



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102301024 A

(43) 申请公布日 2011. 12. 28

(21) 申请号 201080005987. 6

(51) Int. Cl.

(22) 申请日 2010. 10. 19

*G22C 38/00* (2006. 01)

(30) 优先权数据

*G21D 8/06* (2006. 01)

2010-020185 2010. 02. 01 JP

*G21D 9/52* (2006. 01)

*G22C 38/54* (2006. 01)

(85) PCT申请进入国家阶段日

2011. 07. 29

(86) PCT申请的申请数据

PCT/JP2010/068363 2010. 10. 19

(87) PCT申请的公布数据

W02011/092905 JA 2011. 08. 04

(71) 申请人 新日本制铁株式会社

地址 日本东京

(72) 发明人 山崎真吾 真锅敏之 平上大辅

室贺也康

(74) 专利代理机构 永新专利商标代理有限公司

72002

代理人 陈建全

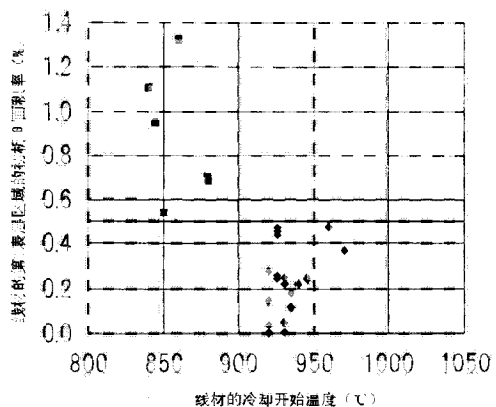
权利要求书 10 页 说明书 32 页 附图 5 页

(54) 发明名称

线材、钢丝以及它们的制造方法

(57) 摘要

本发明涉及一种线材,其组成含有:0.95~1.30质量%的C、0.1~1.5质量%的Si、0.1~1.0质量%的Mn、0~0.1质量%的Al、0~0.1质量%的Ti、0~0.02质量%的P、0~0.02质量%的S、10~50ppm的N、10~40ppm的O,剩余部分至少包括Fe和不可避免的杂质,其中,垂直于该线材的长度方向的断面的97%以上的面积被珠光体组织所占有,而且所述断面中心区域的0.5%以下的面积和所述断面第1表层区域的0.5%以下的面积被初析渗碳体组织所占有。



1. 一种线材,其组成含有:

0.95 ~ 1.30 质量%的 C、

0.1 ~ 1.5 质量%的 Si、

0.1 ~ 1.0 质量%的 Mn、

0 ~ 0.1 质量%的 Al、

0 ~ 0.1 质量%的 Ti、

0 ~ 0.02 质量%的 P、

0 ~ 0.02 质量%的 S、

10 ~ 50ppm 的 N、

10 ~ 40ppm 的 O、

0 ~ 0.5 质量%的 Cr、

0 ~ 0.5 质量%的 Ni、

0 ~ 0.5 质量%的 Co、

0 ~ 0.5 质量%的 V、

0 ~ 0.5 质量%的 Cu、

0 ~ 0.1 质量%的 Nb、

0 ~ 0.2 质量%的 Mo、

0 ~ 0.2 质量%的 W、

0 ~ 30ppm 的 B、

0 ~ 50ppm 的 REM、

0 ~ 50ppm 的 Ca、

0 ~ 50ppm 的 Mg、

0 ~ 100ppm 的 Zr,

剩余部分包括 Fe 和不可避免的杂质,其特征在于:

垂直于该线材的长度方向的断面的 97% 以上的面积被珠光体组织所占有,

而且所述断面中心区域的 0.5% 以下的面积和所述断面第 1 表层区域的 0.5% 以下的面积被初析渗碳体组织所占有。

2. 根据权利要求 1 所述的线材,其特征在於:所述线材的所述断面被所述珠光体组织、所述初析渗碳体、贝氏体组织、伪珠光体组织、铁素体组织、晶界铁素体组织以及马氏体组织所占有。

3. 权利要求 1 或 2 所述的线材的制造方法,其特征在於,具备:

对钢坯进行热轧而得到轧制线材的工序;

对所述轧制线材进行卷取的工序;以及

通过将 900°C 以上的所述轧制线材浸渍在 500 ~ 600°C 的熔融盐层中而进行钢丝韧化处理的工序;

其中,所述钢坯的组成含有:

0.95 ~ 1.30 质量%的 C、

0.1 ~ 1.5 质量%的 Si、

0.1 ~ 1.0 质量%的 Mn、

0 ~ 0.1 质量%的 Al、  
0 ~ 0.1 质量%的 Ti、  
0 ~ 0.02 质量%的 P、  
0 ~ 0.02 质量%的 S、  
10 ~ 50ppm 的 N、  
10 ~ 40ppm 的 O、  
0 ~ 0.5 质量%的 Cr、  
0 ~ 0.5 质量%的 Ni、  
0 ~ 0.5 质量%的 Co、  
0 ~ 0.5 质量%的 V、  
0 ~ 0.5 质量%的 Cu、  
0 ~ 0.1 质量%的 Nb、  
0 ~ 0.2 质量%的 Mo、  
0 ~ 0.2 质量%的 W、  
0 ~ 30ppm 的 B、  
0 ~ 50ppm 的 REM、  
0 ~ 50ppm 的 Ca、  
0 ~ 50ppm 的 Mg、  
0 ~ 100ppm 的 Zr、

剩余部分包括 Fe 和不可避免的杂质。

4. 权利要求 1 或 2 所述的线材的制造方法,其特征在於,具备:

对钢坯进行热轧而得到轧制线材的工序;

对所述轧制线材进行卷取的工序;以及

对 900℃ 以上的所述轧制线材开始冷却,从 900℃ 冷却到 650℃ 的期间的冷却速度 Y 被控制为满足:

$$Y \geq \exp((C\% - 0.66) / 0.12) \quad (\text{式 1})$$

从而进行骤冷,并在 650℃ ~ 500℃ 的温度结束珠光体相变,由此进行钢丝韧化处理的工序;

其中,所述钢坯的组成含有:

0.95 ~ 1.30 质量%的 C、  
0.1 ~ 1.5 质量%的 Si、  
0.1 ~ 1.0 质量%的 Mn、  
0 ~ 0.1 质量%的 Al、  
0 ~ 0.1 质量%的 Ti、  
0 ~ 0.02 质量%的 P、  
0 ~ 0.02 质量%的 S、  
10 ~ 50ppm 的 N、  
10 ~ 40ppm 的 O、  
0 ~ 0.5 质量%的 Cr、

0 ~ 0.5 质量%的 Ni、  
0 ~ 0.5 质量%的 Co、  
0 ~ 0.5 质量%的 V、  
0 ~ 0.5 质量%的 Cu、  
0 ~ 0.1 质量%的 Nb、  
0 ~ 0.2 质量%的 Mo、  
0 ~ 0.2 质量%的 W、  
0 ~ 30ppm 的 B、  
0 ~ 50ppm 的 REM、  
0 ~ 50ppm 的 Ca、  
0 ~ 50ppm 的 Mg、  
0 ~ 100ppm 的 Zr、

剩余部分包括 Fe 和不可避免的杂质。

5. 权利要求 1 或 2 所述的线材的制造方法,其特征在于,具备:

准备直径为 3 ~ 16mm 的轧制线材,再加热至 950°C ~ 1050°C 的工序;以及

对 900°C 以上的所述轧制线材开始冷却,在 500 ~ 600°C 的铅浴槽或流化床中进行钢丝  
韧化处理的工序;

其中,所述轧制线材的组成含有:

0.95 ~ 1.30 质量%的 C、  
0.1 ~ 1.5 质量%的 Si、  
0.1 ~ 1.0 质量%的 Mn、  
0 ~ 0.1 质量%的 Al、  
0 ~ 0.1 质量%的 Ti、  
0 ~ 0.02 质量%的 P、  
0 ~ 0.02 质量%的 S、  
10 ~ 50ppm 的 N、  
10 ~ 40ppm 的 O、  
0 ~ 0.5 质量%的 Cr、  
0 ~ 0.5 质量%的 Ni、  
0 ~ 0.5 质量%的 Co、  
0 ~ 0.5 质量%的 V、  
0 ~ 0.5 质量%的 Cu、  
0 ~ 0.1 质量%的 Nb、  
0 ~ 0.2 质量%的 Mo、  
0 ~ 0.2 质量%的 W、  
0 ~ 30ppm 的 B、  
0 ~ 50ppm 的 REM、  
0 ~ 50ppm 的 Ca、  
0 ~ 50ppm 的 Mg、

0 ~ 100ppm 的 Zr,

剩余部分包括 Fe 和不可避免的杂质。

6. 一种钢丝,其特征在於:其是通过对于垂直于长度方向的断面的 97% 以上的面积被珠光体组织所占有、且所述断面的中心区域的 0.5% 以下的面积和所述断面的第 1 表层区域的 0.5% 以下的面积被初析渗碳体组织所占有的线材,至少实施 1 次拉丝和再加热钢丝韧化处理而得到的钢丝;其中,所述钢丝具有 0.1 ~ 0.4mm 的直径和 4200MPa 以上的拉伸强度,且

垂直于所述钢丝的长度方向的断面的第 2 表层区域的 0.5% 以下的面积被初析渗碳体所占有;

其中,所述线材的组成含有:

0.95 ~ 1.30 质量%的 C、

0.1 ~ 1.5 质量%的 Si、

0.1 ~ 1.0 质量%的 Mn、

0 ~ 0.1 质量%的 Al、

0 ~ 0.1 质量%的 Ti、

0 ~ 0.02 质量%的 P、

0 ~ 0.02 质量%的 S、

10 ~ 50ppm 的 N、

10 ~ 40ppm 的 O、

0 ~ 0.5 质量%的 Cr、

0 ~ 0.5 质量%的 Ni、

0 ~ 0.5 质量%的 Co、

0 ~ 0.5 质量%的 V、

0 ~ 0.5 质量%的 Cu、

0 ~ 0.1 质量%的 Nb、

0 ~ 0.2 质量%的 Mo、

0 ~ 0.2 质量%的 W、

0 ~ 30ppm 的 B、

0 ~ 50ppm 的 REM、

0 ~ 50ppm 的 Ca、

0 ~ 50ppm 的 Mg、

0 ~ 100ppm 的 Zr,

剩余部分包括 Fe 和不可避免的杂质。

7. 一种钢丝,其特征在於:其是通过对于垂直于长度方向的断面的 97% 以上的面积被珠光体组织所占有、且所述断面的中心区域的 0.5% 以下的面积和所述断面的第 1 表层区域的 0.5% 以下的面积被初析渗碳体组织所占有的线材进行拉丝而得到的钢丝;其中,

所述钢丝具有 0.8 ~ 8mm 的直径和 1800MPa 以上的拉伸强度,且

垂直于所述钢丝的长度方向的断面的第 3 表层区域的 0.5% 以下的面积被初析渗碳体所占有;

其中,所述线材的组成含有:

0.95 ~ 1.30 质量%的 C、

0.1 ~ 1.5 质量%的 Si、

0.1 ~ 1.0 质量%的 Mn、

0 ~ 0.1 质量%的 Al、

0 ~ 0.1 质量%的 Ti、

0 ~ 0.02 质量%的 P、

0 ~ 0.02 质量%的 S、

10 ~ 50ppm 的 N、

10 ~ 40ppm 的 O、

0 ~ 0.5 质量%的 Cr、

0 ~ 0.5 质量%的 Ni、

0 ~ 0.5 质量%的 Co、

0 ~ 0.5 质量%的 V、

0 ~ 0.5 质量%的 Cu、

0 ~ 0.1 质量%的 Nb、

0 ~ 0.2 质量%的 Mo、

0 ~ 0.2 质量%的 W、

0 ~ 30ppm 的 B、

0 ~ 50ppm 的 REM、

0 ~ 50ppm 的 Ca、

0 ~ 50ppm 的 Mg、

0 ~ 100ppm 的 Zr,

剩余部分包括 Fe 和不可避免的杂质。

8. 根据权利要求项 7 所述的钢丝,其特征在于:

所述钢丝是通过对所述线材进行如下的处理而得到的:

(a) 在所述拉丝后,进行发蓝处理、热拉伸、热浸镀锌或热浸镀锌合金,

(b) 在热浸镀锌或热浸镀锌合金后,进行所述拉丝,或者

(c) 在所述拉丝后,进行热浸镀锌或热浸镀锌合金,进而进行拉丝。

9. 根据权利要求 6 所述的钢丝的制造方法,其特征在于:具备:

对钢坯进行热轧而制造轧制线材,卷取所述轧制线材,然后将 900°C 以上的所述轧制线材浸渍在 500 ~ 600°C 的熔融盐层中而进行钢丝韧化处理,由此制造直径为 3 ~ 7mm 的线材的工序;

对所述线材进行拉丝的工序;

通过导入至 500 ~ 600°C 的铅浴槽或流化床中而使 900°C 以上的被拉丝过的所述线材开始冷却,由此进行第 2 钢丝韧化处理的工序;以及

对进行了所述第 2 钢丝韧化处理的所述线材进行冷拉丝的工序;

其中,所述钢坯的组成含有:

0.95 ~ 1.30 质量%的 C、

0.1 ~ 1.5 质量%的 Si、  
0.1 ~ 1.0 质量%的 Mn、  
0 ~ 0.1 质量%的 Al、  
0 ~ 0.1 质量%的 Ti、  
0 ~ 0.02 质量%的 P、  
0 ~ 0.02 质量%的 S、  
10 ~ 50ppm 的 N、  
10 ~ 40ppm 的 O、  
0 ~ 0.5 质量%的 Cr、  
0 ~ 0.5 质量%的 Ni、  
0 ~ 0.5 质量%的 Co、  
0 ~ 0.5 质量%的 V、  
0 ~ 0.5 质量%的 Cu、  
0 ~ 0.1 质量%的 Nb、  
0 ~ 0.2 质量%的 Mo、  
0 ~ 0.2 质量%的 W、  
0 ~ 30ppm 的 B、  
0 ~ 50ppm 的 REM、  
0 ~ 50ppm 的 Ca、  
0 ~ 50ppm 的 Mg、  
0 ~ 100ppm 的 Zr、

剩余部分包括 Fe 和不可避免的杂质。

10. 根据权利要求 6 所述的钢丝的制造方法,其特征在于:具备:

对钢坯进行热轧而制造轧制线材,卷取所述轧制线材,然后对 900°C 以上的所述轧制线材开始冷却,从 900°C 冷却到 650°C 的期间的冷却速度 Y 被控制为满足:

$$Y \geq \exp((C\% - 0.66)/0.12) \quad (\text{式 1})$$

从而进行骤冷,并在 650°C ~ 500°C 的温度结束珠光体相变,由此进行钢丝韧化处理,从而制造直径为 3 ~ 7mm 的线材的工序;

对所述线材进行拉丝的工序;

