

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

B22D 11/06 (2006.01)



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 98806330.1

[45] 授权公告日 2006 年 3 月 8 日

[11] 授权公告号 CN 1244422C

[22] 申请日 1998.6.19 [21] 申请号 98806330.1

[30] 优先权

[32] 1997.6.19 [33] IT [31] RM97A000367

[86] 国际申请 PCT/IT1998/000168 1998.6.19

[87] 国际公布 WO1998/057767 英 1998.12.23

[85] 进入国家阶段日期 1999.12.17

[71] 专利权人 阿奇亚斯佩丝阿里特尔尼公司

地址 意大利特尔尼

共同专利权人 奥地利钢铁联合企业阿尔帕工业
设备制造公司

[72] 发明人 安东尼奥·马斯坎佐尼

埃托雷·阿内利

审查员 魏 屹

[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 谢志刚

权利要求书 2 页 说明书 10 页 附图 12 页

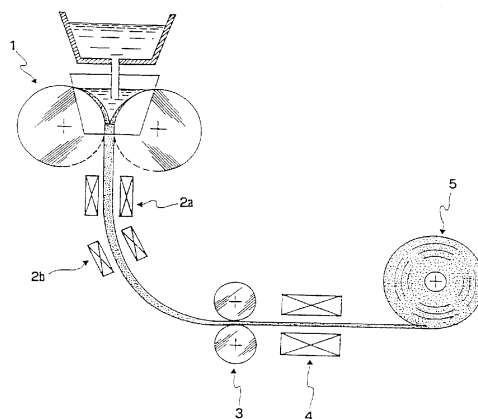
[54] 发明名称

用于生产低碳钢带材的连铸方法及如此得到
具有良好铸造机械性质的带材

[57] 摘要

用于生产低碳钢带材的方法，该带材在铸造时具有良好的强度和可成形性组合，并在用普通方法酸洗后具有良好的可焊性，所述生产低碳钢的方法包括下列步骤：—浇注，在一台双辊连铸机(1)中进行，连铸机(1)包括夹送辊(3)，带材厚度在 1 和 8mm 之间并具有粗的奥氏体晶粒，；—在两侧将带材直接在铸造辊下游在铸造辊和夹送辊之间所包括的区域中冷却，冷却从包括水冷和水-气冷的组中选择；—在 1000 和 1300℃ 之间所包括的温度下，使带材铸件热变形穿过夹送辊，直至厚度减少到足够于促使封闭收缩孔隙，但却不引起在带材铸件中粗的奥氏体晶粒的细化，在热变形之后，厚度的减少相对于原始厚度小于 15%；—以 5~80℃/s 之间所包括的速度冷却带材，使其卷绕温度 T_{avv} 降到

500 和 800℃ 之间；以及在一台卷取机中卷取所得到的带材。



1. 用于生产低碳钢带材的方法，该带材在铸造时具有良好的强度和可成形性，并且在用普通方法酸洗后具有良好的可焊性，该方法由以下步骤构成：

- 浇注，在一台双辊连铸机(1)中进行，连铸机(1)包括夹送辊(3)，带材厚度在1和8mm之间并具有粗的奥氏体晶粒，该带材具有下列按总重量的重量百分比组成的成分：

C 0.02~0.10; Mn 0.1~0.6; Si 0.02~0.35; Al 0.01~0.05; S<0.015; P<0.02; Cr 0.05~0.35; Ni 0.05~0.3; N 0.003~0.012; 其余部分除了无效的杂质之外是Fe;

- 在两侧将带材直接在铸造辊下游在铸造辊和夹送辊(3)之间所包括的区域中冷却，冷却从包括水冷和水-气冷的组中选择;

- 在1000和1300℃之间所包括的温度下，使带材铸件热变形穿过夹送辊(3)，直至厚度减少到足够于促使封闭收缩孔隙，但却不引起在带材铸件中粗的奥氏体晶粒的细化，在热变形之后，厚度的减少相对于原始厚度小于15%;

以5~80℃/s之间所包括的速度冷却带材，使其卷绕温度 T_{avv} 降到500和800℃之间; 以及

- 在一台卷取机(5)中卷取所得到的带材。

2. 按照权利要求1所述的生产低碳钢带材的方法，所述低碳钢带材还具有下列按总重量的重量百分比组成的成分：

Ti<0.03; V<0.10; Nb<0.035。

3. 作为铸件的低碳钢带材，其特征在于：它可用按照权利要求1所述的方法得到；并且它具有显微组织，这些显微组织包括一小部分粗的粒状等轴铁素体，并且提供一种低的屈服/断裂应力比和材料应力-应变图的连续图形、以及在酸洗后提供良好的可焊性。

4. 按照权利要求3所述的低碳钢带材，具有下列最终显微组织和机械性质：

针状铁素体和/或贝氏体：<20%体积

粗的等轴晶粒化铁素体：≥70%体积

珠光体：2~10%体积

屈服应力： $R_s=180\sim250\text{MPa}$

断裂应力： $R_m\geq280\text{MPa}$

R_s/R_m 比≤0.75

总延伸量：≥30%

埃里克森指数：≥12mm。

5. 按照权利要求 3 所述的低碳钢带材，具有下列最终显微组织和机械性质：

针状铁素体和/或贝氏体：20~50%体积

粗的等轴晶粒化铁素体：<80%体积

珠光体：<2%体积

屈服应力： $R_s=200\sim300\text{MPa}$

断裂应力： $R_m\geq300\text{MPa}$

R_s/R_m 比≤0.75

总延伸量：≥28%

埃里克森指数：≥11mm。

6. 按照权利要求 3 所述的低碳钢带材，具有下列最终显微组织和机械性质：

针状铁素体和/或贝氏体：>50%体积

粗的等轴晶粒化铁素体：<50%体积

珠光体：<2%体积

屈服应力： $R_s=210\sim350\text{MPa}$

断裂应力： $R_m\geq330\text{MPa}$

R_s/R_m 比≤0.8

总延伸量：≥22%

埃里克森指数：≥10mm。

用于生产低碳钢带材的连铸方法 及如此得到具有良好铸造机械性质的带材

技术领域

本发明涉及一种用于生产低碳钢带材的方法，所述带材在铸造时具有良好的强度和冷成形性。

背景技术

已知有不同的方法，用于通过双辊连铸机生产碳钢带材。这些方法目的在于生产具有良好强度和延展性性质的碳钢带材。

尤其是，在 EP 0707908 A1 中，示出一种双辊连铸设备，并且其中碳钢带材是铸件，用于以后在热轧生产线中加工，使其厚度减少 5 - 50%，并且随后冷却。由于用热轧所得到的晶粒尺寸减少，所以那样得到的平薄产品具有良好的强度和延展性性质。

从 WO 95/13155 中示出一种用于铸造碳钢带材的在线热处理，目的在于控制铸造时带材的显微组织。尤其是，将铸造带材在低于奥氏体转变成铁素体的温度下冷却，并且在随后将其加热至材料二次奥氏体化（在线标准化）。这样，为了在固相中完成双重相变，奥氏体晶粒变得更细，并且通过控制最终冷却条件和卷取带材的条件，能产生十分薄的具有良好强度和延展性的组织。

