轧制装置由多个轧制机构成，对用于汽车用驱动轴的管进行定径轧制，该多个轧制机的各轧制机具有多个孔型轧辊；其中，具有如下的孔型轧辊，即，该孔型轧辊的孔型轮廓具有单一圆弧，且满足如下条件：分别在上述各轧制机中相互相邻的孔型轧辊的相对的边缘部划切线，设该切线的夹角在所有轧制机中的最小值为 β (deg)、上述定径轧制装置出口侧的管的外径为 D (mm)、上述定径轧制装置出口侧的管的壁厚为 t (mm)时，上述角度 β 满足以下式(1)，并且，在设上述定径轧制装置入口侧的管外径为 D_i (mm)时，将由以下的式(2)定义的外径加工度设定为50%以上，

$$\beta \geq 1.13 \times 10 \times \ln(t/D \times 100) + 1.37 \times 10^2 \dots (1)$$

$$\text{外径加工度} = (D_i - D) / D_i \times 100 (\%) \dots (2)$$

按照本发明的管的制造方法和定径轧制装置，当由定径轧制装置对管进行定径轧制时，可有效地抑制可能发生于管内表面的折皱的发生和扩展。

附图说明

图1为概略地示出适用本发明一实施方式的管的制造方法的3辊式定径轧制装置的图。

图2为示出在管的外径加工度大于等于50%时、管的边缘部相当位置的内表面曲率半径和平均内半径之比在所有轧制机的平均值与产生于管内表面的折皱的深度的关系的图。

图3为用于说明在孔型轧辊的边缘部划出的切线的夹角的说

明图。

图4为示出图3所示角度 β_0 在所有轧制机中的最小值 β 、在定径轧制装置出口侧的管的壁厚 t 与外径 D 之比、以及管的边缘部相当位置的内表面曲率半径与平均内半径之比在所有轧制机的平均值的关系的图。

图5为示出定径轧制装置的外径加工度与产生于轧制的管内表面的折皱的最大深度的关系的图。

图6为概略地示出本实施方式的孔型轧辊的孔型轮廓的图。

图7(a)、(b)、(c)为局部地示出本发明其它实施方式的孔型轧辊的孔型轮廓的图。

具体实施方式

下面适当参照附图说明本发明的一实施方式。

图1为概略地示出适用本发明一实施方式的管的制造方法的3辊式定径轧制装置的图。如图1所示，在本实施方式的定径轧制装置（在本实施方式中，进行热定径轧制的张力减径机）1中，在多个（ N 个，在本实施方式中， $N=17$ ）轧制机#1~# N 上分别设有压下方向的夹角为 120° 的3个孔型轧辊10，在相邻的轧制机间轧辊10的压下方向错开 60° 地交替配置。在各轧制机的由各轧辊形成的孔型中，穿过有作为轧制对象的管P，在最终轧制机# N 的出口侧进行定径轧制使其外径成为预定的规定值。另外，若设定定径轧制装置1入口侧的管P的外径为 D_i 、出口侧的外径为 D 时，则设定各轧制机的轧辊10的尺寸和设置位置以成为由以下的式(2)定义的外径加工度。

$$\text{外径加工度} = (D_i - D) / D_i \times 100 (\%) \dots (2)$$

图2为表示本发明的发明人调查的结果的曲线图，示出在外径加工度大于等于50%时，管P的边缘部相当位置的内表面曲率半径

与平均内半径之比在所有轧制机#1~#N中的平均值 α 与产生于管P内表面的折皱的深度的关系。更具体地说,图2中的曲线图示出在一边对设于各轧制机的孔型轧辊10的孔型轮廓的条件进行多种改变,一边将外径100mm、壁厚11mm的碳素钢管定径轧制成外径40mm、壁厚9.6mm时的管P的边缘部相当位置的内表面曲率半径与平均内半径之比在所有轧制机#1~#N中的平均值 α 与产生于管P内表面的折皱的深度的关系。

其中,平均值 α 这样获得,即,通过使用三维形状测定器(东京精密社制造)在各轧制机出口侧测定管P的边缘部相当位置的内表面曲率半径和平均内半径,用所有轧制机数将根据该测定值对每一轧制机出口侧计算出的两者之比平均,平均后得到的值为该平均值 α 。平均值 α 为由以下的步骤(a)~(c)得到的值。