通过导入至 500 ~ 600°C 的铅浴槽或流化床中而使 900°C 以上的被拉丝过的所述线材开始冷却,由此进行第 2 钢丝韧化处理的工序;以及

对进行了所述第 2 钢丝韧化处理的所述线材进行冷拉丝的工序;

其中,所述钢坯的组成含有:

0.95 ~ 1.30 质量%的 C、  
0.1 ~ 1.5 质量%的 Si、  
0.1 ~ 1.0 质量%的 Mn、  
0 ~ 0.1 质量%的 Al、  
0 ~ 0.1 质量%的 Ti、  
0 ~ 0.02 质量%的 P、

0 ~ 0.02 质量%的 S、  
10 ~ 50ppm 的 N、  
10 ~ 40ppm 的 O、  
0 ~ 0.5 质量%的 Cr、  
0 ~ 0.5 质量%的 Ni、  
0 ~ 0.5 质量%的 Co、  
0 ~ 0.5 质量%的 V、  
0 ~ 0.5 质量%的 Cu、  
0 ~ 0.1 质量%的 Nb、  
0 ~ 0.2 质量%的 Mo、  
0 ~ 0.2 质量%的 W、  
0 ~ 30ppm 的 B、  
0 ~ 50ppm 的 REM、  
0 ~ 50ppm 的 Ca、  
0 ~ 50ppm 的 Mg、  
0 ~ 100ppm 的 Zr、

剩余部分包括 Fe 和不可避免的杂质。

11. 根据权利要求 6 所述的钢丝的制造方法,其特征在于:具备:

将直径为 3 ~ 7mm 的线材再加热至 950°C ~ 1050°C,对 900°C 以上的所述再加热线材开始冷却,在 500 ~ 600°C 的铅浴槽或流化床中进行钢丝韧化处理,由此制造直径为 3 ~ 7mm 的线材的工序;

对所述线材进行拉丝的工序;

通过导入至 500 ~ 600°C 的铅浴槽或流化床中而使 900°C 以上的被拉丝过的所述线材开始冷却,由此进行第 2 钢丝韧化处理的工序;以及

对进行了所述第 2 钢丝韧化处理的所述线材进行冷拉丝的工序;

其中,所述线材的组成含有:

0.95 ~ 1.30 质量%的 C、  
0.1 ~ 1.5 质量%的 Si、  
0.1 ~ 1.0 质量%的 Mn、  
0 ~ 0.1 质量%的 Al、  
0 ~ 0.1 质量%的 Ti、  
0 ~ 0.02 质量%的 P、  
0 ~ 0.02 质量%的 S、  
10 ~ 50ppm 的 N、  
10 ~ 40ppm 的 O、  
0 ~ 0.5 质量%的 Cr、  
0 ~ 0.5 质量%的 Ni、  
0 ~ 0.5 质量%的 Co、  
0 ~ 0.5 质量%的 V、



0 ~ 0.5 质量%的 Cu、  
0 ~ 0.1 质量%的 Nb、  
0 ~ 0.2 质量%的 Mo、  
0 ~ 0.2 质量%的 W、  
0 ~ 30ppm 的 B、  
0 ~ 50ppm 的 REM、  
0 ~ 50ppm 的 Ca、  
0 ~ 50ppm 的 Mg、  
0 ~ 100ppm 的 Zr，

剩余部分包括 Fe 和不可避免的杂质。

12. 根据权利要求 7 所述的钢丝的制造方法,其特征在于:具备:

对钢坯进行热轧而制造轧制线材,卷取所述轧制线材,然后通过将 900℃以上的所述轧制线材浸渍在 500 ~ 600℃的熔融盐层中而进行钢丝韧化处理,由此制造直径为 5 ~ 16mm 的线材的工序;以及

对所述线材进行拉丝的工序;

其中,所述钢坯的组成含有:

0.95 ~ 1.30 质量%的 C、  
0.1 ~ 1.5 质量%的 Si、  
0.1 ~ 1.0 质量%的 Mn、  
0 ~ 0.1 质量%的 Al、  
0 ~ 0.1 质量%的 Ti、  
0 ~ 0.02 质量%的 P、  
0 ~ 0.02 质量%的 S、  
10 ~ 50ppm 的 N、  
10 ~ 40ppm 的 O、  
0 ~ 0.5 质量%的 Cr、  
0 ~ 0.5 质量%的 Ni、  
0 ~ 0.5 质量%的 Co、  
0 ~ 0.5 质量%的 V、  
0 ~ 0.5 质量%的 Cu、  
0 ~ 0.1 质量%的 Nb、  
0 ~ 0.2 质量%的 Mo、  
0 ~ 0.2 质量%的 W、  
0 ~ 30ppm 的 B、  
0 ~ 50ppm 的 REM、  
0 ~ 50ppm 的 Ca、  
0 ~ 50ppm 的 Mg、  
0 ~ 100ppm 的 Zr，

剩余部分包括 Fe 和不可避免的杂质。

13. 根据权利要求 7 所述的钢丝的制造方法,其特征在于:具备:

对钢坯进行热轧而制造轧制线材,卷取所述轧制线材,然后对 900℃以上的所述轧制线材开始冷却,从 900℃冷却到 650℃的期间的冷却速度 Y 被控制为满足:

$$Y \geq \exp((C\% - 0.66)/0.12) \quad (\text{式 1})$$

从而进行骤冷,并在 650℃~ 500℃的温度结束珠光体相变,由此进行钢丝韧化处理,从而制造直径为 5 ~ 16mm 的线材的工序;以及

对所述线材进行拉丝的工序;

其中,所述钢坯的组成含有:

0.95 ~ 1.30 质量%的 C、

0.1 ~ 1.5 质量%的 Si、

0.1 ~ 1.0 质量%的 Mn、

0 ~ 0.1 质量%的 Al、

0 ~ 0.1 质量%的 Ti、

0 ~ 0.02 质量%的 P、

0 ~ 0.02 质量%的 S、

10 ~ 50ppm 的 N、

10 ~ 40ppm 的 O、

0 ~ 0.5 质量%的 Cr、

0 ~ 0.5 质量%的 Ni、

0 ~ 0.5 质量%的 Co、

0 ~ 0.5 质量%的 V、

0 ~ 0.5 质量%的 Cu、

0 ~ 0.1 质量%的 Nb、

0 ~ 0.2 质量%的 Mo、

0 ~ 0.2 质量%的 W、

0 ~ 30ppm 的 B、

0 ~ 50ppm 的 REM、

0 ~ 50ppm 的 Ca、

0 ~ 50ppm 的 Mg、

0 ~ 100ppm 的 Zr,

剩余部分包括 Fe 和不可避免的杂质。

14. 根据权利要求 7 所述的钢丝的制造方法,其特征在于:具备:

准备直径为 5 ~ 16mm 的轧制线材,再加热至 950℃~ 1050℃,对 900℃以上的所述轧制线材开始冷却,通过在 500 ~ 600℃的铅浴槽或流化床中进行钢丝韧化处理,从而制造直径为 5 ~ 16mm 的线材的工序;以及

对所述线材进行拉丝的工序;

其中,所述轧制线材的组成含有:

0.95 ~ 1.30 质量%的 C、

0.1 ~ 1.5 质量%的 Si、

0.1 ~ 1.0 质量%的 Mn、  
0 ~ 0.1 质量%的 Al、  
0 ~ 0.1 质量%的 Ti、  
0 ~ 0.02 质量%的 P、  
0 ~ 0.02 质量%的 S、  
10 ~ 50ppm 的 N、  
10 ~ 40ppm 的 O、  
0 ~ 0.5 质量%的 Cr、  
0 ~ 0.5 质量%的 Ni、  
0 ~ 0.5 质量%的 Co、  
0 ~ 0.5 质量%的 V、  
0 ~ 0.5 质量%的 Cu、  
0 ~ 0.1 质量%的 Nb、  
0 ~ 0.2 质量%的 Mo、  
0 ~ 0.2 质量%的 W、  
0 ~ 30ppm 的 B、  
0 ~ 50ppm 的 REM、  
0 ~ 50ppm 的 Ca、  
0 ~ 50ppm 的 Mg、  
0 ~ 100ppm 的 Zr，  
剩余部分包括 Fe 和不可避免的杂质。

## 线材、钢丝以及它们的制造方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及线材、钢丝以及它们的制造方法。更详细地说,本发明涉及适合于用作汽车的子午线轮胎、各种产业用带状物和软管的增强材料的钢索 (steel cord)、锯绳 (sawing wire) 等用途,以及 PC 钢丝、镀锌捻合钢丝、弹簧用钢丝、吊桥用钢丝绳等用途的轧制线材及其制造方法以及以上述轧制线材为基材的钢丝。

[0002] 本申请基于 2010 年 2 月 1 日提出的日本专利申请特愿 2010-020185 并主张其优先权,这里引用其内容。

### 背景技术

[0003] 作为汽车的子午线轮胎、各种带状物、软管等的增强材料而使用的钢索或者锯绳所使用的钢丝,一般地是采用如下的方法来制造的:将热轧制后进行过调整冷却的直径为 5 ~ 6mm 的线材进行 1 次拉丝加工而使其直径为 3 ~ 4mm,接着进行钢丝韧化处理(也称之为铅浴淬火处理),进而进行 2 次拉丝加工而使其直径为 1 ~ 2mm,然后进行最终钢丝韧化处理,接着实施黄铜镀覆,然后进行最终湿式拉丝加工而使其直径为 0.15 ~ 0.40mm。

[0004] 进一步利用扭绞加工将数根这样得到的极细钢丝捻合在一起而加工为捻合钢丝,由此便制作出钢索。

[0005] 一般地说,如果在将线材加工为钢丝时和扭绞加工钢丝时产生断线,则生产率和合格率大大降低。因此,上述技术领域所属的线材和钢丝强烈要求在拉丝加工时和扭绞加工时不会断线。在拉丝加工中,在最终湿式拉丝加工的情况下,由于被处理钢丝的直径极细,所以特别容易发生断线。再者,近年来,从各种目的出发,使钢索等轻量化的动向不断增强。为此,对于上述的各种产品就要求高强度了。

[0006] 另外,用作 PC 钢丝、PC 捻合线、绳索、桥梁用 PWS 钢索等的钢丝一般地说,对热轧后进行过调整冷却的直径为 5 ~ 16mm 的钢丝进行拉丝加工而使其直径为 2 ~ 8mm,并根据需要在拉丝后或拉丝中途的阶段实施热浸镀锌,然后进行捻合或不进行捻合而结束,由此成型为多股状。

[0007] 一般地说,如果在将线材加工为钢丝时断线、或扭绞加工钢丝时产生纵裂(层离: delamination),则生产率和合格率大大降低。因此,上述技术领域所属的线材和钢丝强烈要求拉丝加工时和捻合或结束加工时不会断线。

[0008] 这样的产品以往在要求确保 1600MPa 以上的强度的同时,关于根据扭绞试验等进行评价的韧性延展性,也要求确保充分的性能,但近年来,因各种目的而使钢丝轻量化的动向得以增强。

[0009] 为此,对于上述的各种产品就要求高强度,C 含量低于 0.9 质量%的碳素钢线材等就不能得到所要求的高强度。为此,对 0.9 质量%以上 C 含量的钢丝的要求得以提高。但是,如果提高 C 含量,则由于因初析渗碳体(以下,往往表示为初析  $\theta$ ) 的生成,拉丝加工性以及扭转特性(耐层离性)降低,所以断线频率提高。为此,对于 C 含量提高可以确保钢丝具有较高的强度、而且拉丝加工性也优良的钢丝的要求变得极大。

[0010] 对于上述近年来的来自产业界的要求,提出了超过 1% 那样的高碳线材的制造技术。

[0011] 例如,在专利文献 1 中,公开了由具有特定的化学组成的钢材构成、且规定了初析渗碳体的含有平均面积率的“高强度高韧性极细钢丝用线材、高强度高韧性极细钢丝、以及使用该极细钢丝的捻合产品和该极细钢丝的制造方法”。但是,在该公报所提出的钢丝由于含有作为高价元素的 Ni 和 Co 的 1 种以上作为必要的成分,所以制作成本增大。

[0012] 在专利文献 2 中,提出了通过添加 0.6% 以上的 Al,抑制超过 1% 的高碳钢的初析渗碳体的生成的技术。但是,由于 Al 是强脱氧元素,从而成为在拉丝时断线的原因的硬质夹杂物量增加,所以难以适用于钢索那样的细直径钢丝用的线材。

[0013] 另一方面,在专利文献 3 提出了如下的技术:通过将高碳线材加热至奥氏体温度区域后,冷却到 823 ~ 1023K 的温度范围,并在该温度区域进行加工度为 15 ~ 80% 的塑性加工后,在 823 ~ 923K 的温度区域进行恒温相变,从而抑制初析渗碳体。但是,为了在这样的温度区域实施规定的加工,需要庞大的设备投资,有可能招致制作成本的增加。

[0014] 先行技术文献

[0015] 专利文献

[0016] 专利文献 1:日本专利第 2609387 号公报

[0017] 专利文献 2:日本特开 2003-193129 号公报

[0018] 专利文献 3:日本特开平 8-283867 号公报

## 发明内容

[0019] 发明所要解决的课题

[0020] 本发明是鉴于上述现状而完成的,其目的在于:在高生产率下、高合格率且廉价地提供适合于钢索、锯绳等用途,或者 PC 钢丝、镀锌捻合钢丝、弹簧用钢丝、吊桥用钢丝绳等用途的拉丝性优良的高强度线材。

[0021] 用于解决课题的手段

[0022] 本发明为解决上述的课题而采用以下的构成和方法。

[0023] (1) 本发明的第 1 方式涉及一种线材,其组成含有:0.95 ~ 1.30 质量%的 C、0.1 ~ 1.5 质量%的 Si、0.1 ~ 1.0 质量%的 Mn、0 ~ 0.1 质量%的 Al、0 ~ 0.1 质量%的 Ti、0 ~ 0.02 质量%的 P、0 ~ 0.02 质量%的 S、10 ~ 50ppm 的 N、10 ~ 40ppm 的 O、0 ~ 0.5 质量%的 Cr、0 ~ 0.5 质量%的 Ni、0 ~ 0.5 质量%的 Co、0 ~ 0.5 质量%的 V、0 ~ 0.5 质量%的 Cu、0 ~ 0.1 质量%的 Nb、0 ~ 0.2 质量%的 Mo、0 ~ 0.2 质量%的 W、0 ~ 30ppm 的 B、0 ~ 50ppm 的 REM、0 ~ 50ppm 的 Ca、0 ~ 50ppm 的 Mg、0 ~ 100ppm 的 Zr,剩余部分包括 Fe 和不可避免的杂质,其中,垂直于该线材的长度方向的断面的 97% 以上的面积被珠光体组织所占有,而且所述断面中心区域的 0.5% 以下的面积和所述断面第 1 表层区域的 0.5% 以下的面积被初析渗碳体组织所占有。

[0024] (2) 根据上述 (1) 所述的线材,所述线材的所述断面也可以被所述珠光体组织、所述初析渗碳体、贝氏体组织、伪珠光体组织、铁素体组织、晶界铁素体组织、马氏体组织所占有。