然而，上述方法需要另一些装置和较高的能耗（如轧制生产线、用于中间加热的炉子等），并且通常需要有一个较大的空间，因此从浇铸机到卷带机很少是整台装置。此外，这些方法的目的在于带材最终组织的厚度，试图使它尽可能与普通生产周期制造的热轧带材的厚度相同，并且他们没有说明如何利用其象具有大的奥氏体晶粒（通常为 150 - 400mm）的铸钢那样相变特点的特色，来得到具有理想机械和工艺性质的产品。

发明内容

因此，本发明的目的是提供一种用于生产低碳钢带材的方法，所述带材在铸造时，不用经受轧制和/或热周期阶段，便具有良好的强度和延展性的组合和良好的可焊性。

本发明的另一个目的是提供一种碳钢带材，所述带材在铸造时具有改

善的机械性质，尤其是具有比较低的屈服/断裂比和一种连续的拉伸-应变曲线图形，以便使该材料特别适合于冷压应用如弯曲和拉拔。

因此，本发明的目的是一种用于生产低碳钢带材的方法，在铸造时，所述带材具有良好的强度和可成形性组合，并且在用通常方法酸洗之后具有良好的可焊性，该方法包括下述步骤：

- 在一台包括夹送辊的双辊连铸机中，铸造一种带材，所述带材厚度在 1 和 8mm 之间并具有粗的奥氏体晶粒，带材具有下列组成（以总重量的重量百分数计）：

碳（C）0.02~0.10；锰（Mn）0.1~0.6；硅（Si）0.02~0.35；铝（Al）0.01~0.05；硫（S）<0.015；磷（P）<0.02；铬（Cr）0.05~0.35；镍（Ni）0.05~0.3；氮（N）0.003~0.012；及可选择地，钛（Ti）<0.03；钒（V）<0.10；铌（Nb）<0.35，其余部分除了无效的杂质之外是铁（Fe）；

- 直接在铸造辊下游在铸造辊和夹送辊之间所包括的区域内在两侧将带材冷却，冷却在包括水冷和水-气冷的组中选择；

- 在 1000 和 1300℃ 之间的温度下，使带材铸件热变形穿过所述夹送辊，直至达到厚度减少到足够于促使封闭收缩孔隙，但却不引起在带材铸件中粗的奥氏体晶粒的细化，在热变形之后，厚度的减少相对于原始厚度小于 15%；

- 以 5 和 80℃/S 之间的速度冷却带材，使其卷绕温度 T_{avv} 降到 500 和 800℃ 之间；和

- 将得到的带材卷取到带材卷取机上。

在本发明的方法中，在用低碳钢铸造时，通过控制冷却和卷取带材，利用粗晶粒奥氏体的相变特点，来产生材料中各显微组织组分的预定体积部分，该相变特点在连铸过程期间形成，而没有进行热轧和/或在线标准化。这些由等轴铁素体、针状铁素体和/或贝氏体构成的最终显微组织，提供材料中一种具有连续图形的典型应力-应变图，该材料具有一种改善的可变形性，以便使该带材特别适合于在冷模压中应用。

本发明的另一个目的也是能用上述方法得到的低碳钢带材。这些带材具有包括一小部分粗的等轴铁素体的显微组织并且能提供材料的一种低的屈服/断裂应力比和连续拉伸-应变曲线图形，及在酸洗后提供一种良好的可焊性。

附图说明

下面将按照本发明的实施例来说明本发明，该实施例作为一个非限定

的例子举出。说明参照附图中的示图进行，其中：

图 1 是按照本发明所述的薄带材双辊连铸机和带材控制冷却区的简化示意图；

图 2 是施加到铸造带材上的在线冷却周期示意图；

图 3 是按照本发明所述冷却的第一类铸造钢带材显微组织光学显微镜下的金相显微组织图；

图 4 是按照本发明所述冷却的第二类铸造钢带材显微组织光学显微镜下的金相显微组织图；

图 5 是按照本发明所述冷却的第三类铸造钢带材显微组织光学显微镜下的金相显微组织图；

图 6(a)是特别在按照本发明所述带材中得到的针状类型铁素体光学显微镜下的金相显微组织图；

图 6(b)是在按照本发明所述带材中得到的一种特殊针状类型铁素体电子显微镜下的金相显微组织图；

图 7 是按照本发明所述冷却的第二类铸造钢带材显微组织光学显微镜下的金相显微组织图；

图 8 是按照本发明所述冷却的第三类铸造钢带材显微组织光学显微镜下的金相显微组织图；

图 9 是用传统周期生产的第四类钢带材显微组织光学显微镜下的金相显微组织图；

图 10 一类钢带材的拉伸应力图；

图 11 是按照本发明所述方法生产的铸造钢带材显微组织光学显微镜下的金相显微组织图；

图 12 按照本发明所述方法得到的铸造钢带材以连续图形示出的拉伸应力图；

图 13(a)和 13(b)是表示按照本发明所述方法得到的两类酸洗过的钢带材可焊性凸起部的示图；

图 14 是表示用常规周期得到的酸洗过的低碳钢带材可焊性凸起部的示图；

具体实施方式

参看图 1，本发明的方法采用一台双辊连铸设备 1。直接在辊 1 的下方，设置两个冷却装置 2a 和 2b，用于控制冷却连续通过该冷却装置

2a 和 2b 之间的带材。接着上述两个冷却装置之后，设置一对已知组织的夹送辊 3。

在夹送辊 3 的出口处，设置一个最终的组合式冷却装置 4，带材穿过该冷却装置 4，到达一卷取带材装置 5。

带材在固化和从铸造装置 1 中提取出来期间，通过对相反旋转的双辊作用而经受一适当控制的压力，以便限制形成收缩孔隙。然后，铸造带材在两边经过水冷却或混合的水-气冷却，以便减缓奥氏体晶粒和表面氧化物层生长的增加速度。通过采用夹送辊，在 1000 和 1300℃ 之间改变的温度下，使厚度减少小于 15%，以便在可接受的尺寸下接近由于收缩而产生的孔隙。

铸造钢带材的冷却周期通过调节浇铸速度、水流量，及有效冷却面积总量来设定。在夹送辊 3 之后的最终冷却周期根据钢的相变特点、及碳 (C)、锰 (Mn) 和铬 (Cr) 的含量来确定，以便得到理想的组织，该相变特点主要取决于奥氏体晶粒的起始尺寸。

用各种不同的钢进行了各种实验室和满负荷注入试验，钢的组成限定如下：

碳 (C) 0.02~0.10；锰 (Mn) 0.1~0.6；硅 (Si) 0.02~0.35；铝 (Al) 0.01~0.05；硫 (S) <0.015；磷 (P) <0.02；铬 (Cr) 0.05~0.35；镍 (Ni) 0.05~0.3；氮 (N) 0.003~0.012；钛 (Ti) <0.03；钒 (V) <0.10；铌 (Nb) <0.035；其余部分在本质上是铁 (Fe)。

从这些试验显然可看出，通过控制钢的化学成分和在线冷却方式，能够研制出合适的最终显微组织，该显微组织用等轴铁素体与针状铁素体和/或贝氏体的确定体积百分数来表征。那样得到的显微组织成分的不同部分，使铸造带材产生不同的强度、延展性和冷成形性的组合，因此可以通过应力和埃里克森(Erichsen)杯突试验来评价。