(a)在测定管P的边缘部相当位置的内表面曲率半径和平均内半径的、成为考察对象的各轧制机出口侧,中止管P的轧制(从定径轧制装置1取下管P,或在该轧制机的后级轧制机不轧制地输送),将该管P的一部分作为试样切取。

(b)对于切出的试样,使用三维形状测定器测定边缘部相当位置的内表面曲率半径和平均内半径,计算出两者之比。

更具体地说,首先根据最初使用三维形状测定器测定的管P的一断面的内表面形状数据(构成内表面的各部分的座标数据)计算出管P内表面的重心位置。然后,使用处于相当于孔型轧辊凸缘部位位置的管P的内表面部位(即位于相当于相邻孔型轧辊的相对的边缘部的间隙中间位置的管P的内表面部位)的座标和从上述部位绕上述计算出的重心回转约 $\pm 5^\circ$ 的位置的管P各内表面部位的座标,计算出通过该3个部位的圆的半径,将该计算出的半径作为边缘部相当位置的内表面曲率半径。然后,设上述重心与构成管P内表面的各部位的距离为内半径,将沿管P周向的内半径平均值作为

平均内半径。如以上那样，分别计算出边缘部相当位置的内表面曲率半径和平均内半径，计算两者之比。

(c) 在所有轧制机的出口侧反复进行上述(a)和(b)的步骤，将所有轧制机的测定值(边缘部相当位置的内表面曲率半径与平均内半径之比)平均化，计算出 α 。

下面以具体例说明以上说明的步骤。例如，图2所示数据点a($\alpha=0.42$ ，折皱深度=0.135mm)、点b($\alpha=0.57$ ，折皱深度=0.05)、点c($\alpha=0.92$ ，折皱深度=0.04mm)的 α 分别如以下表1所示那样，为用所有轧制机数将对各轧制机出口侧计算出的边缘部相当位置的内表面曲率半径r/平均内半径d进行平均化得到的值。

[表1]

轧制机	点a			点b			点c		
	边缘部内表面曲率半径r (mm)	平均内半径d (mm)	r/d	边缘部内表面曲率半径r (mm)	平均内半径d (mm)	r/d	边缘部内表面曲率半径r (mm)	平均内半径d (mm)	r/d
#1	16.9	37.5	0.45	22.6	37.6	0.60	22.6	37.6	0.60
#2	14.3	34.8	0.41	21.6	34.9	0.62	21.6	34.9	0.62
#3	12.8	32.0	0.40	21.0	32.4	0.65	21.0	32.4	0.65
#4	11.9	29.7	0.40	17.7	29.6	0.60	17.7	29.6	0.60
#5	10.7	27.5	0.39	15.3	27.4	0.56	15.3	27.4	0.56
#6	9.4	25.3	0.37	13.7	25.3	0.54	13.7	25.3	0.54
#7	8.5	23.1	0.37	12.3	23.3	0.53	12.3	23.3	0.53
#8	7.5	21.5	0.35	10.8	21.3	0.51	10.8	21.3	0.51
#9	6.9	19.8	0.35	9.7	19.4	0.50	9.7	19.4	0.50

# 10	6.1	17.9	0.34	8.5	17.8	0.48	8.5	17.8	0.48
# 11	5.3	16.1	0.33	7.9	16.4	0.48	7.9	16.4	0.48
# 12	5.0	14.8	0.34	7.2	14.8	0.49	7.2	14.8	0.49
# 13	4.9	13.5	0.36	6.6	13.3	0.50	6.6	13.3	0.50
# 14	5.8	12.1	0.48	6.7	12.1	0.55	6.7	12.1	0.55
# 15	6.4	10.9	0.59	7.2	11.0	0.65	7.2	11.0	0.65
# 16	6.3	10.5	0.60	7.0	10.7	0.65	7.0	10.7	0.65
# 17	7.2	10.5	0.69	7.3	10.4	0.70	7.3	10.4	0.70
平均 值 α	—	—	0.42	—	—	0.57	—	—	0.57

另外，图2所示折皱深度是指在定径轧制装置1出口侧测定的管P的折皱深度的最大值，为通过将轧制后的管P的一部分作为试样切出、对断面进行微观观察而测定的值。

从图2可以得知， α 以0.55左右为界，如其小，则折皱的深度急速增大。因此，如相反地将 α 设为大于等于0.55，则可有效地抑制可能在管P内表面发生的折皱的发生和扩展。