[0025] (3) 本发明的第 2 方式涉及一种上述 (1) 或 (2) 所述的线材的制造方法。该制造

方法具备：对具有所述组成的钢坯进行热轧而得到轧制线材的工序，对所述轧制线材进行卷取的工序，以及通过将 900℃ 以上的所述轧制线材浸渍在 500 ~ 600℃ 的熔融盐层中而进行钢丝韧化处理的工序。

[0026] (4) 本发明的第 3 方式涉及一种所述 (1) 或 (2) 所述的线材的制造方法。该制造方法具备：对具有所述组成的钢坯进行热轧而得到轧制线材的工序；对所述轧制线材进行卷取的工序；以及对 900℃ 以上的所述轧制线材开始冷却，从 900℃ 冷却到 650℃ 的期间的冷却速度  $Y$  被控制为满足：

$$[0027] \quad Y \geq \exp((C\% - 0.66)/0.12) \quad (\text{式 } 1)$$

[0028] 从而进行骤冷，并在 650℃ ~ 500℃ 的温度结束珠光体相变，由此进行钢丝韧化处理的工序。

[0029] (5) 本发明的第 4 方式涉及一种所述 (1) 或 (2) 所述的线材的制造方法。该制造方法具备：准备具有所述组成的直径为 3 ~ 16mm 的轧制线材，再加热至 950℃ ~ 1050℃ 的工序；以及对 900℃ 以上的所述轧制线材开始冷却，在 500 ~ 600℃ 的铅浴槽或流化床中进行钢丝韧化处理的工序。

[0030] (6) 本发明的第 5 方式涉及一种钢丝，其是通过对于具有所述组成的、垂直于长度方向的断面的 97% 以上的面积被珠光体组织所占有、且所述断面的中心区域的 0.5% 以下的面积和所述断面的第 1 表层区域的 0.5% 以下的面积被初析渗碳体组织所占有的线材，至少实施 1 次拉丝和再加热钢丝韧化处理而得到的钢丝；其中，所述钢丝具有 0.1 ~ 0.4mm 的直径和 4200MPa 以上的拉伸强度，且垂直于所述钢丝的长度方向的断面的第 2 表层区域的 0.5% 以下的面积被初析渗碳体所占有。

[0031] (7) 本发明的第 6 方式涉及一种钢丝，其是通过对于具有所述组成的、垂直于长度方向的断面的 97% 以上的面积被珠光体组织所占有、且所述断面的中心区域的 0.5% 以下的面积和所述断面的第 1 表层区域的 0.5% 以下的面积被初析渗碳体组织所占有的线材进行拉丝而得到的钢丝；其中，所述钢丝具有 0.8 ~ 8mm 的直径和 1800MPa 以上的拉伸强度，且垂直于所述钢丝的长度方向的断面的第 3 表层区域的 0.5% 以下的面积被初析渗碳体所占有。

[0032] (8) 根据上述 (7) 所述的钢丝，也可以通过所述线材进行如下的处理而得到：(a) 在所述拉丝后，进行发蓝处理、热拉伸、热浸镀锌或热浸镀锌合金，(b) 在热浸镀锌或热浸镀锌合金后，进行所述拉丝，或 (c) 在所述拉丝后，进行热浸镀锌或热浸镀锌合金，进而进行拉丝。

[0033] (9) 本发明的第 7 方式是根据上述 (6) 所述的钢丝的制造方法，其具备：对具有所述组成的钢坯进行热轧而制造轧制线材，卷取所述轧制线材，然后通过将 900℃ 以上的所述轧制线材浸渍在 500 ~ 600℃ 的熔融盐层中而进行钢丝韧化处理，由此制造直径为 3 ~ 7mm 的线材的工序；对所述线材进行拉丝的工序；通过导入至 500 ~ 600℃ 的铅浴槽或流化床中而使 900℃ 以上的被拉丝过的所述线材开始冷却，由此进行第 2 钢丝韧化处理的工序；以及对进行了所述第 2 钢丝韧化处理的所述线材进行冷拉丝的工序。

[0034] (10) 本发明的第 8 方式是根据上述 (6) 所述的钢丝的制造方法，其具备：对具有所述组成的钢坯进行热轧而制造轧制线材，卷取所述轧制线材，然后对 900℃ 以上的所述轧制线材开始冷却，从 900℃ 冷却到 650℃ 的期间的冷却速度  $Y$  被控制为满足：

[0035]  $Y \geq \exp((C\% - 0.66)/0.12)$  (式 1)

[0036] 从而进行骤冷,并在 650℃~500℃的温度结束珠光体相变,由此进行钢丝韧化处理,从而制造直径为 3~7mm 的线材的工序;对所述线材进行拉丝的工序;通过导入至 500~600℃的铅浴槽或流化床中而使 900℃以上的被拉丝过的所述线材开始冷却,由此进行第 2 钢丝韧化处理的工序;以及对进行了所述第 2 钢丝韧化处理的所述线材进行冷拉丝的工序。

[0037] (11) 本发明的第 9 方式是根据上述 (6) 所述的钢丝的制造方法,其具备:将具有所述组成的直径为 3~7mm 的线材再加热至 950℃~1050℃,对 900℃以上的所述再加热线材开始冷却,在 500~600℃的铅浴槽或流化床中进行钢丝韧化处理,由此制造直径为 3~7mm 的线材的工序;对所述线材进行拉丝的工序;通过导入至 500~600℃的铅浴槽或流化床中而使 900℃以上的被拉丝过的所述线材开始冷却,由此进行第 2 钢丝韧化处理的工序;以及对进行了所述第 2 钢丝韧化处理的所述线材进行冷拉丝的工序。

[0038] (12) 本发明的第 10 方式是根据上述 (7) 所述的钢丝的制造方法,其具备:对具有所述组成的钢坯进行热轧而制造轧制线材,卷取所述轧制线材,然后将 900℃以上的所述轧制线材浸渍在 500~600℃的熔融盐层中而进行钢丝韧化处理,由此制造直径为 5~16mm 的线材的工序;对所述线材进行拉丝的工序。

[0039] (13) 本发明的第 10 方式是根据上述 (7) 所述的钢丝的制造方法,其具备:对具有所述组成的钢坯进行热轧而制造轧制线材,卷取所述轧制线材,然后对 900℃以上的所述轧制线材开始冷却,从 900℃冷却到 650℃的期间的冷却速度 Y 被控制为满足:

[0040]  $Y \geq \exp((C\% - 0.66)/0.12)$  (式 1)

[0041] 从而进行骤冷,并在 650℃~500℃的温度结束珠光体相变,由此进行钢丝韧化处理,从而制造直径为 5~16mm 的线材的工序;对所述线材进行拉丝的工序。

[0042] (14) 本发明的第 10 方式是根据上述 (7) 所述的钢丝的制造方法,其具备:准备具有所述组成的直径为 5~16mm 的轧制线材,再加热至 950℃~1050℃,对 900℃以上的所述轧制线材开始冷却,通过在 500~600℃的铅浴槽或流化床中进行钢丝韧化处理,从而制造直径为 5~16mm 的线材的工序;以及对所述线材进行拉丝的工序。

[0043] 发明的效果

[0044] 根据本发明,可以在高生产率下、高合格率且廉价地提供适合于钢索、锯绳、PC 钢丝、镀锌捻合钢丝、弹簧用钢丝、吊桥用钢丝绳等用途的拉丝性优良的高强度线材。

## 附图说明

[0045] 图 1 表示了在线材的表层区域发生的初析渗碳体的实例。

[0046] 图 2 表示了线材的开始冷却温度和在线材的第 1 表层区域的初析  $\theta$  的面积率之间的关系。

[0047] 图 3 表示了线材的 C 量和线材的第 1 表层区域的初析  $\theta$  的面积率之间的关系。

[0048] 图 4 表示了线材的 C 量和线材的中心区域的初析  $\theta$  的面积率之间的关系。

[0049] 图 5 表示了从 900℃到 650℃的冷却速度和 C 量对线材的中心区域的初析  $\theta$  的析出量产生的影响。

[0050] 图 6 表示了线材的开始冷却温度和线材的第 1 表层区域的初析  $\theta$  的面积率之间

的关系。

[0051] 图 7 表示了线材的 C 量和线材的第 1 表层区域的初析  $\theta$  的面积率之间的关系。

[0052] 图 8 表示了线材的 C 量和线材的中心区域的初析  $\theta$  的面积率之间的关系。

[0053] 图 9 表示了从 900℃ 到 650℃ 的冷却速度和 C 量对线材中心区域的初析  $\theta$  的析出量产生的影响。

### 具体实施方式

[0054] 本发明人就线材的化学组成和机械性质对拉丝加工性产生的影响进行了反复的调查研究,结果得到了如下的认识。

[0055] (a) 为了提高拉伸强度,可以增加 C、Si、Mn、Cr 等合金元素的含量。特别使 C 增加到 1 质量%以上,以相对地降低为得到目标强度的加工变形,从而既可以较高地保持钢丝的延展性又可以谋求高强度化。

[0056] (b) 当增加 C 含量时,在从钢丝韧化处理时的奥氏体区域开始的冷却过程中,在从开始冷却直到珠光体相变开始的期间,容易于过冷奥氏体中,析出如图 1 的箭头所示的初析渗碳体。该倾向在冷却速度减小的线材中心区域变得显著。

[0057] (c) 可以抑制线材中心区域的初析渗碳体生成的临界冷却速度能够用 C 量的函数来表示。通过以在其以上的速度冷却母相奥氏体,接着实施恒温处理,便可以抑制冷却速度降低的线材中心区域的初析渗碳体的生成。

[0058] (d) 通过在加热后将 C 含量为 1.3 质量%以下的直径为 3 ~ 16mm 的线材浸渍于熔融盐中,便可以得到上述的临界冷却速度以上的冷却速度。

[0059] (e) 在通常的线材轧制线上,在精轧(精加工轧制)后于一定的温度下卷取线材,并用传送带传输到斯太尔摩(Stelmor)等钢丝韧化处理区域。在再加热钢丝韧化线上,没有钢丝的卷取工序,但从加热带出口侧到用于钢丝韧化的冷却带的传输需要某种程度的时间。在超过 1 质量%的高 C 材料时,由于渗碳体析出温度(奥氏体→奥氏体+渗碳体的温度)较高,在以前那样的加热和传输条件下,在传输中接触大气的线材最表层几十  $\mu\text{m}$  深度的区域的温度降低,在开始用于钢丝韧化处理的冷却之前,有可能在线材最表层生成初析渗碳体。

[0060] (f) 图 1 表示了在线材表层区域生成的初析渗碳体的实例。这样的表层的渗碳体由于是脆性组织,所以成为拉丝时表层开裂的原因,成为因拉丝而得到的钢丝的层离发生的原因等,从而显著地降低钢丝的延展性。

[0061] (g) 为了抑制这样的线材最表层的初析渗碳体,必须将用于钢丝韧化的线材的开始冷却温度设定为 900℃ 以上。为此,必须将精轧设定为 980℃ 以上,而且与以往相比,将卷取或再加热温度设定为较高的 925℃ 以上,优选设定为比 950℃ 更高的温度,而且尽量缩短传输时间,或抑制传输中的温度降低。

[0062] (h) 如果过于提高精轧温度和卷取温度,则由于线材的奥氏体粒径粗大化,延展性降低,所以存在可以确保延展性的上限温度。

[0063] 以下,基于上述的见解就本发明的实施方式进行详细的说明。

[0064] (第 1 实施方式)

[0065] (线材的构成)



[0066] 本发明的第 1 实施方式涉及一种线材,其垂直于线材的长度方向的断面的中心区域的 0.5%以下的面积和上述断面的表层区域(第 1 表层区域)的 0.5%以下的面积被初析渗碳体组织所占有。

[0067] 根据本发明人的研究,拉丝前的线材表层区域和线材中心区域的初析渗碳体率与拉丝后的钢丝的延展性相关,如果能够将线材表层区域的渗碳体的面积率抑制为 0.5%以下,则通过拉丝得到的钢丝的延展性得以提高,通过将线材中心区域的渗碳体的面积率抑制为 0.5%以下,可以抑制拉丝断线。

[0068] 在此,所谓线材的表层区域(第 1 表层区域),是指在垂直于线材的长度方向的断面中,与从线材表面(断面的周缘部)到 50 μm 深度相当的区域。

[0069] 所谓线材中心区域,是指从垂直于线材长度方向的断面的中心点到半径为 100 μm 的区域。

[0070] 所谓初析渗碳体,是指在原奥氏体晶界生成的、厚度为 100nm 以上的、变形能较小的渗碳体。

[0071] 另外,在本实施方式的线材中,垂直于线材的长度方向的断面的 97%以上的面积被珠光体组织所占有。其剩余部分可以是初析渗碳体、贝氏体组织、伪珠光体组织、铁素体组织、晶界铁素体组织、马氏体组织等。

[0072] (线材的制造条件)

[0073] 为了将 0.95 ~ 1.3 质量%的高 C 材料的轧制线材的表层区域的初析渗碳体抑制为上述的面积率,在将钢坯(方坯:billet)热轧成 3 ~ 16mm 的直径时,必须将通过盐槽或斯太尔摩而开始用于钢丝韧化的冷却时的线材温度设定为 900℃以上。更优选为 920℃以上。为此,在 980℃以上进行精轧,最好在比 925℃高的温度区域、优选在比 950℃高的温度下进行卷取。如果过于提高精轧温度和卷取的温度,则线材的奥氏体粒径粗大化,延展性(颈缩值)降低。为此,精轧温度、卷取温度均优选为 1050℃以下。

[0074] 线材中心区域的初析渗碳体发生量依赖于在从 900℃冷却到 650℃的期间的冷却速度 Y。本发明人发现,以冷却速度 Y[℃/S] 和线材的碳含量 C% [质量%] 满足:

$$[0075] \quad Y \geq \exp((C\% - 0.66)/0.12) \quad (\text{式 } 1)$$

[0076] 的方法使线材骤冷,之后在 500 ~ 650℃的温度结束珠光体相变是有效的。

[0077] 同样的对策优选也在对拉丝前或拉丝中途的钢丝实施的再加热钢丝韧化的工序中进行。所谓再加热钢丝韧化,是指使对象物暂时处于 200℃以下的状态,继而在再加热后进行的钢丝韧化处理。为了将 0.95 ~ 1.3 质量%的高 C 材料的再加热钢丝韧化钢丝的表层区域和中心区域的初析渗碳体抑制为上述的面积率,将再加热温度设定为 950℃ ~ 1050℃,优选设定为 975℃以上、或  $C\% \times 450 + 450$  (℃) 的任一个中较高的温度 ~ 1050℃,在使 C 和其它合金元素充分固溶后,将用于钢丝韧化的冷却开始时的线材温度设定为 900℃以上,优选设定为 920℃以上,在 500 ~ 600℃的铅浴槽或流化床中实施钢丝韧化处理是有效的。

[0078] (基本元素)