尤其是，发明人评价了与针状铁素体或贝氏体组织有关的性质，表征了比传统的多角薄晶粒铁素体组织高的位错密度。

按照本发明的方法，低碳钢带材在铸造时，可以得到不同类型的组织和性质，并且每种不同类型的这些性质可以综合如下（下面大写字母代表不同类型的碳钢）：

A) 共轴铁素体的主要性质

针状铁素体和/或贝氏体: $<20\%$ 体积

粗的等轴晶粒化铁素体: $\geq 70\%$ 体积

珠光体: $2 \sim 10\%$ 体积

屈服应力: $R_s = 180 \sim 250$ 兆帕(MPa)

断裂应力: $R_m \geq 280$ MPa

R_s/R_m 比 ≤ 0.75

总延伸量: $\geq 30\%$

埃里克森指数: ≥ 12 mm

B) 等轴铁素体和针状铁素体的混合组织

针状铁素体和/或贝氏体: $20 \sim 50\%$ 体积

粗的等轴晶粒化铁素体: $<80\%$ 体积

珠光体: $<2\%$ 体积

屈服应力: $R_s = 200 \sim 300$ 兆帕(MPa)

断裂应力: $R_m \geq 300$ MPa

R_s/R_m 比 ≤ 0.75

总延伸量: $\geq 28\%$

埃里克森指数: ≥ 11 mm

C) 针状铁素体 - 贝氏体的主要性质

针状铁素体和/或贝氏体: $>50\%$ 体积

粗的等轴晶粒化铁素体: $<50\%$ 体积

珠光体: $<2\%$ 体积

屈服应力: $R_s = 210 \sim 320$ MPa

断裂应力: $R_m \geq 330$ MPa

R_s/R_m 比 ≤ 0.75

总延伸量: $\geq 22\%$

埃里克森指数: ≥ 10 mm

现已查明, C、Mn 和 Cr 的重量浓度(限定在本发明的范围内)、奥氏体晶粒(其尺寸大于 $150\mu\text{m}$), 及冷却速度(在 $750 \sim 480^\circ\text{C}$ 温度范围内 $>10^\circ\text{C/S}$) 影响非等轴铁素体的形成。

按照本发明所述方法进行的另一些试验表明,能够利用高速固化(低的偏析体)的铸造带材中各合金成分的更大的分布和浓度均匀性,以使使显微组织的分布均匀并避免形成不希望有的马氏体类型组织,同时降低材料的延展性和可成形性。

此外,发明人发现,铸造带材的高能冷却对得到一层表面氧化皮是有效的,该氧化皮的厚度和性质是这样的,以便使用传统的酸洗法就能除去。尽管对用本发明方法所得到的酸洗过带材工件进行了一些点焊试验,但肯定还要检验材料的可焊性,正如众所周知的,材料的可焊性强烈地受薄钢板表面状态影响。

而且,发明人观察了如何加入诸如钒和铌等元素,增加了奥氏体的可硬性并延迟等轴铁素体的形成,同时减轻奥氏体和贝氏体的产生。另外,铌和钛在高温加热法中形成碳-氮化物,它们抑制奥氏体晶粒的尺寸增长,同时确保例如在焊接的热改变区中有更好的延展性。

下面将说明作为一种非限定的例子所列举的用本发明的方法和普通工艺所得到的带材显微组织和性质的例证及比较实例。为清楚起见,在下面各例中所述的表全都在最后例子(例4)之后一起列出。

例 1

某些厚度在 2.2 和 2.4mm 之间的铸造带材,按照本发明的方法用 A 类钢(如上面已经说明的)得到,其分析结果在表 1 中报道。

将液态钢在一垂直的双辊连铸机(图 1)中并采用 40 吨/米(t/m)的平均分离应力浇铸。将带材在铸造机的出口处冷却,至它们在夹送辊 3 附近处温度达到 1210~1170℃时为止。这些温度将使带材厚度减少约 10%。接着,正如在图 2 中所示意表示的,将冷却调整到在 950℃和带材卷取温度之间的范围内冷却速度为 10~40℃/S 之间。主要的冷却和卷取带材条件与所生产的带材某些显微组织特点一起,列在表 2 中。在表 3 中报道了带材的一些机械性质,它们涉及屈服应力 R_s 、断裂应力 R_m 、 R_s/R_m 比,总延伸量 A%,及度量材料冷成形性的埃里克森指数(I. AND.)等,该屈服应力定义为 ReL 或 $Rp0.2$ (取决于屈服是连续的还是不连续的)。

在图 3-5 中,分别示出在 760~730℃下(带材 9 和 4)及 580℃

下(带材 5)卷取的带材典型显微组织,正如在光学显微镜下能观察到的。

当卷取带材的温度降低和带材的平均冷却速度增加时,观察到珠光体实际上消失,而针状铁素体和/或贝氏体组织产生,该针状铁素体和/或贝氏体组织的详细情况在图 6 中示出。所述显微组织导致连续类型材料(表 3)屈服。

例 2

另一些厚度为 2.0~2.5mm 的带材,按照本发明的方法,用表 1 中的 B 类和 C 类钢得到,这些钢的碳含量较高(分别为 0.052%和 0.09%)。

主要的冷却和卷取带材条件,与那样得到的带材某些显微组织特点一起在表 4 中示出。表 5 中报道了带材的机械性质和度量材料冷成形性的埃里克森指数。

在图 7 和 8 中分别示出在光学显微镜下观察时带材 7(B 类钢)和 14(C 类钢)的典型显微组织。另外在这种情况下,通过利用粗奥氏体晶粒钢的相变特点,能够得到含有等轴铁素体及还有针状铁素体和贝氏体的混合组织。其强度值高于例 1 中(含碳量为 0.035%的钢)所述的强度值,而延展性和冷成形性保持优良值。

例 3

在这个对照例中,报道了一种带材的显微组织和机械性质,该带材具有厚度为 2mm,并用以传统周期生产的 D 类钢(表 1)得到,将该带材的显微组织和机械性质与按照本发明所述方法生产的浇铸件带材的显微组织和机械性质进行比较,铸造的带材具有相同的化学成分。很显然,传统法生产的带材的显微组织由多角铁素体的细晶粒和由珠光体(图 9)构成,其拉伸应力图为一不连续的图形(图 10)。表 6 中示出这种普通带材的典型机械性质。在本发明方法的情况下,采用比较低的带材卷取温度(表 7)能用具有如图 11 所示的那种类型针状组织、具有一不连续图形的屈服图(图 12),并因此具有较低屈服/断裂应力比(表 8)的那些材料,这些材料用同样的断裂应力值表征。

例 4

将某些按照本发明方法得到,并用 A 类和 B 类钢制造的带材进行

酸洗并经受可焊性试验。用直径为 8mm 的电极、采用 650kg 的应力，并通过改变电流来进行点电阻焊试验。在图 13a 和 13b 中，分别示出在“周期数 - 电流强度”水平下的各图提供可焊性凸起部分，亦即提供其中钢板可焊接而没有问题的范围。与用普通生产周期得到的低碳钢中一种酸洗过的、具有同样厚度的薄钢板比较（图 14），示出用本发明得到的带材如何保持良好的可焊性特点，以便表明一种合格的表面状态。