因此，在本实施方式的定径轧制装置1中，配置由定径轧制装置1轧制的管P的 α 大于等于0.55的那样条件的轧辊10。以下，具体说明设定这样的轧辊10的条件的理由和设定条件。

首先，如图3所示，在各轧制机具有的一个轧辊10a的边缘部Ea划切线（边缘部Ea近旁的孔型轮廓的切线）La，在与轧辊10a相邻的轧辊10b的边缘部中的、与边缘部Ea相对的边缘部Eb划切线（边缘部Eb近旁的孔型轮廓的切线）Lb，计算出两切线La、Lb的夹角 β 。另外，如图6所示，本实施方式的各轧辊10的孔型轮廓具有以O'为中心的半径R的圆弧，该中心O'从孔型中心（轧制线中心）O往外方（从轧辊10的槽底C离开的方向）偏移（偏移量S），该圆弧为与轧辊10的凸缘侧壁面F直接交叉的形状。并且，

轧辊10的边缘部E(即孔型轮廓PR的端部)相当于上述半径R的圆弧的端部。上述角度 β_0 是根据该孔型轮廓以几何方法计算出的(对各轧制机计算出的3个部位的角度 β_0 全部为相同的值)。

然后,设角度 β_0 在所有轧制机#1~#N的最小值为 β (deg)、在定径轧制装置1出口侧的管P的外径(目标外径)为D(mm)、在定径轧制装置1出口侧的管P的壁厚(目标壁厚)为t(mm)时,根据本发明的发明者的调查可知, β 、t/D、及 α 为图4所示那样的关系。在此,图4的横轴表示t/D(%),纵轴表示 β (deg),用“○”绘出的数据表示轧制的管P的 α 为0.55的数据,用“●”绘出的数据表示轧制的管P的 α 比0.55大的数据,用“×”绘出的数据表示轧制的管P的 α 不到0.55的数据。

更具体地说明,例如,图4所示数据点A(t/D=24.0%, $\beta=173$ deg)为根据以下表2所示条件将外径100mm、壁厚11mm的碳素钢管定径轧制成外径40mm、壁厚9.6mm时得到的数据。即,在表2所示条件下,角度 β_0 在所有轧制机#1~#17的最小值 β 为173deg,在定径轧制装置1出口侧(即#17轧制机出口侧)的t/D=24.0%,所以绘制成图4所示座标。

[表2]

轧制机	出口侧外径D (mm)	出口侧壁厚t (mm)	β_0 (deg)	在单个轧制机的 外径加工度(%)	t/D(%)
#1	97.0	10.9	173	3	11.2
#2	91.2	10.8	173	6	11.8
#3	85.7	10.7	173	6	12.5
#4	80.6	10.6	173	6	13.2
#5	75.7	10.5	173	6	13.9
#6	71.2	10.4	173	6	14.6
#7	66.9	10.3	173	6	15.4

# 8	62.9	10.2	173	6	16.2
# 9	59.1	10.1	173	6	17.1
# 10	55.6	10.0	173	6	18.0
# 11	52.2	9.9	173	6	18.9
# 12	49.1	9.8	173	6	20.0
# 13	46.2	9.7	173	6	21.0
# 14	43.4	9.6	173	6	22.1
# 15	41.2	9.6	178	5	23.3
# 16	40.4	9.6	178	2	23.8
# 17	40.0	9.6	180	1	24.0

从图4可以得知，要使 α 大于等于0.55，只要相对于各 t/D 将 β 设定为大于等于规定值即可。因此，在本实施方式中，关于各 t/D 、用以 t/D 为变量的函数（自然对数函数）近似 α 为0.55时的 β 的值后，设定轧辊10的孔型轮廓，以使 β 成为大于等于该近似函数的值。更具体地说，为使角度 β 满足以下的式（1）而设定轧辊10的孔型轮廓。

$$\beta \geq 1.13 \times 10 \times \ln(t/D \times 100) + 1.37 \times 10^2 \quad \dots (1)$$