[0079] 本实施方式的线材含有 C、Si、Mn、Al、Ti、N、O。

[0080] 以下,就各成分的含量进行说明。

[0081] C:0.95 ~ 1.35 质量%

[0082] C 是对提高线材的强度有效的元素,在其含量低于 0.95%的情况下,难以使高的强度稳定而赋予最终产品。另一方面,如果 C 的含量过多,则在奥氏体晶界生成网络状的初析渗碳体,不但拉丝加工时断线容易发生,而且使最终拉丝后的极细钢丝的韧性、延展性显著劣化。因此,将 C 的含量规定为 0.95 ~ 1.30 质量%。为得到高级强度钢丝,优选为 1.0 质量%以上,更优选为 1.1 质量%以上。

[0083] Si :0.1 ~ 1.5 质量%

[0084] Si 是对提高强度有效的元素。进而是作为脱氧剂有用的元素,在以不含有 Al 的钢丝材料为对象时也是必要的元素。在低于 0.1 质量%时,脱氧作用过少。另一方面,如果 Si 量过多,则在过共析钢中也促进初析铁素体的析出,同时拉丝加工时的极限加工度也降低。进而使基于机械除磷的拉丝工序变得困难。因此,Si 的含量规定为 0.1 ~ 1.5 质量%。优选为 1.0 质量%以下,更优选为 0.35 质量%以下。

[0085] Mn :0.1 ~ 1.0 质量%

[0086] Mn 也和 Si 一样,是作为脱氧剂有用的元素。另外,对于提高淬透性、提高线材的强度也是有效的。再者,Mn 具有将钢中的 S 固定为 MnS 以防止热脆性的作用。其含量低于 0.1 质量%时,难以得到上述的效果。另一方面,Mn 是容易偏析的元素,如果超过 1.0 质量%,则特别地偏析在线材的中心区域,由于在其偏析部生成马氏体和贝氏体,所以拉丝加工性降低。因此,Mn 的含量规定为 0.1 ~ 1.0 质量%。

[0087] Al :0 ~ 0.1 质量%

[0088] 为了不生成硬质非变形的氧化铝系非金属夹杂物而导致钢丝的延展性劣化和拉丝性劣化,Al 的含量规定为包括 0 质量% (或超过 0 质量%) 的 0.1 质量%以下的范围。优选为 0.05 质量%以下,更优选为 0.01 质量%以下。

[0089] Ti :0 ~ 0.1 质量%

[0090] 为了不生成硬质非变形的氧化物而招致钢丝的延展性劣化和拉丝性劣化,Ti 的含量规定为包括 0 质量% (或超过 0 质量%) 的 0.1 质量%以下的范围。优选为 0.05 质量%以下,更优选为 0.01 质量%以下。

[0091] N :10 ~ 50ppm

[0092] N 具有在钢中与 Al、Ti、B 生成氮化物,防止加热时的奥氏体粒度的粗大化的作用,其效果通过含有 10ppm 以上而可以有效地发挥出来。但是,如果含量过多,则氮化物过于增大,使奥氏体中的固溶 B 量降低。再者,由于固溶 N 有可能促进拉丝中的时效,所以将上限设定为 50ppm。优选为 30ppm 以下。

[0093] O :10 ~ 40ppm

[0094] O 可能通过与 Si 及其它元素形成复合夹杂物而形成对拉丝特性不会施加不良影响的软质夹杂物。这样的软质夹杂物可能在轧制后细微分散,具有因喷丸强化效应而使  $\gamma$  粒径微细化,从而使钢丝韧化线材的延展性得以提高的效果。为此,将下限规定为 10ppm。但是,如果含量过于增多,则由于形成硬质的夹杂物,拉丝特性劣化,所以将 O 的上限规定为 40ppm。

[0095] (不可避免的杂质)

[0096] 此外,在本实施方式的线材中作为杂质而含有的 P 和 S 的含量并没有特别规定,但是从确保与以往的极细钢丝相同的延展性的角度考虑,优选分别限制在 0.02 质量%以下。

但是,即使含有 P 和 S 分别比 0.0005 质量%更低,其效果也是有限的。

[0097] (选择元素)

[0098] 本实施方式的线材除上述元素外,以进一步提高强度、韧性、延展性等机械特性为目的,也可以选择性地含有 Cr、Ni、Co、V、Cu、Nb、Mo、W、B、REM、Ca、Mg 和 Zr 中的 1 种以上的元素。以下,就各成分的含量进行说明。

[0099] Cr :0 ~ 0.5 质量%

[0100] Cr 是在使珠光体的片间距离微细化、提高钢丝的强度和拉丝加工性等方面有效的元素。为了有效地发挥这样的作用,优选添加 0.1 质量%以上。另一方面,如果 Cr 量过多,则相变结束时间延长,在热轧线材中除了可能会产生马氏体和贝氏体等过冷组织外,由于在机械处理时除磷性也变差,所以将其上限规定为 0.5 质量%。

[0101] Ni :0 ~ 0.5 质量%

[0102] Ni 不太有助于线材的强度上升,但为提高拉丝材的韧性的元素。为了有效地发挥这样的作用,优选添加 0.1 质量%以上。另一方面,如果过剩地添加 Ni,则由于相变结束时间延长,所以将上限值规定为 0.5 质量%。

[0103] Co :0 ~ 0.5 质量%

[0104] Co 是对抑制轧制材料的初析渗碳体的析出有效的元素。为了有效地发挥这样的作用,优选添加 0.1 质量%以上。另一方面,即使过剩地添加 Co,其效果也会饱和,在经济上是无用的,所以将其上限值规定为 0.5 质量%。

[0105] V :0 ~ 0.5 质量%

[0106] V 通过在铁素体中形成微细的碳氮化物,防止加热时的奥氏体晶粒的粗大化,同时也有助于轧制后的强度提高。为了有效地发挥这样的作用,优选添加 0.05 质量%以上。但是,如果过剩地添加,则碳氮化物的形成量过多,同时由于碳氮化物的粒径也增大,所以将上限规定为 0.5 质量%。

[0107] Cu :0 ~ 0.5 质量%

[0108] Cu 具有提高极细钢丝的耐蚀性的效果。为了有效地发挥这样的作用,优选添加 0.1 质量%以上。但是,如果过剩地添加,则与 S 反应而使 CuS 偏析于晶界中,所以在线材制造过程中,在钢锭和线材等中产生瑕疵。为了防止这样的不良影响,将其上限规定为 0.5 质量%。

[0109] Nb :0 ~ 0.1 质量%

[0110] Nb 具有提高极细钢丝的耐蚀性的效果。为了有效地发挥这样的作用,优选添加 0.05 质量%以上。另一方面,如果过剩地添加 Nb,则相变结束时间延长,所以将上限值规定为 0.1 质量%。

[0111] Mo :0 ~ 0.2 质量%

[0112] Mo 具有浓缩于珠光体生长界面、通过所谓溶质拖曳效果抑制珠光体的生长的效果。通过适量添加,可以只抑制 600℃ 以上的高温区域的珠光体的生长,可以抑制粗大的片间距离的珠光体的生成。另外,Mo 也有抑制铁素体生成、提高淬透性的效果,对于非珠光体组织的减少也是有效的。Mo 如果过剩,则整个温度区域的珠光体生长受到抑制,钢丝初化需要长时间,从而招致生产率的降低,同时粗大的  $\text{Mo}_2\text{C}$  碳化物析出,导致拉丝加工性降低。因此,将 Mo 的含量规定为 0.2 质量%以下。优选的含量是 0.005 ~ 0.06 质量%。

[0113] W :0 ~ 0.2 质量%

[0114] W 与 Mo 同样,具有浓缩于珠光体生长界面、通过所谓的溶质拖曳效果抑制珠光体的生长的效果。通过适量添加,可以只抑制 600℃ 以上的高温区域的珠光体的生长,可以抑制粗大的片间距离的珠光体的生成。另外, W 也有抑制铁素体生成、提高淬透性的效果,对于非珠光体组织的减少也是有效的。W 如果过剩,则整个温度区域的珠光体生长受到抑制,钢丝韧化需要长时间,从而招致生产率的降低,同时粗大的  $W_2C$  碳化物析出,导致拉丝加工性降低。因此,将 W 的含量规定为 0.2 质量%以下。优选的含量是 0.005 ~ 0.06 质量%。

[0115] B :0 ~ 30ppm

[0116] B 在以固溶状态存在于奥氏体中的情况下,在晶界浓化,抑制铁素体、伪珠光体、贝氏体等非珠光体析出的生成。在含量为 4ppm 以上的情况下,可以强烈地得到该效果。另一方面,如果过多添加 B,则在奥氏体中促进粗大的  $Fe_{23}(CB)_6$  碳化物的析出,对拉丝性产生不良影响。为了满足该要求,将 B 的含量的上限值规定为 30ppm。优选的含量为 4 ~ 15ppm,更优选为 8 ~ 12ppm。

[0117] REM :0 ~ 50ppm

[0118] REM 对 S 的无害化是有效的,但是,过度的添加由于生成氧化物而成为断线的原因,所以将含量的上限规定为 50ppm。

[0119] Ca :0 ~ 50ppm

[0120] Ca 对于降低硬质的氧化铝系的夹杂物是有效的,但是,过度的添加由于生成氧化物而成为断线的原因,所以将含量的上限规定为 50ppm。

[0121] Mg :0 ~ 50ppm

[0122] Mg 成为微细的氧化物,使钢的组织微细化,从而提高延展性。如果超过 50ppm,则以氧化物为起点而容易产生断线,所以将含量的上限规定为 50ppm。

[0123] Zr :0 ~ 100ppm

[0124] Zr 以 ZrO 的形态成为奥氏体的结晶析出核,所以具有提高奥氏体的等轴率、降低中心偏析的效果,但是如果超过 100ppm,则以氧化物为起点而容易产生断线,所以将含量的上限规定为 100ppm。

[0125] (第 2 实施方式)

[0126] (钢丝的构成)

[0127] 本发明的第 2 实施方式是通过拉伸第 1 实施方式中记载的线材而得到的、具有 0.1 ~ 0.4mm 的直径和 4200MPa 以上的拉伸强度的钢丝。该钢丝垂直于钢丝的长度方向的断面的表层区域(第 2 表层区域)的 0.5% 以下的面积被初析渗碳体所占有。

[0128] 在此,所谓第 2 表层区域,是指从钢丝的表层到 10  $\mu$ m 为止的区域。

[0129] (钢丝的制造条件)

[0130] 这样的钢丝可以采用如下的方法而得到:对第 1 实施方式中记载的线材进行拉丝,加热到 900℃ 以上,至少实施 1 次将加热的线材导入到 500 ~ 600℃ 的铅浴槽或流化床中而开始冷却的钢丝韧化,然后实施冷拉丝。

[0131] (第 3 实施方式)

[0132] (钢丝的构成)

[0133] 本发明的第 3 实施方式是通过拉伸直径为 5 ~ 16mm 的第 1 实施方式中记载的线

材而得到的、具有 0.8 ~ 8mm 的直径和 1800MPa 以上的拉伸强度的钢丝。该钢丝垂直于钢丝的长度方向的断面的表层区域（第 3 表层区域）的 0.5% 以下的面积被初析渗碳体所占有。

[0134] 在此,所谓第 3 表层区域,是指从钢丝的表层到 20  $\mu\text{m}$  为止的区域。

[0135] ( 钢丝的制造条件 )

[0136] 这样的钢丝可以通过对第 1 实施方式中记载的线材实施冷拉丝而得到。

[0137] 这样得到的钢丝可以在拉丝后直接使用,但也可以进行如下等处理:(1) 拉丝后,实施发蓝处理、热拉伸、热浸镀锌或热浸镀锌合金,(2) 热浸镀锌或热浸镀锌合金后,实施拉丝,或者(3) 拉丝、热浸镀锌或热浸镀锌合金后,进而实施拉丝。

[0138] 具有在上述的实施方式中说明的特征的线材、钢丝、或它们的制造方法也可以如下那样表述。

[0139] 即,本发明的一个方式涉及一种延展性优良的高强度钢丝用线材,其成分以质量%计含有 C :0.95 ~ 1.30%、Si :0.1 ~ 1.5%、Mn :0.1 ~ 1.0%、Al :0.1% 以下、Ti :0.1% 以下、N :10 ~ 50ppm、O :10ppm ~ 40ppm,剩余部分包括 Fe 和杂质;珠光体组织的面积率为 97% 以上,其余部分包括贝氏体、伪珠光体、铁素体、晶界铁素体、初析渗碳体;而且线材中心部的半径为 100  $\mu\text{m}$  的区域的初析渗碳体面积率为 0.5% 以下,且从线材表层到 50  $\mu\text{m}$  深度的区域的初析渗碳体的面积率为 0.5% 以下。

[0140] 另外,也可以以质量%计,进一步含有选自 Cr :0.5% 以下(不含 0%)、Ni :0.5% 以下(不含 0%)、Co :0.5% 以下(不含 0%)、V :0.5% 以下(不含 0%)、Cu :0.5% 以下(不含 0%)、Nb :0.1% 以下(不含 0%)、Mo :0.2% 以下(不含 0%)、W :0.2% 以下(不含 0%)、B :30ppm 以下(不含 0%) 之中的至少 1 种以上。

[0141] 另外,本发明的另一个方式涉及一种延展性优良的高强度钢丝,其是对直径为 3 ~ 7m 的上述线材进行拉丝,在钢丝初化处理后再次拉丝而得到的;所述钢丝的拉伸强度为 4200MPa 以上,从其表层到 10  $\mu\text{m}$  深度的区域的初析渗碳体面积率为 0.5% 以下。

[0142] 另外,本发明的又一个方式涉及一种延展性优良的高强度钢丝,其是对直径为 5.0 ~ 16mm 的上述线材进行拉丝,实施发蓝处理、热拉伸、热浸镀锌或热浸镀锌合金的钢丝;或者是对直径为 5.0 ~ 16mm 的上述线材进行热浸镀锌或热浸镀锌合金,然后实施拉丝而得到的钢丝;或者是对直径为 5.0 ~ 16mm 的上述线材进行拉丝,热浸镀锌或热浸镀锌合金后,进而实施拉丝而得到的钢丝;是拉伸强度为 1800MPa 以上,从其表层到 20  $\mu\text{m}$  深度的区域的初析渗碳体面积率为 0.5% 以下的钢丝。

[0143] 另外,本发明的再一个方式涉及一种延展性优良的高强度钢丝用线材的制造方法,其在将上述成分的钢坯热轧成线径为 3 ~ 16mm 时,在进行精轧和卷取后,将向熔融盐槽中浸渍时的线材的温度设定为 900 $^{\circ}\text{C}$  以上,接着直接浸渍在 500 ~ 600 $^{\circ}\text{C}$  的熔融盐中,由此进行钢丝初化处理。