表 1 各例子中所用钢材的化学成分

钢	C	MN	Si	Cr	Ni	S	P	Al	N
A	0.038	0.48	0.16	0.31	0.13	0.00 8	0.016	0.044	0.01
B	0.052	0.45	0.16	0.22	0.08	0.00 4	0.008	0.021	0.0086
C	0.090	0.59	0.31	0.09	0.07	0.01 4	0.008	0.010	0.0088
D	0.034	0.22	0.02	0.05	0.06	0.00 3	0.008	0.035	0.0080

表 2 铸造各例子中所用 A 类钢带材时的冷却条件和最终显微组织

带材试验序号	V _r (°C/s)	T _{avv} (°C)	显微组织 (% 以体积计)		
			等轴铁素体	针状铁素体+贝氏体	珠光体
9	15	760	56	40	4
4	34	730	40	58	2
3	30	680	50	50	2
11	15	620	50	50	1
5	26	580	10	90	0

表 3 铸造各例子中 A 类钢带材时的机构性质

带材试验序号	V _r (℃/s)	T _{avv} (℃)	ReL (MPa)	R _{p0.2} (MPa)	R _m (MPa)	R _s /R _m	A (%)	I. E. (mm)
9	15	760	—	250	351	0.71	30	12.7
4	34	730	—	264	351	0.75	28	12.5
3	30	680	—	250	338	0.74	28	12.6
11	15	620	—	251	355	0.70	28	11.4
5	26	580	—	306	384	0.79	22	11.0

表 4 铸造各例子中所用的 B 类和 C 类钢带材时的冷却条件和最终显微组织

钢材类型/带材	V _r (℃/s)	T _{avv} (℃)	显微组织 (% 以体积计)		
			等轴铁素体	针状铁素体+贝氏体	珠光体
B/6	20	— 610	40	59	1
B/7	25	500	20	80	0
C/13	20	820	80	15	5
C/14	25	620	30	70	0

表 5 铸造时 B 类和 C 类钢带材的机械性质

钢类型/带材	V _r (℃/s)	T _{avv} (℃)	ReL (MPa)	R _{p0.2} (MPa)	R _m (MPa)	R _s /R _m	A (%)	I. E. (mm)
B/6	20	610		267—	353	0.76	24	12.4
B/7	25	500	—	320	406	0.79	22	12.2
C/13	20	820	202	—	310	0.65	30	11.4
C/14	25	620	—	253	344	0.73	22	10.3

表 6 用普通周期生产的 D 类钢带材的机械性质

钢类型 /带材	厚度 (mm)	V _r (℃/s)	T _{avv} (℃)	ReL (MPa)	R _m (MPa)	R _s /R _m	A (%)	I. E. (mm)
D/7	2	30	640	323	383	0.84	30	13.3
D/8	4	20	650	303	372	0.81	35	—

表 7 铸造时 D 类钢带材 (具有 2mm 和 4mm) 的冷却条件和最终显微组织

钢类型 /带材	厚度 (mm)	V _r (℃/s)	T _{avv} (℃)	显微组织 (% 以体积计)		
				等轴铁素体	针状铁素体+贝氏体	珠光体
D/3	2	50	720	30	70	0
D/5	2	80	720	40	60	0
D/2	2	15	620	50	50	0
D/4	2	80	620	25	75	0
D/6	4	50	620	40	60	0

表 8 铸造时 D 类钢带材的机械性质

钢类型 /带材	V _r (℃/s)	T _{avv} (℃)	ReL (MPa)	R _{p0.2} (MPa)	R _m (MPa)	R _s /R _m	A (%)	I. E. (mm)
D/3	50	720	287	—	390	0.74	26	—
D/5	80	720	—	238	356	0.67	31	—
D/2	15	620	—	223	366	0.61	27	—
D/4	80	620	—	259	380	0.68	25	13.0
D/6	50	620	—	196	338	0.58	38	—