若使用如以上那样被设定了的轧辊10进行轧制，则如上述那样，可使管P的 α 大于等于0.55，所以，可有效地抑制可能发生于管P内表面的折皱的发生和扩展。

另外，参照图6如上所述，本实施方式的各轧辊10的孔型轮廓PR具有半径R的单一的圆弧，轧辊10的边缘部E（即孔型轮廓PR的端部）相当于上述半径R的圆弧的端部。但是，本发明的各轧辊10的孔型轮廓不限于此，也可采用具有图7所示那样的各种孔型轮廓的轧辊。图7为对本发明其它实施方式的孔型轧辊的孔型轮廓示出其于图6的由虚线围住的区域对应的部位的图。如图7(a)所示，作为本发明的各轧辊10的孔型轮廓PR，也可使用由半径不同的多

个圆弧构成、与凸缘侧壁面F直接交叉的形状，在该情况下的轧辊10的边缘部E相当于位于最凸缘侧的圆弧（半径 R_n ）的端部。另外，也可采用在由单一圆弧或多个圆弧构成的孔型轮廓PR与轧辊10的凸缘侧壁面F之间设置由朝内方（朝孔型中心）凸状的圆弧（半径 r ）构成的所谓“退让部（escape）”的形状（图7（b）），或设置了由直线构成的“退让部”的形状（图7（c））。这些情况下的轧辊10的边缘部E相当于构成孔型轮廓PR的圆弧的端部（位于最凸缘侧的圆弧的端部）。