[0144] 另外,本发明的又一个方式涉及一种延展性优良的高强度钢丝用线材的制造方法,其在将上述成分的钢坯热轧成线径为 3 ~ 16mm 时,在进行精轧和卷取后,将用于钢丝初化的斯太尔摩等的冷却开始时的线材温度设定为 900 $^{\circ}\text{C}$  以上,接着进行钢丝初化处理,在该钢丝初化处理中,以从 900 $^{\circ}\text{C}$  冷却到 650 $^{\circ}\text{C}$  的期间的冷却速度 Y 满足(式 1):

[0145] 
$$Y \geq \exp((C\% - 0.66)/0.12) \quad (\text{式 } 1)$$

[0146] 的方法进行骤冷,之后在 500 ~ 650℃ 的温度结束珠光体相变。

[0147] 另外,本发明的再一个方式涉及上述的延展性优良的高强度钢丝用线材的制造方法,其特征在于:在对具有上述成分且线径为 3 ~ 16mm 的线材进行再加热钢丝韧化时,将线材的加热温度设定为 950℃ ~ 1050℃,将用于钢丝韧化的冷却开始时的线材温度设定为 900℃ 以上,立即在 500 ~ 600℃ 的铅或流化床中实施钢丝韧化处理。

[0148] 另外,本发明的又一个方式涉及一种延展性优良的高强度钢丝的制造方法,其在对由上述的制造方法制造的  $\phi 3 \sim 7\text{mm}$  的线材进行拉丝、钢丝韧化后进而实施冷拉丝时,将钢丝韧化时的钢丝的加热温度设定为 950℃ ~ 1050℃,将用于钢丝韧化的冷却开始时的钢丝温度设定为 900℃ 以上,立即在 500 ~ 600℃ 的铅或流化床中实施钢丝韧化处理,然后对该实施过钢丝韧化处理的钢丝进行拉伸。

## 实施例

[0149] 下面举出实施例就本发明进行更加具体的说明,但本发明原本并不局限于下述实施例,在可以适合本发明的宗旨的范围内,当然也可以适当地加以变更而实施,这些都包括在本发明的技术性范围内。

[0150] (第 1 实施例)

[0151] 表 1 ~ 4 表示了本发明的实施例  $\alpha 1 \sim \alpha 19$  所使用的 A-1 钢、B-1 钢、C-1 钢、D-1 钢、E 钢、F 钢、G-1 钢、H 钢、I 钢、J 钢、K 钢、L-1 钢、M 钢、N 钢、O 钢、P 钢、Q-1 钢、Q-2 钢、Q-3 钢的化学成分,以及比较例  $\alpha 1 \sim \alpha 18$  所使用的 A-2 钢、A-3 钢、B-2 钢、B-3 钢、B-4 钢、C-2 钢、D-2 钢、G-2 钢、G-3 钢、G-4 钢、L-2 钢、R 钢、S 钢、T 钢、U 钢、V 钢、W 钢、X 钢的化学成分。此外,在表 1 ~ 8 中,对于不包含于适当范围的数值和不利的结果等画下划线。

[0152] 加热含有表 1 ~ 4 所示的化学成分的钢的方坯(钢坯)后,通过热轧使其成为直径 3 ~ 7mm 的线材,在规定的温度下进行精轧、卷取后,实施钢丝韧化处理。

[0153] 将轧制线材卷取为环状后,实施基于斯太尔摩或直接熔融盐浸渍(DLP)的钢丝韧化处理。此外,所谓 DLP,是指将轧制线材直接浸渍在熔融盐中而进行钢丝韧化处理的 Direct in-Line Patenting 设备。从 900℃ 到 650℃ 的冷却速度  $Y$  在斯太尔摩的情况下,在斯太尔摩传送带上,通过用非接触型温度计每 0.5m 测量环重叠部温度,由此测量从 900℃ 冷却到 650℃ 所需的时间  $t[\text{s}]$ ,从而求出  $(900-650)/t[^\circ\text{C}/\text{S}]$ 。

[0154] 为了测量轧制线材的珠光体组织的面积率和初析渗碳体面积率,将直径为 1.0 ~ 1.5m 的环状线材的 1 个环 8 等分,确定 TS 最高的部位和最低的部位。从与连续的环的这些部位相当的部分切出 10mm 长度的试样,埋入树脂中以便能够观察垂直于长度方向的断面(C 断面),然后进行氧化铝研磨,用饱和苦味醇液腐蚀,实施 SEM 观察。

[0155] 珠光体组织的面积率是在圆周方向每隔 90 度、于 4 个位置、以 3000 倍测量距上述 2 部位(TS 最高的部位和最低的部位)的表层  $1/4D$  深度部分( $D = \text{直径}$ )的、 $200 \times 200 \mu\text{m}$  的正方形区域,将除去渗碳体分散为粒状的伪珠光体部、板状渗碳体以比周围大 3 倍以上的粗大的片间距离分散的贝氏体部、沿奥氏体析出的晶界铁素体部、初析渗碳体部的面积率作为珠光体组织的面积率,根据图像解析进行测量,求出 4 个位置的平均值。

[0156] 下面就初析渗碳体的面积率的 SEM 摄影位置进行说明。

[0157] 线材的中心区域从 TS 最低的地部位的断面的中心点选定半径为  $100 \mu\text{m}$  的区域。

[0158] 线材的表层区域是在圆周方向、每隔 90 度选定 4 个位置的 TS 最高部位的断面的周缘部附近的  $50\ \mu\text{m} \times 50\ \mu\text{m}$  的区域。

[0159] 以 5000 倍测量这些选定位置,根据图像解析测量厚度为 100nm 以上的初析渗碳体的面积率。

[0160] 此外,关于表层区域,使用 4 个位置的测量结果的最大值。

[0161] 关于线材的拉丝特性,准备用酸洗除去轧制线材的氧化皮后,通过磷化处理而赋予磷酸锌薄膜的长度为 10m 的线材,进行每 1 个道次的断面收缩率为 16 ~ 20% 的单头式拉丝,中途实施铅钢丝韧化或流化床钢丝韧化,湿式连续拉丝直到直径为 0.18 ~ 0.22mm,从而得到高强度钢丝。

[0162] 为了测量拉丝的钢丝的初析渗碳体面积率,从直径为 0.18 ~ 0.22mm 的钢丝上切出 10mm 长度的试样,埋入树脂中以便能够观察垂直于长度方向的断面(C 断面),然后进行氧化铝研磨,用饱和苦味醇液腐蚀,实施 SEM 观察。

[0163] 关于 SEM 的选定位置,选定钢丝的断面的周缘部附近的  $10\ \mu\text{m} \times 50\ \mu\text{m}$  的长方形区域。

[0164] 以 10000 倍测量该选定位置,根据图像解析测量厚度为 100nm 以上的初析渗碳体的面积率。

[0165] 表 5 ~ 8 表示了实施例  $\alpha 1 \sim \alpha 19$  和比较例  $\alpha 1 \sim \alpha 18$  的线材及钢丝的制造条件和测量结果。在表中,FBP 是指基于流化床的钢丝韧化处理。

[0166] 由表 1 ~ 8 所示的实施例  $\alpha 1 \sim \alpha 19$  可知,在适当地控制线材的含有元素的量的基础上,在抑制了轧制线材的表层和中心区域的初析渗碳体分率的情况下,可以抑制拉丝后的钢丝的层离和拉丝断线的发生。

[0167] 在比较例  $\alpha 1$ 、 $\alpha 5$ 、 $\alpha 6$ 、 $\alpha 7$ 、 $\alpha 17$ 、 $\alpha 18$  中,起因于用于钢丝韧化的冷却开始时的线材温度较低,不能抑制轧制线材的表层初析渗碳体的生成。为此,轧制线材的表层部的初析渗碳体面积率超过 0.5%,最终拉丝后的钢丝发生了层离。

[0168] 在此,作为反映实施例  $\alpha 1 \sim \alpha 19$  和将冷却开始时的线材温度设定为低于 900°C 的比较例  $\alpha 1$ 、 $\alpha 5$ 、 $\alpha 6$ 、 $\alpha 7$ 、 $\alpha 17$ 、 $\alpha 18$  的结果的数据,图 2 表示了轧制线材的冷却开始时的温度和表层渗碳体面积率之间的关系。从该图中可以确认:在将冷却开始时的线材温度设定为 900°C 以上的情况下,可以将线材表层的初析渗碳体抑制为 0.5% 以下。

[0169] 在比较例  $\alpha 2$  中,由于卷取的温度高,所以轧制线材的延展性低,一次拉丝就发生断线。

[0170] 在比较例  $\alpha 3$  中,由于最终钢丝韧化时的加热温度低,所以在最终拉丝后的钢丝表层部和中心区域不能抑制渗碳体,从而发生了层离。

[0171] 在比较例  $\alpha 4$  和比较例  $\alpha 11$ 、比较例  $\alpha 15$  中,采用斯太尔摩实施轧制线材的钢丝韧化处理,由于从 900°C 到 650°C 的冷却速度 Y 不满足:

$$Y \geq \exp((C\% - 0.66)/0.12) \quad (\text{式 } 1)$$

[0173] 所以在线材中心区域的初析渗碳体大量生成,一次拉丝就发生断线。

[0174] 图 3 对于实施例  $\alpha 1 \sim \alpha 19$ ,以及尽管成分范围适当、但作为抑制表层的初析渗碳体的重要指标的精加工温度或用于钢丝韧化的冷却开始时的温度较低的比较例  $\alpha 1$ 、 $\alpha 5$ 、 $\alpha 6$ 、 $\alpha 7$ 、 $\alpha 9$ 、 $\alpha 17$ 、 $\alpha 18$ ,表示了线材的 C 量和线材的表层区域的初析渗碳体面积率之间

的关系。

[0175] 图 4 对于实施例  $\alpha 1 \sim \alpha 19$ , 以及尽管成分范围适当、但  $900 \rightarrow 650^\circ\text{C}$  的冷却速度  $Y$  不满足 (式 1) 的比较例  $\alpha 4$ 、 $\alpha 11$ , 表示了线材的 C 量和线材中心区域的初析渗碳体面积率之间的关系。

[0176] 图 5 对于线材轧制时采用斯太尔摩进行冷却的实施例  $\alpha 4$ 、 $\alpha 8$ 、 $\alpha 12$ 、 $\alpha 17$ 、 $\alpha 18$ 、 $\alpha 19$  和比较例  $\alpha 4$ 、 $\alpha 11$ 、 $\alpha 15$ , 表示了从  $900^\circ\text{C}$  到  $650^\circ\text{C}$  的冷却速度  $Y$  和 C 量对线材中心区域的初析渗碳体析出量产生的影响。从该图可以确认: 在冷却速度  $Y$  满足 (式 1) 的情况下, 可以将线材中心区域的初析渗碳体抑制在 0.5% 以下。

[0177] 在比较例  $\alpha 8$  中, 由于熔融盐温度低, 所以因上贝氏体的生成而使延展性降低, 一次拉丝就发生断线。

[0178] 在比较例  $\alpha 9$  中, 由于精轧温度过低, 所以精轧时在线材表层生成了初析渗碳体。为此, 轧制线材的表层部的初析  $\theta$  面积率超过 0.5%, 最终拉丝后的钢丝发生了层离。

[0179] 在比较例  $\alpha 10$  中, 由于精轧温度过高, 所以线材的延展性降低, 一次拉丝就发生断线。

[0180] 在比较例  $\alpha 12$  中, 由于 C 量高, 所以线材的强度高, 延展性过低, 因而一次拉丝就发生断线。

[0181] 由于比较例  $\alpha 13$  的 C 量低, 所以不能得到规定的 TS 的钢丝。

[0182] 在比较例  $\alpha 14$  中, 由于 Mn 量高, 所以贝氏体和微细马氏体生成, 不能满足规定的珠光体部分率。为此, 一次拉丝就发生断线。

[0183] 在比较例  $\alpha 16$  中, 由于 Si 量高, 所以贝氏体和微细马氏体生成, 不能满足规定的珠光体分率。为此, 一次拉丝就发生断线。

[0184] 在比较例  $\alpha 17$  中, 由于卷取温度为一般的条件, 所以表层初析  $\theta$  多, 最终拉丝后的钢丝发生了层离。

[0185] 在比较例  $\alpha 18$  中, 由于卷取的温度低, 所以表层初析  $\theta$  多, 最终拉丝后的钢丝发生了层离。



[0186]

表1

	钢种	元素										
		C	Si	Mn	P	S	Al	Ti	N	O	质量%	ppm
实施例 α 1	A-1	1.07	0.18	0.3	0.016	0.025	0.000	0.000	20	21		
实施例 α 2	B-1	1.17	0.20	0.32	0.008	0.007	0.003	0.000	26	23		
实施例 α 3	C-1	1.12	0.20	0.48	0.015	0.020	0.001	0.000	25	23		
实施例 α 4	D-1	1.06	0.34	0.3	0.008	0.008	0.000	0.000	26	26		
实施例 α 5	E	1.15	0.20	0.3	0.010	0.008	0.004	0.000	25	38		
实施例 α 6	F	1.21	0.20	0.5	0.008	0.008	0.000	0.001	25	21		
实施例 α 7	G-1	1.22	0.20	0.5	0.008	0.008	0.000	0.001	26	24		
实施例 α 8	H	1.05	0.20	0.3	0.015	0.013	0.000	0.000	22	31		
实施例 α 9	I	1.10	0.20	0.3	0.008	0.008	0.001	0.000	25	21		
实施例 α 10	J	1.28	0.22	0.49	0.010	0.009	0.000	0.000	24	24		
实施例 α 11	K	1.12	0.20	0.34	0.009	0.010	0.000	0.003	21	23		
实施例 α 12	L-1	1.08	0.20	0.4	0.010	0.007	0.000	0.000	20	28		
实施例 α 13	M	1.12	0.20	0.3	0.019	0.015	0.000	0.000	27	25		
实施例 α 14	N	1.17	0.30	0.3	0.008	0.008	0.000	0.000	27	21		
实施例 α 15	O	1.16	0.58	0.3	0.008	0.010	0.000	0.000	27	22		
实施例 α 16	P	1.12	0.70	0.51	0.008	0.008	0.001	0.004	27	35		
实施例 α 17	Q-1	1.02	0.20	0.3	0.008	0.008	0.001	0.002	27	25		
实施例 α 18	Q-2	1.02	0.20	0.3	0.008	0.008	0.001	0.002	27	25		
实施例 α 19	Q-3	1.02	0.20	0.3	0.008	0.008	0.001	0.002	27	25		

[0187]