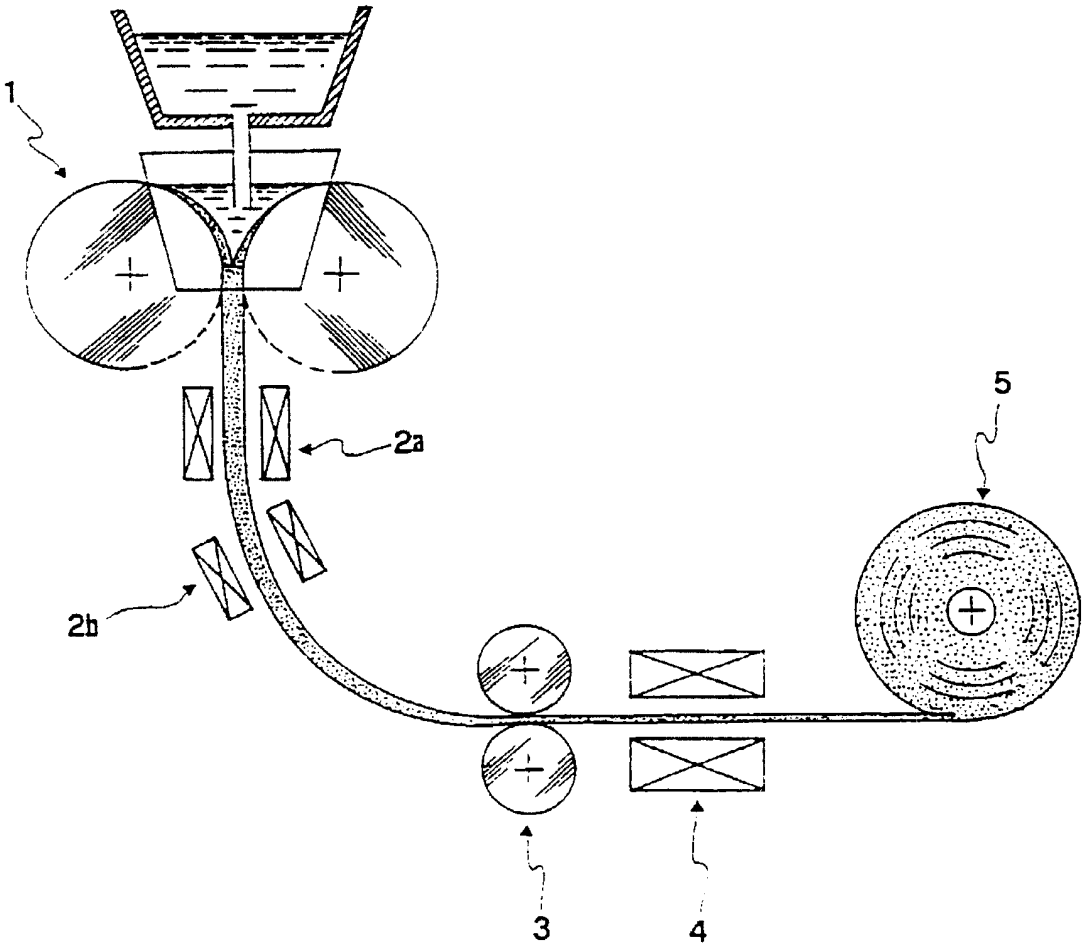


图 1

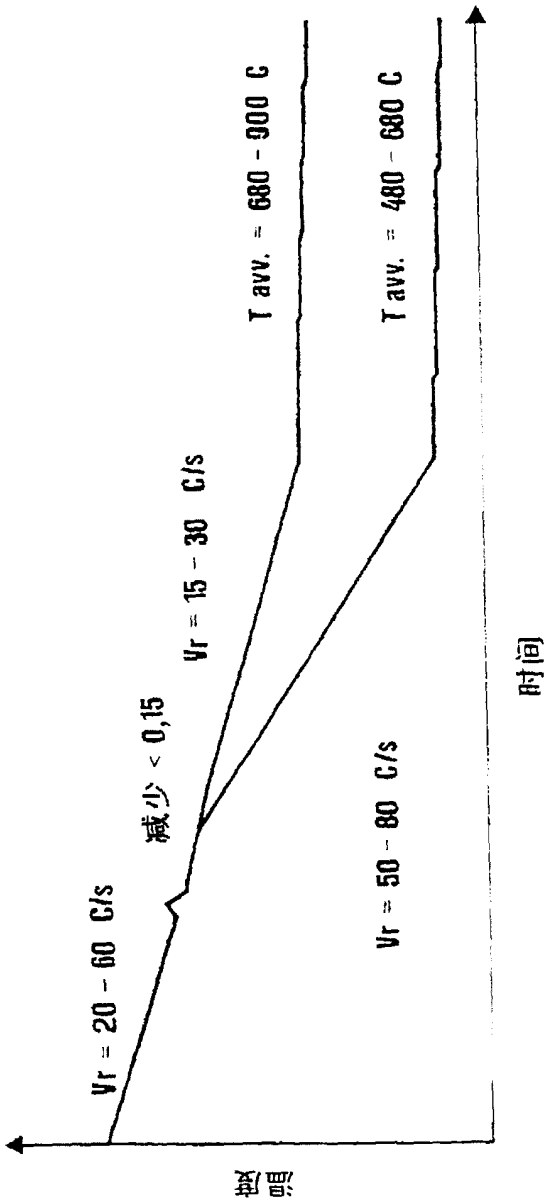


图 2

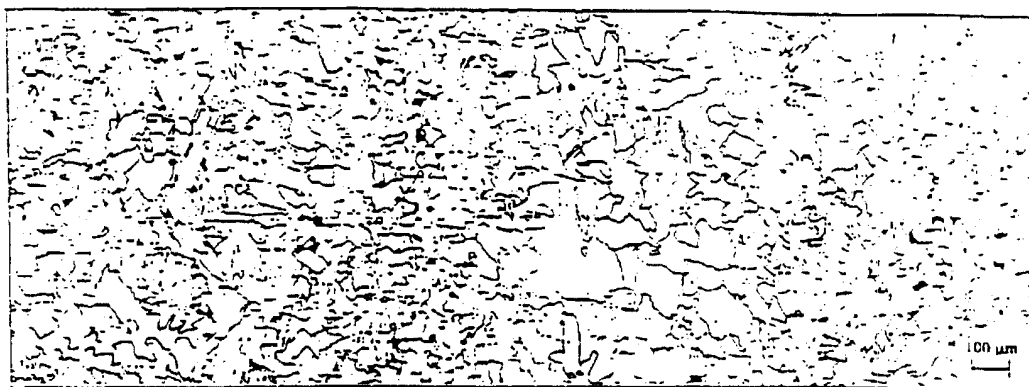
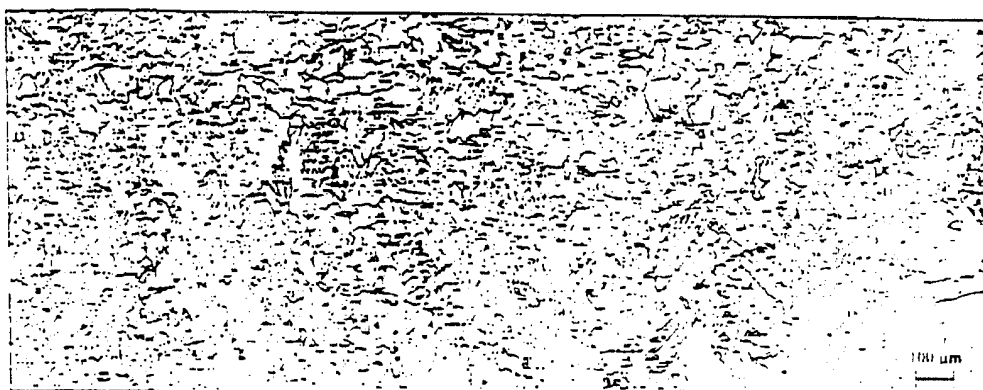
**图 3****图 4****图 5**