另外，在本实施方式中，以3辊式定径轧制装置为例进行了说明，但本发明不限于此，也可同样地适用于4辊式或2辊式等形式的在各轧制机具有多个孔型轧辊的定径轧制装置。

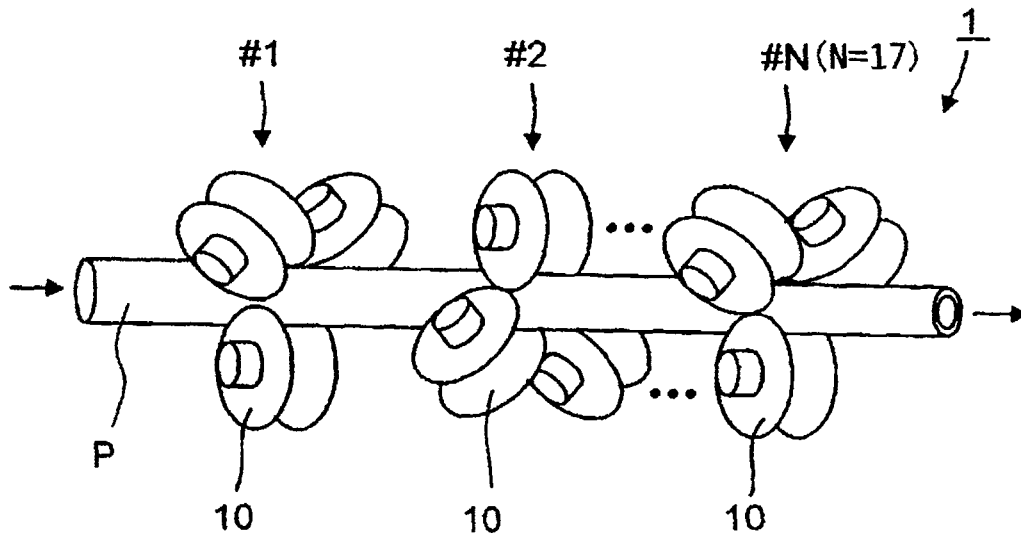