表2

	钢种	元素												
		Cr 质量%	Ni 质量%	Cu 质量%	V 质量%	Co 质量%	Nb 质量%	Mo 质量%	W 质量%	B ppm	REM ppm	Ca ppm	Mg ppm	Zr ppm
实施例 α 1	A-1	0.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	0.000	0	0	0	0	0
实施例 α 2	B-1	0.22	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	0.000	0	0	0	0	0
实施例 α 3	C-1	0.20	0.00	0.00	0.04	0.00	0.00	0.000	0.000	9	0	0	0	0
实施例 α 4	D-1	0.18	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.030	0.000	8	0	0	0	0
实施例 α 5	E	0.05	0.00	0.00	0.00	0.10	0.00	0.000	0.000	0	0	0	0	0
实施例 α 6	F	0.00	0.00	0.00	0.06	0.00	0.00	0.000	0.000	0	0	0	0	0
实施例 α 7	G-1	0.20	0.00	0.20	0.00	0.00	0.02	0.000	0.000	0	0	0	0	0
实施例 α 8	H	0.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	0.000	8	0	0	0	0
实施例 α 9	I	0.21	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.080	0.000	10	0	0	0	0
实施例 α 10	J	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.000	0.000	0	0	0	0	0
实施例 α 11	K	0.19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	0.000	0	0	0	0	0
实施例 α 12	L-1	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	0.000	0	0	0	0	0
实施例 α 13	M	0.18	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	0.000	8	0	0	0	0
实施例 α 14	N	0.23	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	0.000	9	0	0	0	0
实施例 α 15	O	0.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.030	0.050	0	0	0	0	0
实施例 α 16	P	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	0.000	0	0	0	0	0
实施例 α 17	Q-1	0.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	0.000	0	0	0	0	0
实施例 α 18	Q-2	0.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	0.000	0	0	0	0	0
实施例 α 19	Q-3	0.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	0.000	0	0	0	0	0

[0188]

表3

	钢种	元素										
		C	Si	Mn	P	S	Al	Ti	N	O	质量%	ppm
比较例 α 1	A-2	1.07	0.18	0.3	0.016	0.015	0.000	0.000	20	21	质量%	ppm
比较例 α 2	A-3	1.07	0.18	0.3	0.016	0.015	0.000	0.000	20	21	质量%	ppm
比较例 α 3	B-2	1.17	0.20	0.32	0.008	0.007	0.003	0.000	26	23	质量%	ppm
比较例 α 4	B-3	1.17	0.20	0.32	0.008	0.007	0.003	0.000	26	23	质量%	ppm
比较例 α 5	B-4	1.17	0.20	0.32	0.008	0.007	0.003	0.000	26	23	质量%	ppm
比较例 α 6	C-2	1.12	0.20	0.48	0.015	0.020	0.001	0.000	25	23	质量%	ppm
比较例 α 7	D-2	1.06	0.34	0.3	0.008	0.008	0.000	0.000	26	26	质量%	ppm
比较例 α 8	G-2	1.22	0.20	0.5	0.008	0.008	0.000	0.001	26	24	质量%	ppm
比较例 α 9	G-3	1.22	0.20	0.5	0.008	0.008	0.000	0.001	26	24	质量%	ppm
比较例 α 10	G-4	1.22	0.20	0.5	0.008	0.008	0.000	0.001	26	24	质量%	ppm
比较例 α 11	L-2	1.08	0.20	0.4	0.010	0.007	0.000	0.000	20	28	质量%	ppm
比较例 α 12	R	1.35	0.20	0.3	0.015	0.013	0.000	0.000	22	31	质量%	ppm
比较例 α 13	S	0.92	0.20	0.5	0.010	0.009	0.000	0.010	25	23	质量%	ppm
比较例 α 14	I	1.12	0.20	1.2	0.009	0.010	0.000	0.003	21	23	质量%	ppm
比较例 α 15	U	0.98	0.20	0.5	0.009	0.010	0.000	0.003	21	23	质量%	ppm
比较例 α 16	V	1.12	1.60	0.2	0.009	0.010	0.000	0.003	21	23	质量%	ppm
比较例 α 17	W	1.04	0.21	0.4	0.008	0.005	0.001	0.001	35	11	质量%	ppm
比较例 α 18	X	1.05	0.18	0.49	0.006	0.005	0.001	0.000	25	10	质量%	ppm

[0189]

表4

	钢种	元素												
		Cr 质量%	Ni 质量%	Cu 质量%	V 质量%	Ca 质量%	Nb 质量%	Mo 质量%	W 质量%	B ppm	REM ppm	Ca ppm	Mg ppm	Zr ppm
比较例 α 1	A-2	0.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	0.000	0	0	0	0	0
比较例 α 2	A-3	0.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	0.000	0	0	0	0	0
比较例 α 3	B-2	0.22	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	0.000	0	0	0	0	0
比较例 α 4	B-3	0.22	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	0.000	0	0	0	0	0
比较例 α 5	B-4	0.22	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	0.000	0	0	0	0	0
比较例 α 6	C-2	0.20	0.00	0.00	0.04	0.00	0.00	0.000	0.000	9	0	0	0	0
比较例 α 7	D-2	0.16	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.030	0.000	8	0	0	0	0
比较例 α 8	G-2	0.20	0.00	0.20	0.00	0.00	0.02	0.000	0.000	0	0	0	0	0
比较例 α 9	G-3	0.20	0.00	0.20	0.00	0.00	0.02	0.000	0.000	0	0	0	0	0
比较例 α 10	G-4	0.20	0.00	0.20	0.00	0.00	0.02	0.000	0.000	0	0	0	0	0
比较例 α 11	L-2	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	0.000	0	0	0	0	0
比较例 α 12	B	0.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	0.000	8	0	0	0	0
比较例 α 13	S	0.21	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.000	0.000	0	0	0	0	0
比较例 α 14	I	0.19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	0.000	0	0	0	0	0
比较例 α 15	U	0.19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	0.000	0	0	0	0	0
比较例 α 16	V	0.19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	0.000	0	0	0	0	0
比较例 α 17	W	0.49	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	0.000	0	0	0	0	0
比较例 α 18	X	0.22	0.01	0.11	0.00	0.00	0.00	0.000	0.000	10	0	0	0	0

[0190]

表5

	钢种	线径		精加工温度 °C	卷取温度 °C	冷却开始时的线材温度		冷却方法	盐温度		(式1) 右边	900→650°C 冷却速度Y °C/s	轧制材料 强度 Mpa	珠光体 面积率 %	线材的表层 区域的初析 面积率 %	线材的中心 区域的初析 面积率 %
		mm	°C			°C	°C		°C							
实施例 α 1	A-1	5.5	1010	970	930	DLP	550	-	-	-	1500	98.5	0.05	0.00		
实施例 α 2	B-1	5.5	1020	985	940	DLP	545	-	-	-	1600	99.0	0.22	0.40		
实施例 α 3	C-1	5.5	1025	980	920	DLP	555	-	-	-	1570	97.2	0.28	0.22		
实施例 α 4	D-1	3.8	1005	960	925	斯太尔摩	-	28.0	29.0	-	1410	98.6	0.25	0.15		
实施例 α 5	E	5.5	1000	975	930	DLP	570	-	-	-	1560	99.2	0.22	0.26		
实施例 α 6	F	5.5	1020	970	925	DLP	580	-	-	-	1630	99.1	0.46	0.40		
实施例 α 7	G-1	5.5	1030	1010	970	DLP	600	-	-	-	1610	97.5	0.37	0.42		
实施例 α 8	H	5.0	1010	955	920	斯太尔摩	-	25.8	27.0	-	1400	98.2	0.15	0.19		
实施例 α 9	I	5.5	1015	955	925	DLP	540	-	-	-	1540	98.4	0.45	0.17		
实施例 α 10	J	5.5	1020	990	960	DLP	600	-	-	-	1690	97.9	0.48	0.49		
实施例 α 11	K	5.5	1005	960	930	DLP	550	-	-	-	1560	99.1	0.25	0.10		
实施例 α 12	L-1	5.5	1050	965	935	斯太尔摩	-	33.1	34.0	-	1550	99.5	0.12	0.10		
实施例 α 13	M	5.0	1010	960	925	DLP	575	-	-	-	1530	97.1	0.26	0.22		
实施例 α 14	N	5.5	1030	950	925	DLP	575	-	-	-	1580	98.2	0.47	0.39		
实施例 α 15	O	6.8	1020	980	945	DLP	540	-	-	-	1620	98.3	0.25	0.30		
实施例 α 16	P	5.5	1035	975	935	DLP	530	-	-	-	1660	99.0	0.18	0.15		
实施例 α 17	Q-1	5.5	1010	950	920	斯太尔摩	-	20.09	23.0	-	1340	97.5	0.05	0.08		
实施例 α 18	Q-2	5.5	1020	960	930	斯太尔摩	-	20.09	30.0	-	1355	98.5	0.00	0.00		
实施例 α 19	Q-3	5.5	1005	955	920	斯太尔摩	-	20.09	25.0	-	1355	98.5	0.01	0.01		

[0191]

表6

实施例 α	钢种	最终钢丝 韧化线径		最终钢丝 韧化加热 温度 °C	冷却开始 时的钢丝 温度 °C	钢丝韧 化方法	钢丝韧 化温度 °C	钢丝韧化 材料强度 MPa	最终拉 丝直径 mm	最终拉 丝 TS MPa	钢丝的表层 区域的初析 θ 面积率		钢丝的中心 区域的初析 θ 面积率		拉丝断线	层离
		mm	°C								%	%	%	%		
实施例 α 1	A-1	1.46	950	930	LP	575	1580	0.20	4331	0.00	0.00	0.00	0.00	无	无	
实施例 α 2	B-1	1.27	980	960	LP	575	1670	0.20	4350	0.14	0.14	0.21	0.21	无	无	
实施例 α 3	C-1	1.27	960	940	LP	580	1640	0.20	4253	0.09	0.09	0.08	0.08	无	无	
实施例 α 4	D-1	1.46	950	925	FBP	575	1530	0.20	4244	0.08	0.08	0.00	0.00	无	无	
实施例 α 5	E	1.27	970	950	LP	550	1640	0.20	4265	0.12	0.12	0.15	0.15	无	无	
实施例 α 6	F	1.09	995	970	LP	590	1690	0.20	4052	0.12	0.12	0.21	0.21	无	无	
实施例 α 7	G-1	1.18	1000	980	FBP	575	1720	0.20	4320	0.15	0.15	0.18	0.18	无	无	
实施例 α 8	H	1.46	950	935	LP	550	1560	0.20	4323	0.02	0.02	0.04	0.04	无	无	
实施例 α 9	I	1.27	955	930	LP	575	1600	0.18	4378	0.08	0.08	0.00	0.00	无	无	
实施例 α 10	J	1.27	1030	1000	LP	600	1720	0.20	4521	0.25	0.25	0.24	0.24	无	无	
实施例 α 11	K	1.27	960	930	FBP	575	1630	0.20	4227	0.09	0.09	0.05	0.05	无	无	
实施例 α 12	L-1	1.46	950	935	LP	575	1590	0.22	4207	0.05	0.05	0.03	0.03	无	无	
实施例 α 13	M	1.27	960	940	LP	600	1630	0.20	4227	0.07	0.07	0.06	0.06	无	无	
实施例 α 14	N	1.27	980	945	LP	575	1690	0.20	4402	0.13	0.13	0.14	0.14	无	无	
实施例 α 15	O	1.27	975	955	LP	575	1710	0.20	4450	0.15	0.15	0.13	0.13	无	无	
实施例 α 16	P	1.27	975	955	LP	575	1720	0.22	4231	0.10	0.10	0.06	0.06	无	无	
实施例 α 17	Q-1	1.53	960	930	FBP	550	1470	0.18	4373	0.04	0.04	0.06	0.06	无	无	
实施例 α 18	Q-2	1.53	960	930	FBP	550	1475	0.18	4405	0.00	0.00	0.00	0.00	无	无	
实施例 α 19	Q-3	1.53	960	930	FBP	550	1485	0.18	4360	0.00	0.00	0.01	0.01	无	无	

[0192]

表7

	钢种	线径		精加工温度		卷取温度		冷却开始时的线材温度		冷却方法		盐温度		(式1) 右边	900→650°C 冷却速度Y		轧制材料强度		珠光体面积率		线材的表层区域的析出面积率		线材的中心区域的析出面积率	
		mm	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C		°C/s	Mpa	%	%	%	%				
比较例 α 1	A-2	5.5	1030	910	880	DLP	550	-	-	-	-	-	-	-	1490	98.2	0.70	0.00						
比较例 α 2	A-3	5.5	1080	1060	1030	DLP	550	-	-	-	-	-	-	-	1510	97.3	0.03	0.00						
比较例 α 3	B-2	5.5	1030	985	945	DLP	540	-	-	-	-	-	-	-	1610	99.3	0.22	0.42						
比较例 α 4	B-3	5.5	1035	985	940	斯太尔摩	-	70.1	25.0	-	-	-	-	-	1510	99.1	0.21	1.60						
比较例 α 5	B-4	5.5	1035	900	880	DLP	550	-	-	-	-	-	-	-	1610	97.5	1.32	0.41						
比较例 α 6	C-2	5.5	1025	880	845	DLP	550	-	-	-	-	-	-	-	1560	97.6	0.95	0.15						
比较例 α 7	D-2	3.8	1050	880	840	斯太尔摩	-	28.0	30.0	-	-	-	-	-	1400	98.2	1.10	0.25						
比较例 α 8	G-2	5.5	1020	980	945	DLP	480	-	-	-	-	-	-	-	1620	95.9	0.35	0.45						
比较例 α 9	G-3	5.5	960	940	930	DLP	560	-	-	-	-	-	-	-	1670	97.8	1.20	0.46						
比较例 α 10	G-4	5.5	1090	960	950	DLP	540	-	-	-	-	-	-	-	1650	98.6	0.42	0.42						
比较例 α 11	L-2	5.5	1050	965	935	斯太尔摩	-	33.1	25.0	-	-	-	-	-	1440	99.1	0.12	0.90						
比较例 α 12	B	5.5	1020	980	940	DLP	560	-	-	-	-	-	-	-	1730	99.2	0.88	0.71						
比较例 α 13	S	5.5	1030	950	925	DLP	550	-	-	-	-	-	-	-	1410	97.3	0.00	0.00						
比较例 α 14	I	5.5	1030	960	930	DLP	550	-	-	-	-	-	-	-	1640	95.2	0.30	0.28						
比较例 α 15	U	5.5	1030	960	920	斯太尔摩	-	14.4	13.0	-	-	-	-	-	1250	97.3	0.00	0.60						
比较例 α 16	Y	5.5	1030	960	930	DLP	540	-	-	-	-	-	-	-	1650	91.6	0.00	0.36						
比较例 α 17	W	5.5	980	880	850	斯太尔摩	-	23.7	25.0	-	-	-	-	-	1300	98.0	0.55	0.15						
比较例 α 18	X	5.5	1037	915	880	斯太尔摩	-	25.8	45.0	-	-	-	-	-	1320	97.5	0.67	0.01						

[0193]