图 6A

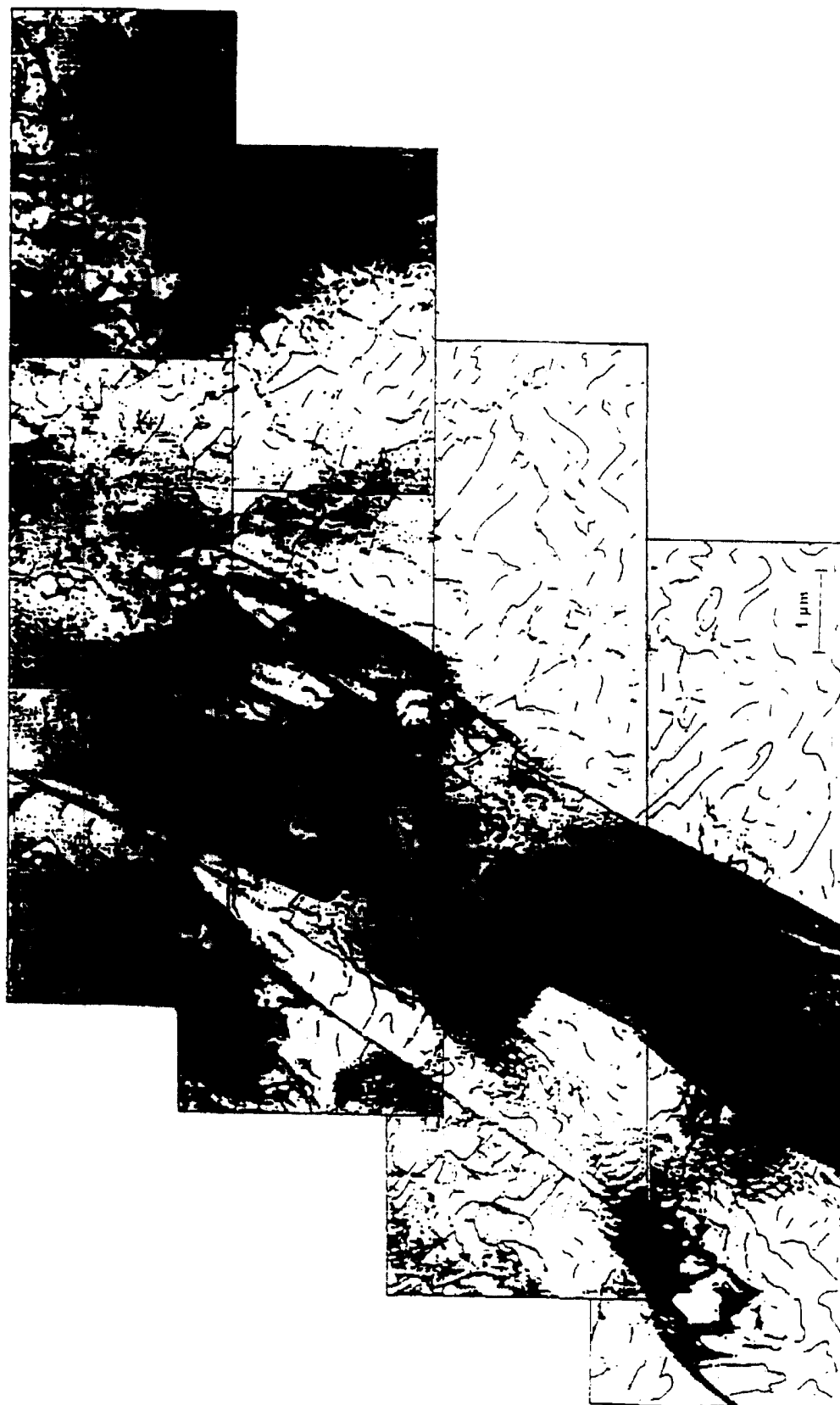


图 6B

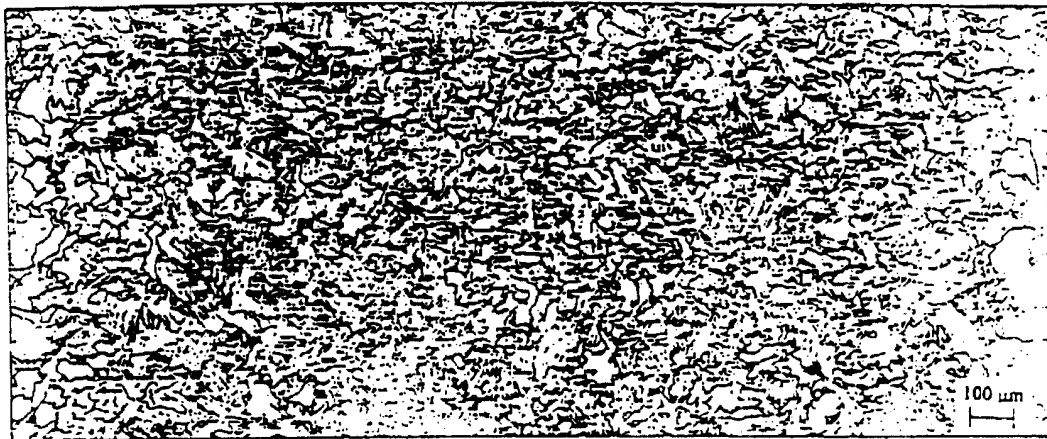


图 7

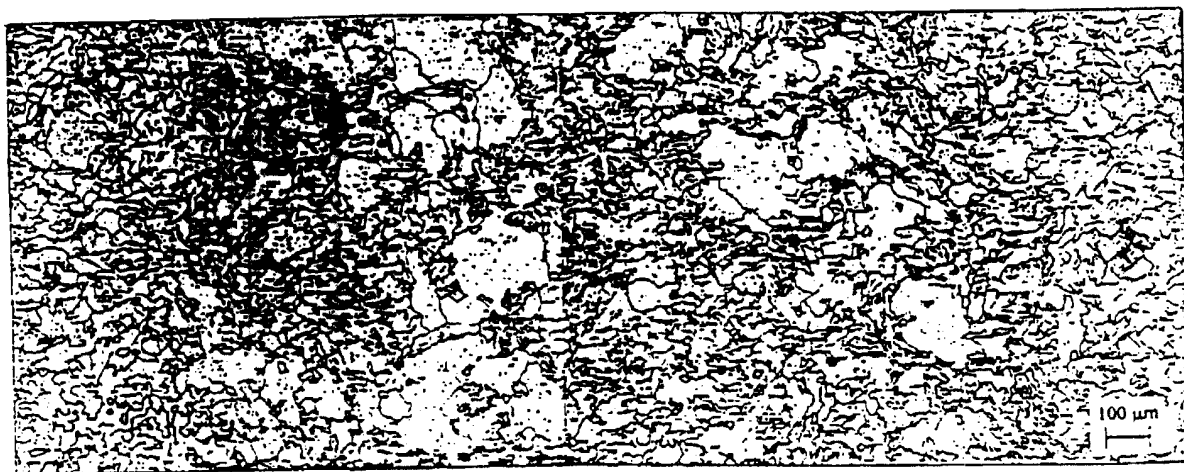
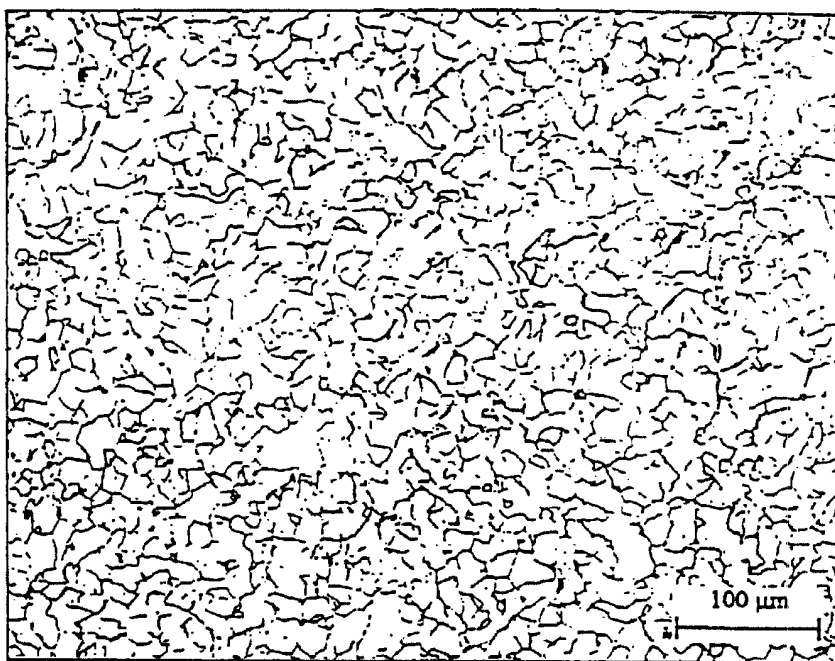