图 1

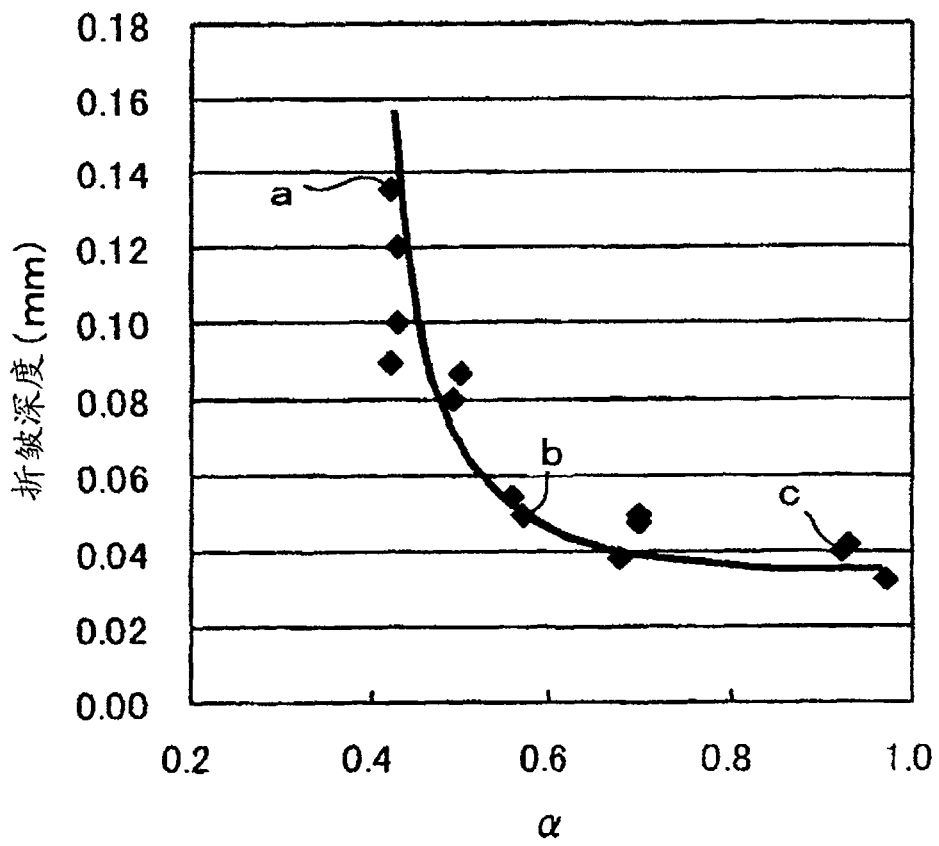


图 2

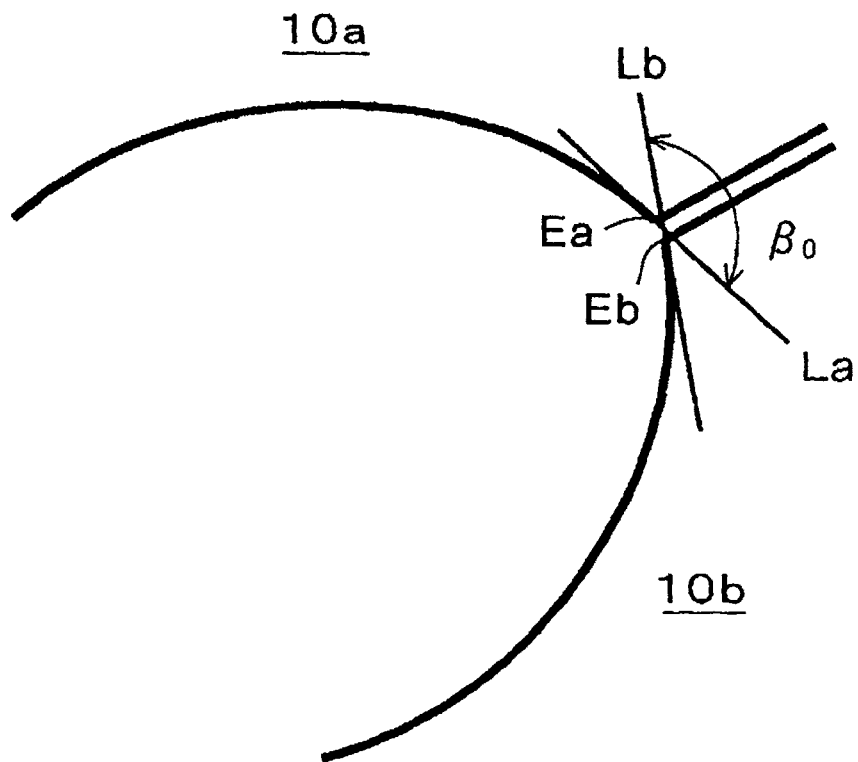


图 3