表8

比较例	钢种	最终钢丝 韧化线径		最终钢丝 韧化加热 温度 °C	冷却开始 时的钢丝 温度 °C	钢丝韧 化方法	钢丝韧 化温度 °C	钢丝韧化 材料强度 MPa	最终拉 丝直径 mm	最终拉丝 TS MPa	钢丝的初析 区域面积率 %		拉丝断线	层离
		mm	mm								表层 区域	中心 区域		
比较例 α 1	A-2	1.27		955	920	LP	575	1565	0.20	4040	0.00	0.00	无	有
比较例 α 2	A-3	一次拉丝断线		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
比较例 α 3	B-2	1.27		920	880	LP	600	1650	0.20	4298	0.85	0.18	无	有
比较例 α 4	B-3	一次拉丝断线		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
比较例 α 5	B-4	1.27		960	940	LP	575	1660	0.20	4324	0.21	0.31	无	有
比较例 α 6	C-2	1.27		980	945	LP	570	1650	0.20	4279	0.09	0.08	无	有
比较例 α 7	D-2	1.46		950	930	FBP	575	1535	0.20	4258	0.03	0.00	无	有
比较例 α 8	G-2	一次拉丝断线		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
比较例 α 9	G-3	1.27		980	960	LP	575	1720	0.20	4499	0.48	0.46	无	有
比较例 α 10	G-4	一次拉丝断线		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
比较例 α 11	L-2	一次拉丝断线		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
比较例 α 12	B	一次拉丝断线		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
比较例 α 13	S	1.46		950	930	LP	575	1430	0.20	3911	0.00	0.00	无	无
比较例 α 14	I	一次拉丝断线		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
比较例 α 15	U	一次拉丝断线		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
比较例 α 16	V	一次拉丝断线		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
比较例 α 17	W	1.50		960	945	LP	575	1410	0.20	3957	0.02	0.00	无	有
比较例 α 18	X	1.46		970	955	LP	575	1420	0.20	3935	0.00	0.00	无	有

[0194] (第2实施例)

[0195] 表9~12表示了本发明的实施例 β1~β16所使用的 a-1 钢、b-1 钢、c 钢、d 钢、



e 钢、f-2 钢、g-1 钢、h 钢、i 钢、j-1 钢、k 钢、l 钢、m 钢、n 钢、o 钢、p 钢的化学成分,以及比较例  $\beta 1 \sim \beta 7$  所使用的 j-2 钢、b-2 钢、f-2 钢、a-2 钢、g-2 钢、q 钢、r 钢的化学成分。此外,在表 9 ~ 16 中,对于不包含于适当范围的数值和不利的结果等画下划线。

[0196] 加热含有表 9 ~ 12 所示的化学成分的钢的方坯(钢坯)后,通过热轧使其成为直径 5.0 ~ 16mm 的线材,在规定的温度下进行精轧、卷取后,实施钢丝韧化处理或再加热钢丝韧化。

[0197] 将轧制线材卷取为环状后,实施基于斯太尔摩或直接熔融盐浸渍(DLP)的钢丝韧化处理。从 900℃到 650℃的冷却速度  $Y$  在斯太尔摩的情况下,在斯太尔摩传送带上,通过用非接触型温度计每 0.5m 测量环重叠部温度,由此测量从 900℃冷却到 650℃所需的时间  $t[t]$ ,从而求出  $(900-650)/t[^\circ\text{C}/\text{S}]$ 。

[0198] 为了测量轧制线材的珠光体组织的面积率和初析渗碳体面积率,将直径为 1.0 ~ 1.5m 的环状线材的 1 个环 8 等分,确定 TS 最高的部位和最低的部位。从与连续的环的这些部位相当的部分切出 10mm 长度的试样,埋入树脂中以便能够观察垂直于长度方向的断面(C 断面),然后进行氧化铝研磨,用饱和苦味醇液腐蚀,实施 SEM 观察。

[0199] 珠光体组织的面积率是在圆周方向每隔 90 度、于 4 个位置、以 3000 倍测量距上述 2 部位(TS 最高的部位和最低的部位)的表层  $1/4D$  深度部分( $D = \text{直径}$ )的、 $200 \times 200 \mu\text{m}$  的正方形区域,将除去渗碳体分散为粒状的伪珠光体部、板状渗碳体以比周围大 3 倍以上的粗大的片间距离分散的贝氏体部、沿奥氏体析出的晶界铁素体部、初析渗碳体部的面积率作为珠光体组织的面积率,根据图像解析进行测量,求出 4 个位置的平均值。

[0200] 下面就初析渗碳体的面积率的 SEM 摄影位置进行说明。

[0201] 线材的中心区域从 TS 最低的部位的断面的中心点选定半径为  $100 \mu\text{m}$  的区域。

[0202] 线材的表层区域是在圆周方向、每隔 90 度选定 4 个位置的 TS 最高部位的断面的周缘部附近的  $50 \mu\text{m} \times 50 \mu\text{m}$  的区域。

[0203] 以 5000 倍测量这些选定位置,根据图像解析测量厚度为 100nm 以上的初析渗碳体的面积率。

[0204] 此外,关于表层区域,使用 4 个位置的测量结果的最大值。

[0205] 关于线材的拉丝特性,通过以下的任一种方法得到作为目标的高强度钢丝,通过进行拉伸试验和扭绞试验来评价。

[0206] (1) 准备用酸洗除去轧制线材的氧化皮后,通过磷化处理而赋予磷酸锌薄膜的长度为 20m 的线材,进行每 1 个道次的断面收缩率为 16 ~ 20% 的单头式拉丝,从而得到直径为 0.8 ~ 7mm 的高强度钢丝。对该钢丝实施热浸镀锌、热浸镀锌合金、发蓝处理、热拉伸之中的任一个。

[0207] (2) 准备用酸洗除去轧制线材的氧化皮后,实施了热浸镀锌或热浸镀锌合金的长度为 20m 的线材,进行每 1 个道次的断面收缩率为 16 ~ 20% 的单头式拉丝,从而得到直径为 0.8 ~ 7mm 的高强度钢丝。

[0208] (3) 准备用酸洗除去轧制线材的氧化皮后,通过磷化处理而赋予磷酸锌薄膜的长度为 20m 的线材,进行每 1 个道次的断面收缩率为 16 ~ 20% 的单头式拉丝,实施热浸镀锌或热浸镀锌合金后,进一步实施拉丝,从而得到直径为 0.8 ~ 7mm 的高强度钢丝。

[0209] 为了测量拉丝的钢丝的初析渗碳体面积率,从上述钢丝上切出 10mm 长度的试样,

埋入树脂中以便能够观察垂直于长度方向的断面(C断面),然后进行氧化铝研磨,用饱和苦味醇液腐蚀,实施SEM观察。

[0210] 关于SEM的拍摄位置,选定钢丝的断面的周缘部附近的 $20\mu\text{m}\times 50\mu\text{m}$ 的长方形区域。

[0211] 以10000倍测量该选定位置,根据图像解析测量厚度为100nm以上的初析渗碳体的面积率。

[0212] 表13~16表示了实施例 $\beta 1\sim\beta 16$ 和比较例 $\beta 1\sim\beta 7$ 的线材和钢丝的制造条件和测量结果。

[0213] 由表9~表16所示的实施例 $\beta 1\sim\beta 16$ 可知:在适当地控制线材的含有元素量的基础上,在抑制了轧制线材的表层和中心区域的初析渗碳体分率的情况下,可以抑制拉丝后的钢丝的层离和拉丝断线的发生。

[0214] 在比较例 $\beta 1$ 和比较例 $\beta 5$ 中,由于用于钢丝韧化的冷却开始时的线材温度较低,所以不能抑制轧制线材的表层初析渗碳体的生成。

[0215] 在此,作为反映实施例 $\beta 1\sim\beta 16$ 及将冷却开始时的线材温度设定为低于 $900^{\circ}\text{C}$ 的比较例 $\beta 1$ 、 $\beta 5$ 、 $\beta 7$ 的结果的数据,图6表示了轧制线材的冷却开始时的温度和表层渗碳体面积率之间的关系。从该图可以确认,通过将冷却开始时的线材温度设定为 $900^{\circ}\text{C}$ 以上,能够将线材表层的初析渗碳体抑制在0.5%以下。

[0216] 在比较例 $\beta 2$ 和 $\beta 7$ 中,由于精轧温度过低,所以精轧时在线材表层生成了初析渗碳体。

[0217] 在比较例 $\beta 3$ 和比较例 $\beta 4$ 中,采用斯太尔摩实施轧制线材的钢丝韧化处理,由于从 $900^{\circ}\text{C}$ 到 $650^{\circ}\text{C}$ 的冷却速度 $Y$ 不满足:

$$[0218] \quad Y \geq \exp((C\% \sim 0.66)/0.12) \quad (\text{式}1)$$

[0219] 所以不能得到与C量相适应的规定的冷却速度,在线材中心区域的初析渗碳体大量生成,在拉丝中发生断线。

[0220] 在比较例 $\beta 6$ 中,由于使用B比规定量多的q钢,所以表层的渗碳体大量生成。

[0221] 图7对于实施例 $\beta 1\sim\beta 16$ ,以及尽管成分范围适当、但作为抑制表层的初析渗碳体的重要的指标的精加工温度或用于钢丝韧化的冷却开始时的温度较低的比较例 $\beta 1$ 、 $\beta 2$ 、 $\beta 5$ ,表示了线材的C量和线材的表层区域的初析渗碳体面积率之间的关系。

[0222] 图8对于实施例 $\beta 1\sim\beta 16$ ,以及尽管成分范围适当、但 $900\rightarrow 650^{\circ}\text{C}$ 的冷却速度 $Y$ 不满足(式1)的比较例 $\beta 3$ 、 $\beta 4$ ,表示了线材的C量和线材中心区域的初析渗碳体面积率之间的关系。

[0223] 图9对于实施例 $\beta 6$ 、 $\beta 9$ 和比较例 $\beta 3$ 、 $\beta 4$ ,表示了从 $900^{\circ}\text{C}$ 到 $650^{\circ}\text{C}$ 的冷却速度 $Y$ 和C量对线材中心区域的初析渗碳体析出量施加的影响。从该图中可以确认,在冷却速度 $Y$ 满足(式1)的情况下,能够将线材中心区域的初析渗碳体抑制在0.5%以下。

[0224]

表9

	钢种	元素										
		C	Si	Mn	P	S	Al	Ti	N	O		
		质量%	质量%	质量%	质量%	质量%	质量%	质量%	ppm	ppm		
实施例 β 1	a-1	0.97	0.20	0.75	0.008	0.009	0.030	0.000	35	21		
实施例 β 2	b-1	1.12	0.20	0.73	0.010	0.008	0.032	0.000	34	23		
实施例 β 3	c	0.98	1.20	0.33	0.010	0.008	0.029	0.000	25	38		
实施例 β 4	d	0.98	1.00	0.35	0.015	0.008	0.030	0.000	36	38		
实施例 β 5	e	0.97	0.90	0.74	0.011	0.012	0.031	0.011	35	24		
实施例 β 6	f-2	1.02	0.91	0.74	0.009	0.010	0.031	0.009	35	24		
实施例 β 7	g-1	1.02	0.20	0.3	0.008	0.008	0.001	0.000	25	21		
实施例 β 8	h	1.12	0.22	0.73	0.010	0.009	0.030	0.000	24	24		
实施例 β 9	i	1.12	0.22	0.51	0.010	0.009	0.001	0.000	24	24		
实施例 β 10	j-1	1.08	0.20	0.75	0.010	0.007	0.030	0.000	31	28		
实施例 β 11	k	1.12	0.20	0.3	0.019	0.025	0.000	0.000	27	25		
实施例 β 12	l	0.98	1.00	0.35	0.015	0.008	0.030	0.000	36	38		
实施例 β 13	m	1.02	0.91	0.74	0.009	0.010	0.031	0.009	35	24		
实施例 β 14	n	0.97	0.90	0.7	0.012	0.009	0.080	0.000	36	26		
实施例 β 15	o	0.97	0.95	0.3	0.001	0.001	0.031	0.012	36	26		
实施例 β 16	p	0.97	0.92	0.75	0.009	0.010	0.030	0.012	36	26		

[0225]

表10

	钢种	元素												
		Cr	Ni	Cu	V	Co	Nb	Mo	W	B	REM	Ca	Mg	Zr
		质量%	质量%	质量%	质量%	质量%	质量%	质量%	质量%	ppm				
实施例β1	a-1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	0.000	0	0	0	0	0
实施例β2	b-1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	0.000	0	0	0	0	0
实施例β3	c	0.19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	0.000	0	0	0	0	0
实施例β4	d	0.20	0.00	0.00	0.07	0.00	0.00	0.000	0.000	0	0	0	0	0
实施例β5	e	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	0.000	10	0	0	0	0
实施例β6	f-2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	0.000	8	0	0	0	0
实施例β7	g-1	0.21	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	0.000	0	0	0	0	0
实施例β8	h	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.000	0.000	0	0	0	0	0
实施例β9	i	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.05	0.000	0.000	0	0	0	0	0
实施例β10	j-1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	0.000	0	0	0	0	0
实施例β11	k	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.00	0.008	0.000	0	0	0	0	0
实施例β12	l	0.20	0.00	0.00	0.07	0.00	0.00	0.000	0.000	8	0	0	0	0
实施例β13	m	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	0.050	9	0	0	0	0
实施例β14	n	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	0.000	0	50	0	0	0
实施例β15	o	0.21	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	0.000	0	0	30	0	0
实施例β16	p	0.21	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	0.000	9	0	0	20	50

[0226]

表11

	钢种	元素									
		C	Si	Mn	P	S	Al	Ti	N	O	
		质量%	质量%	质量%	质量%	质量%	质量%	质量%	ppm	ppm	
比较例 β 1	j-2	1.12	0.22	0.51	0.010	0.009	0.001	0.000	24	24	
比较例 β 2	b-2	1.12	0.20	0.73	0.010	0.008	0.032	0.000	34	23	
比较例 β 3	f-2	1.02	0.91	0.74	0.009	0.010	0.031	0.009	35	24	
比较例 β 4	a-2	0.97	0.20	0.75	0.008	0.009	0.030	0.000	35	21	
比较例 β 5	g-2	1.02	0.20	0.3	0.008	0.008	0.001	0.000	25	21	
比较例 β 6	g	1.00	0.90	0.6	0.070	0.070	0.043	0.010	35	22	
比较例 β 7	r	0.95	0.91	0.49	0.006	0.003	0.032	0.000	40	20	

[0227]

表12

	钢种	元素												
		Cr 质量%	Ni 质量%	Cu 质量%	V 质量%	Co 质量%	Nb 质量%	Mo 质量%	W 质量%	B ppm	REM ppm	Ca ppm	Mg ppm	Zr ppm
比较例β1	j-2	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.05	0.000	0.000	0	0	0	0	0
比较例β2	b-2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	0.000	0	0	0	0	0
比较例β3	f-2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	0.000	8	0	0	0	0
比较例β4	a-2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	0.000	0	0	0	0	0
比较例β5	g-2	0.21	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	0.000	0	0	0	0	0
比较例β6	q	0.00	0.20	0.00	0.00	0.00	0.10	0.000	0.000	70	0	0	0	0
比较例β7	r	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	0.000	0	0	0	0	0

[0228]