图 8

**图 9**

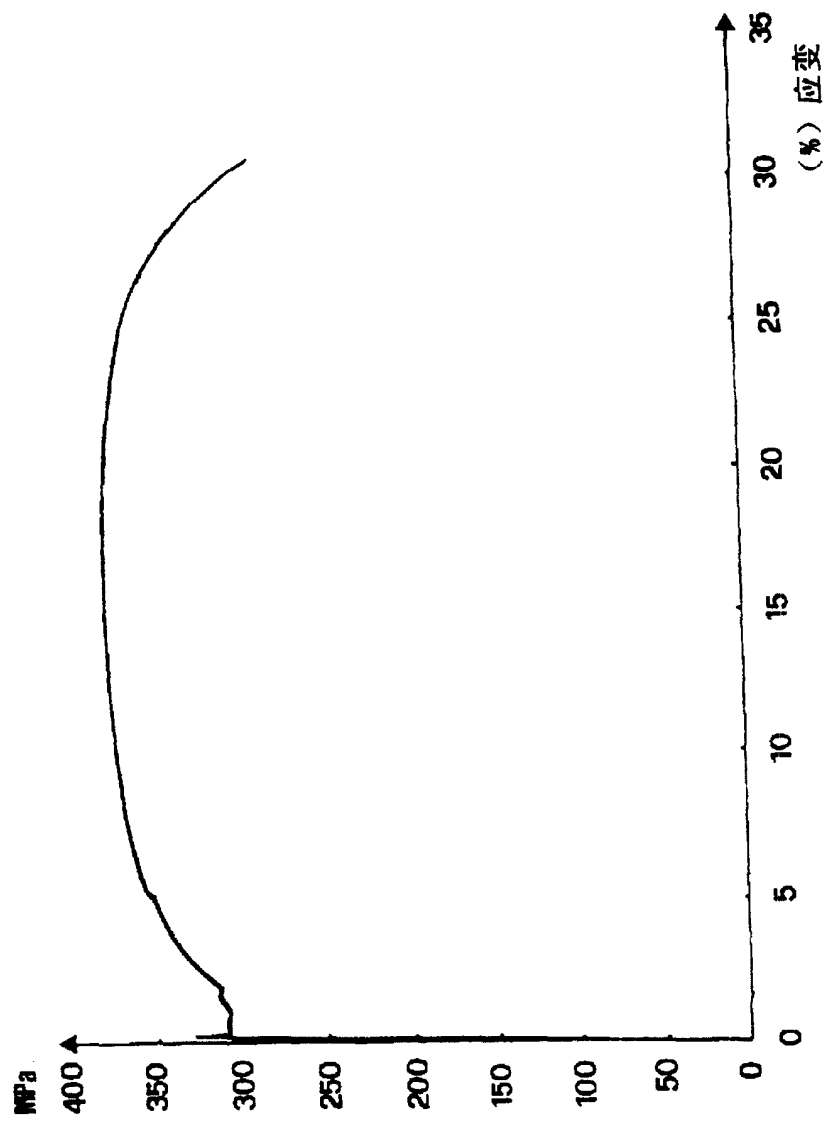


图 10

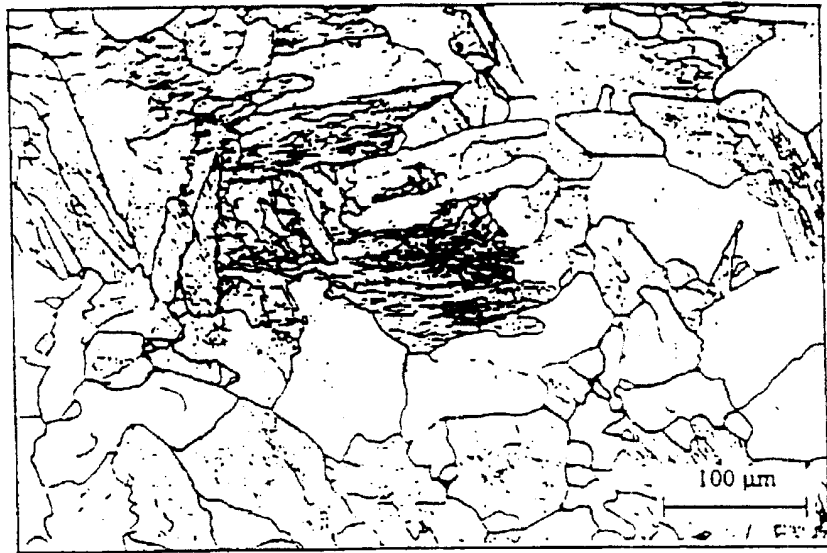


图 11

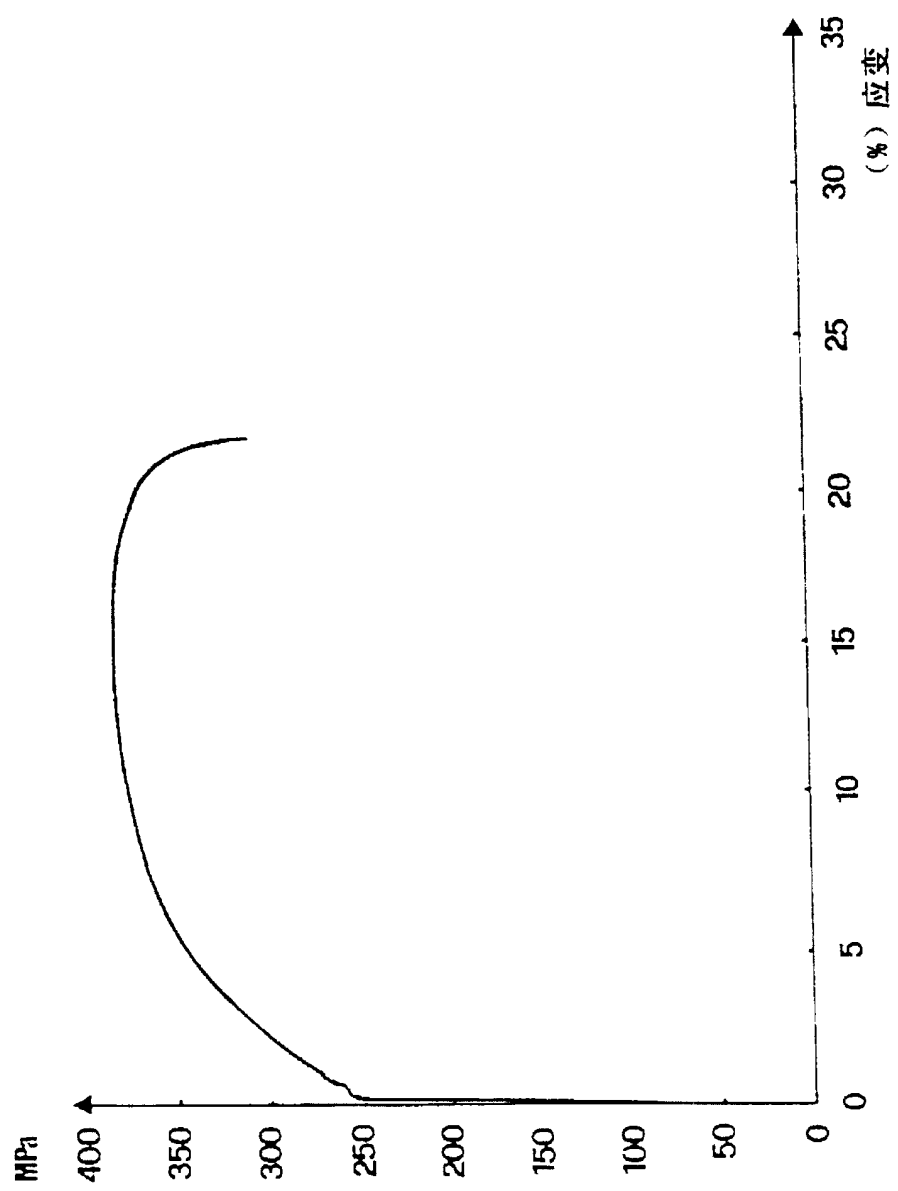