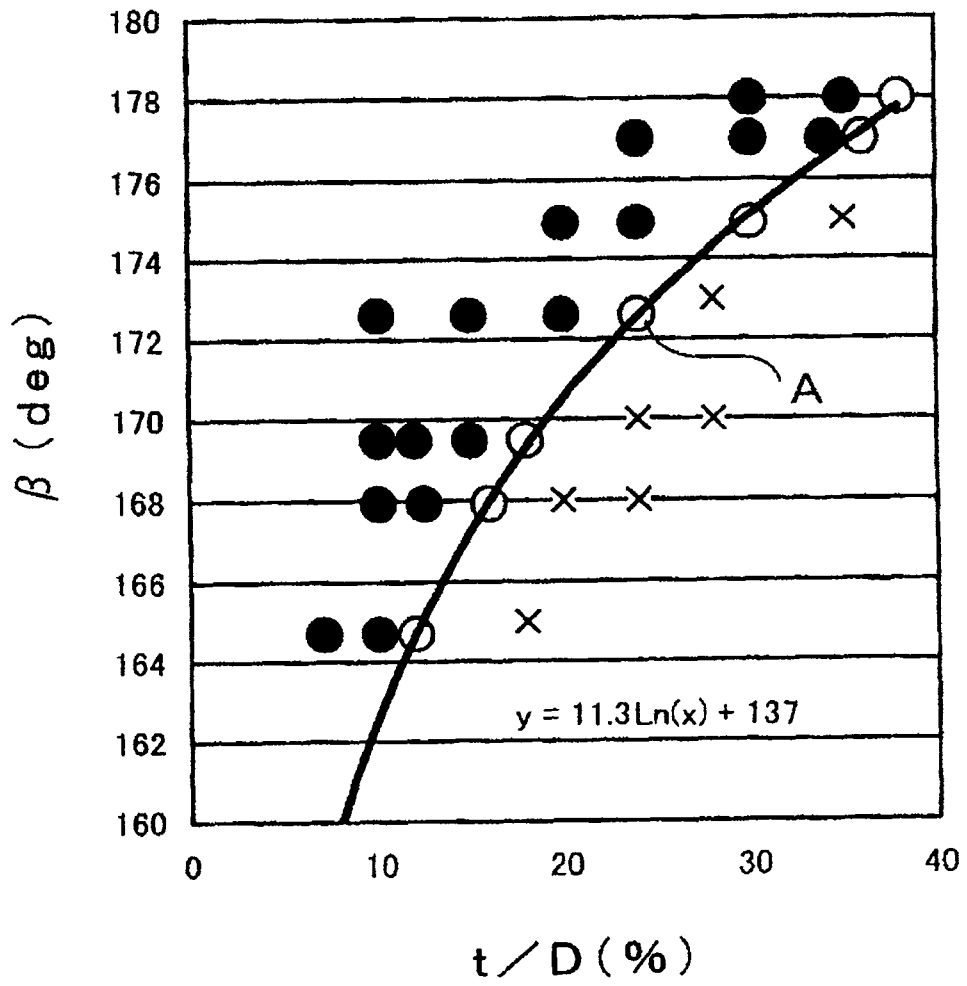


图 4

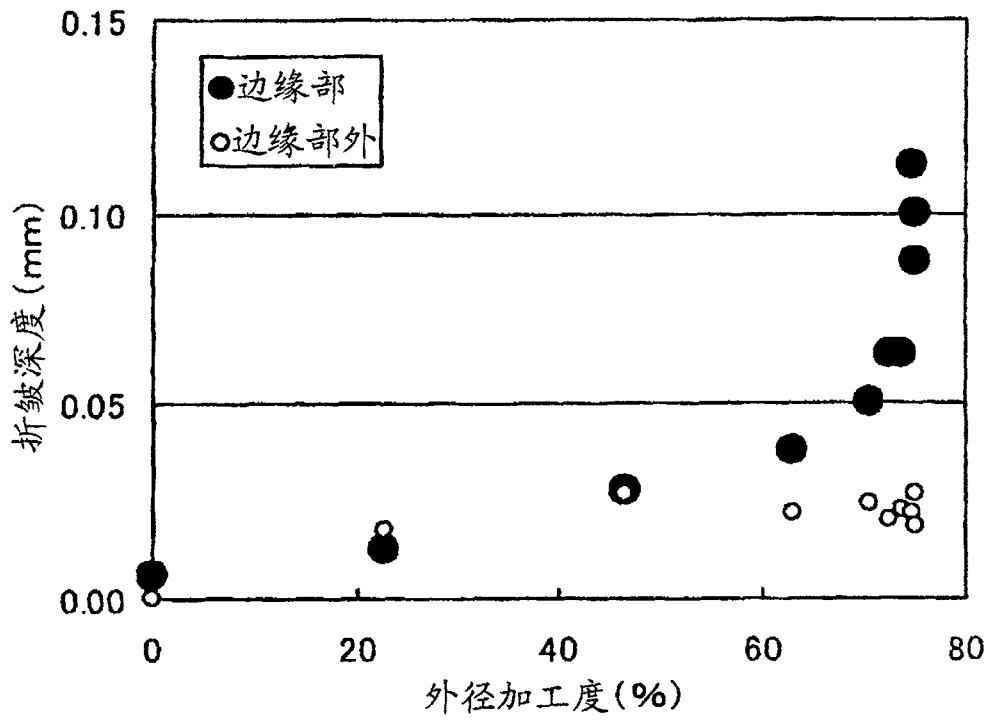


图 5

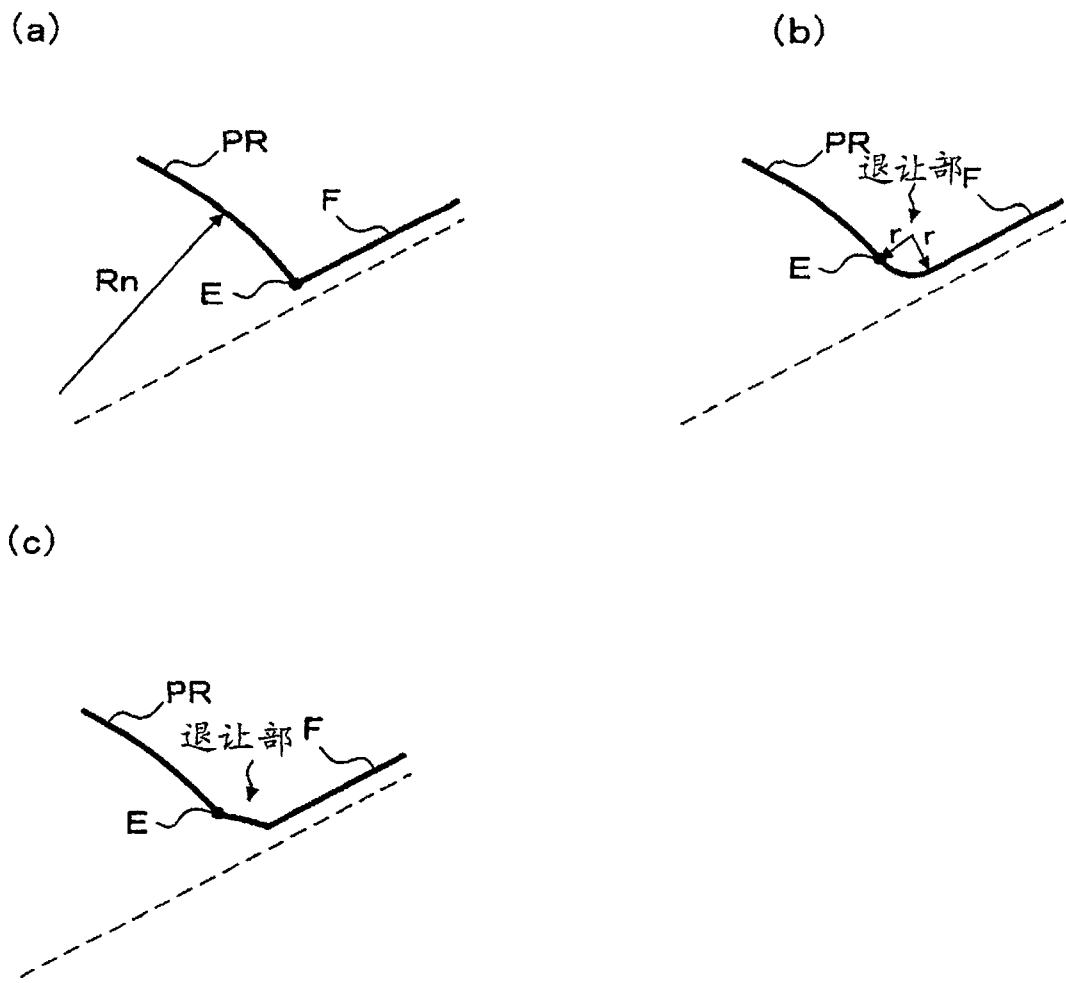


图 7