图 12

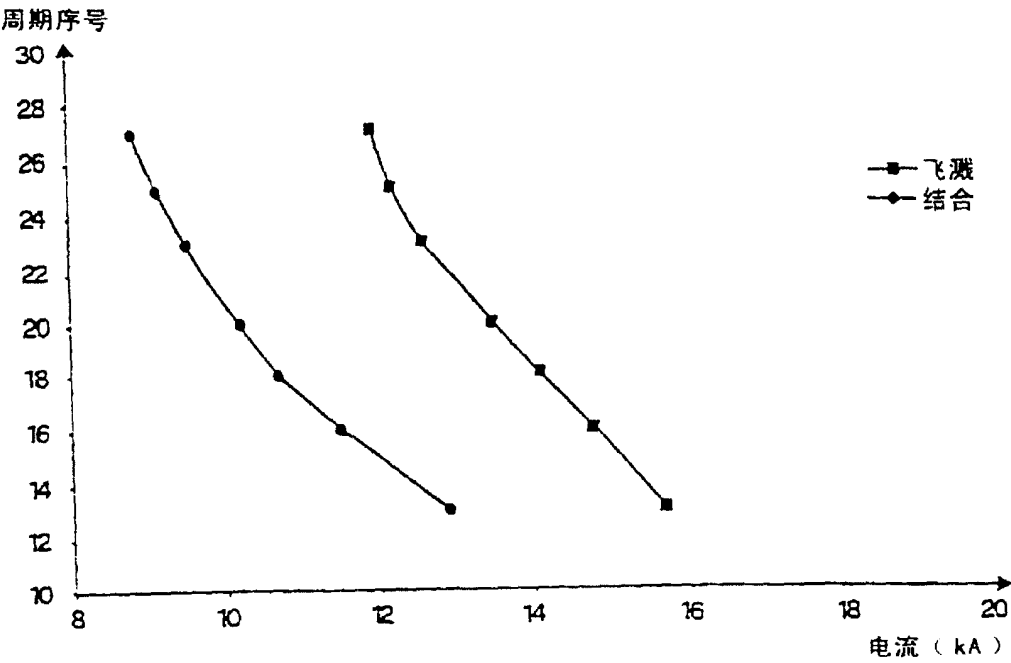


图 13A

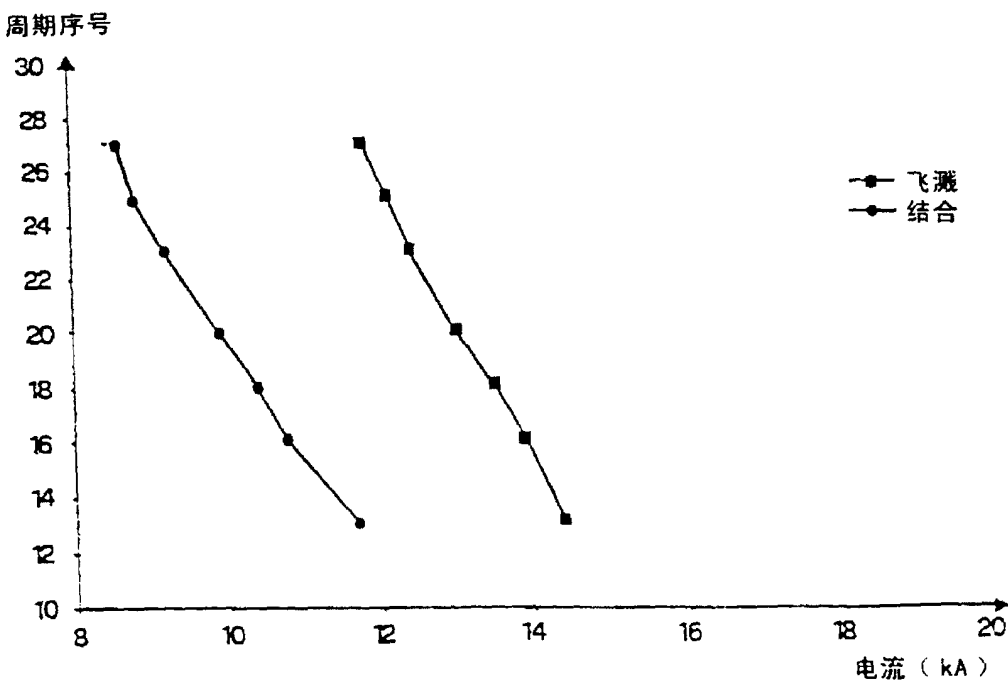


图 13B

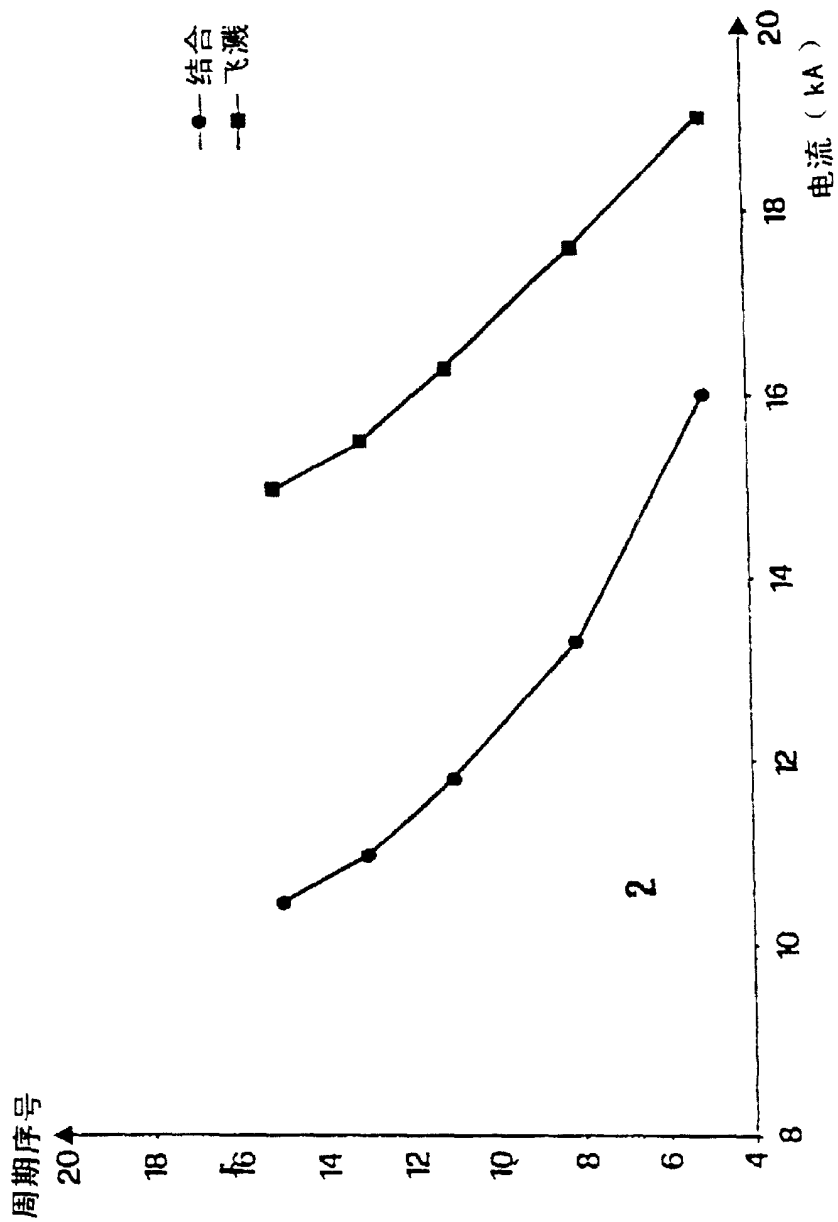


图 14