表13

实施例	钢种	线径 mm	精加工温度 (再加热钢丝 温度)	卷取 温度 °C	冷却开始时 的线材温度 °C	冷却方法	盐 或 铅温度 °C	(式1) 右边	900→650°C 冷却速度 °C/s	轧制材 料强度 MPa	珠光体 面积率 %	线材的表层 区域的初析 面积率 %	线材的中心 区域的初析 面积率 %
实施例β1	a-i	13.0	1010	970	930	DLP	510	-	-	1394	98.1	0.05	0.20
实施例β2	b-i	10.0	1020	960	940	DLP	540	-	-	1549	98.5	0.16	0.40
实施例β3	c	16.0	1000	950	905	DLP	500	-	-	1599	99.1	0.12	0.28
实施例β4	d	12.5	1020	970	925	DLP	545	-	-	1530	98.6	0.11	0.38
实施例β5	e	10.0	1030	985	970	DLP	560	-	-	1544	97.3	0.22	0.35
实施例β6	f-2	8.0	1010	-	920	再加热LP	600	20.1	30.0	1620	98.3	0.15	0.39
实施例β7	g-1	8.0	1015	955	925	DLP	540	-	-	1426	98.2	0.12	0.26
实施例β8	h	10.0	1020	950	920	DLP	530	-	-	1562	97.3	0.48	0.49
实施例β9	i	12.0	1020	-	920	再加热LP	550	46.2	55.0	1511	98.6	0.42	0.48
实施例β10	j-1	7.0	1050	965	935	DLP	550	-	-	1559	99.1	0.35	0.29
实施例β11	k	5.5	1010	960	925	DLP	575	-	-	1559	97.2	0.26	0.36
实施例β12	l	12.5	1020	925	905	DLP	550	-	-	1526	97.5	0.05	0.28
实施例β13	m	5.5	1030	950	925	DLP	550	-	-	1698	97.3	0.31	0.42
实施例β14	n	12.0	1010	955	925	DLP	560	-	-	1620	97.1	0.03	0.01
实施例β15	o	12.0	1015	960	930	DLP	550	-	-	1591	98.2	0.00	0.00
实施例β16	p	12.0	1010	955	930	DLP	570	-	-	1621	97.6	0.02	0.01

[0229]

表 14

实例例 β	钢种	最终拉 丝直径		最终拉丝 TS MPa	钢丝的表层 区域的析 面积率		钢丝的中心 区域的析 面积率		拉丝断线	层离	备注
		mm	%		%	%					
实例例 β 1	a-1	5.4	0.00	2120	0.00	0.12	无	无	无	无	拉丝后发蓝处理
实例例 β 2	b-1	4.2	0.14	2286	0.14	0.35	无	无	无	无	拉丝后热拉伸
实例例 β 3	c	6.7	0.10	2126	0.10	0.22	无	无	无	无	拉丝后热拉伸
实例例 β 4	d	5.2	0.09	2257	0.09	0.30	无	无	无	无	拉丝后热拉伸
实例例 β 5	e	4.2	0.15	2270	0.15	0.28	无	无	无	无	拉丝后, 热浸镀5%Al-Zn, 进而拉丝
实例例 β 6	f-2	3.3	0.10	2351	0.10	0.30	无	无	无	无	拉丝后发蓝处理
实例例 β 7	g-1	3.3	0.05	2156	0.05	0.19	无	无	无	无	热浸镀10%Al-Zn后拉丝
实例例 β 8	h	4.2	0.43	2299	0.43	0.41	无	无	无	无	保持拉丝的状态不变
实例例 β 9	i	5.0	0.39	2248	0.39	0.42	无	无	无	无	拉丝后, 热浸镀锌, 进而拉丝
实例例 β 10	j-1	2.9	0.26	2294	0.26	0.21	无	无	无	无	热浸镀锌后拉丝
实例例 β 11	k	2.3	0.19	2296	0.19	0.29	无	无	无	无	热浸镀锌后拉丝
实例例 β 12	l	5.2	0.03	2254	0.03	0.25	无	无	无	无	拉丝后热拉伸
实例例 β 13	m	2.3	0.22	2428	0.22	0.36	无	无	无	无	热浸镀锌后拉丝
实例例 β 14	n	5.0	0.01	2186	0.01	0.00	无	无	无	无	拉丝后热浸镀锌及热拉伸
实例例 β 15	o	5.0	0.00	2168	0.00	0.00	无	无	无	无	拉丝后热浸镀锌
实例例 β 16	p	5.1	0.01	2181	0.01	0.00	无	无	无	无	拉丝后热浸镀锌



[0230]

表15

	钢种	线径		精加工温度 (再加热钢丝 韧化时为加热 温度)		卷取 温度		冷却开始时 的线材温度		冷却方法		盐或 铅温度		(式1) 右边	900→650℃ 冷却速度		轧制材 料强度		珠光体 面积率		线材的表层 区域的析出 率		线材的中心 区域的析出 率	
		mm	mm	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C		°C	°C/s	MPa	MPa	%	%	%	%	%	%
比较例β1	J-2	11.0	11.0	1030	875	850	DLP	550	-	-	1515	1515	98.2	0.70	0.02									
比较例β2	b-2	11.0	11.0	950	930	910	DLP	550	-	-	1531	1531	97.3	0.62	0.04									
比较例β3	f-2	12.0	12.0	1030	985	945	斯太尔摩	-	20.1	15.0	1450	1450	99.3	0.60	1.60									
比较例β4	a-2	13.0	13.0	1035	985	940	斯太尔摩	-	13.2	8.0	1240	1240	99.1	0.40	1.20									
比较例β5	g-2	8.0	8.0	1035	825	800	DLP	550	-	-	1420	1420	97.5	1.32	0.05									
比较例β6	q	12.0	12.0	1035	950	900	DLP	550	-	-	1460	1460	97.2	1.56	0.40									
比较例β7	r	11.0	11.0	950	-	890	再加热LP	540	-	-	1440	1440	97.2	0.65	0.30									

[0231]

表16

比较例	钢种	最终拉 丝直径		最终拉丝 TS MPa	钢丝的表层 区域的初析 ① 面积率		钢丝的中心 区域的初析 ② 面积率		拉丝断线	层离	备注
		mm	%		%	%					
比较例 B 1	J-2	4.6	0.62	2252	0.62	0.00	0.00	0.00	无	有	拉丝后热拉伸
比较例 B 2	b-2	4.6	0.52	2268	0.52	0.00	0.00	0.00	无	有	拉丝后发蓝处理
比较例 B 3	f-2	发生断线	-	-	-	-	-	-	有	—	热浸镀锌后拉丝
比较例 B 4	a-2	发生断线	-	-	-	-	-	-	有	—	热浸镀锌后拉丝
比较例 B 5	g-2	3.3	1.20	2150	1.20	0.00	0.00	0.00	无	有	热浸镀锌后拉丝
比较例 B 6	g	5.3	1.43	2030	1.43	0.00	0.00	0.00	无	有	拉丝后热浸镀锌
比较例 B 7	r	5.0	0.52	2040	0.52	0.25	0.25	0.25	无	有	保持拉丝的状态不变

[0232] 产业上的可利用性

[0233] 根据本发明,可以在高生产率下、高合格率且廉价地提供适合于钢索、锯绳、PC 钢

丝、镀锌捻合钢丝、弹簧用钢丝、吊桥用钢丝绳等用途的拉丝性优良的高强度线材,其在产业上的可利用性较高。

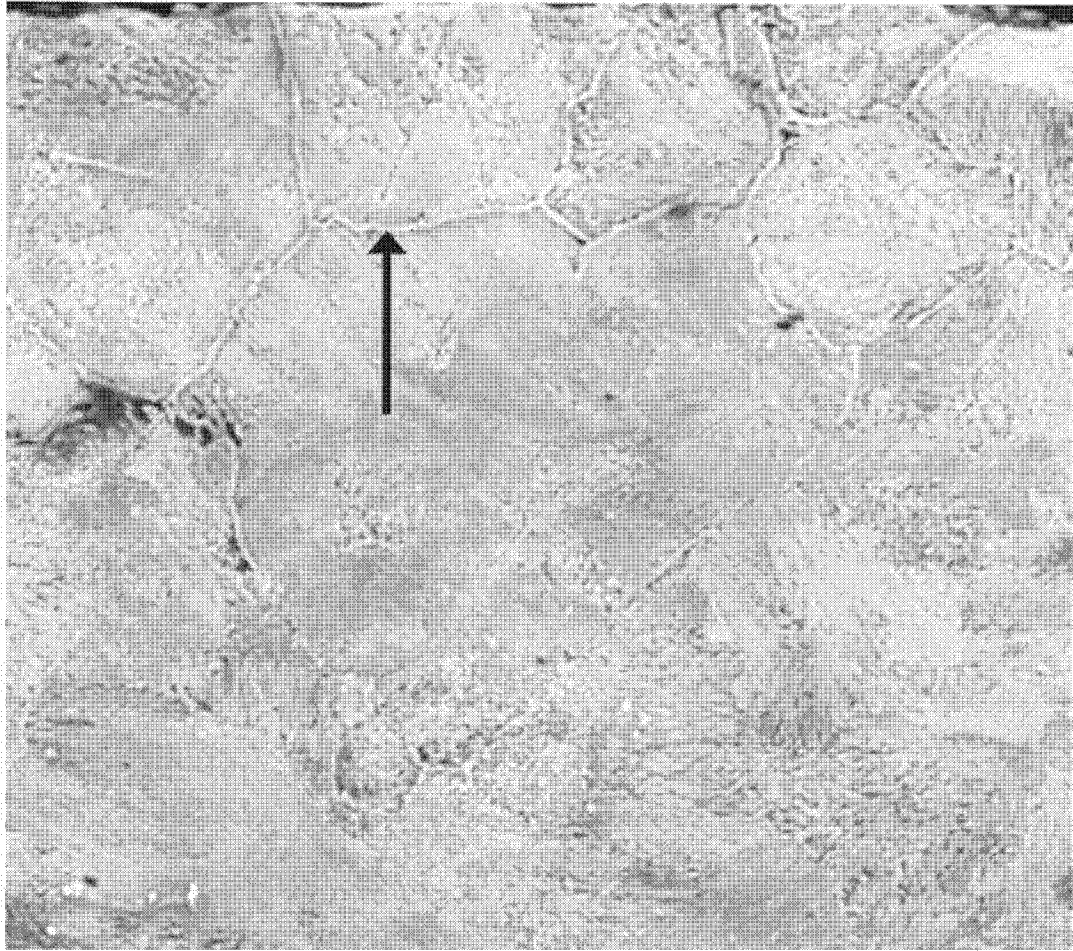


图 1

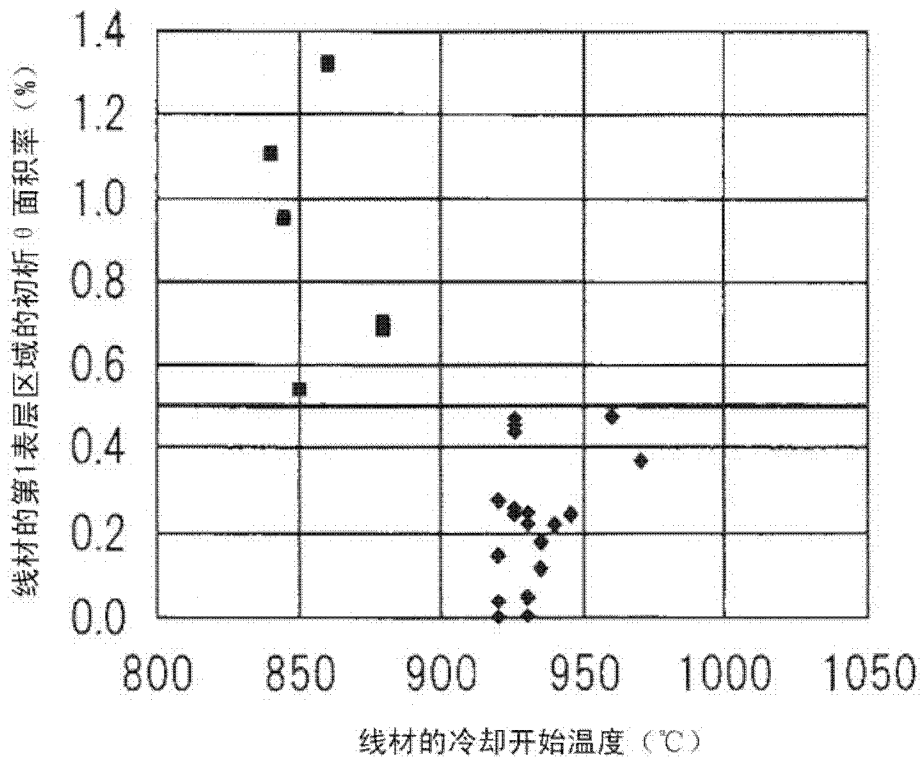


图 2

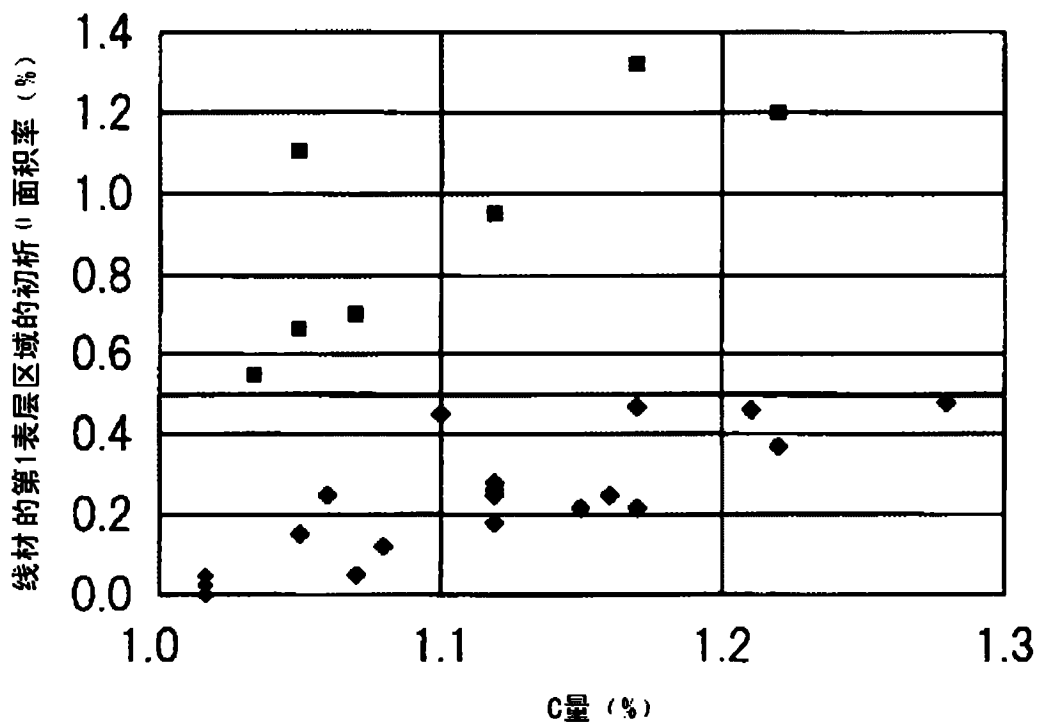


图 3

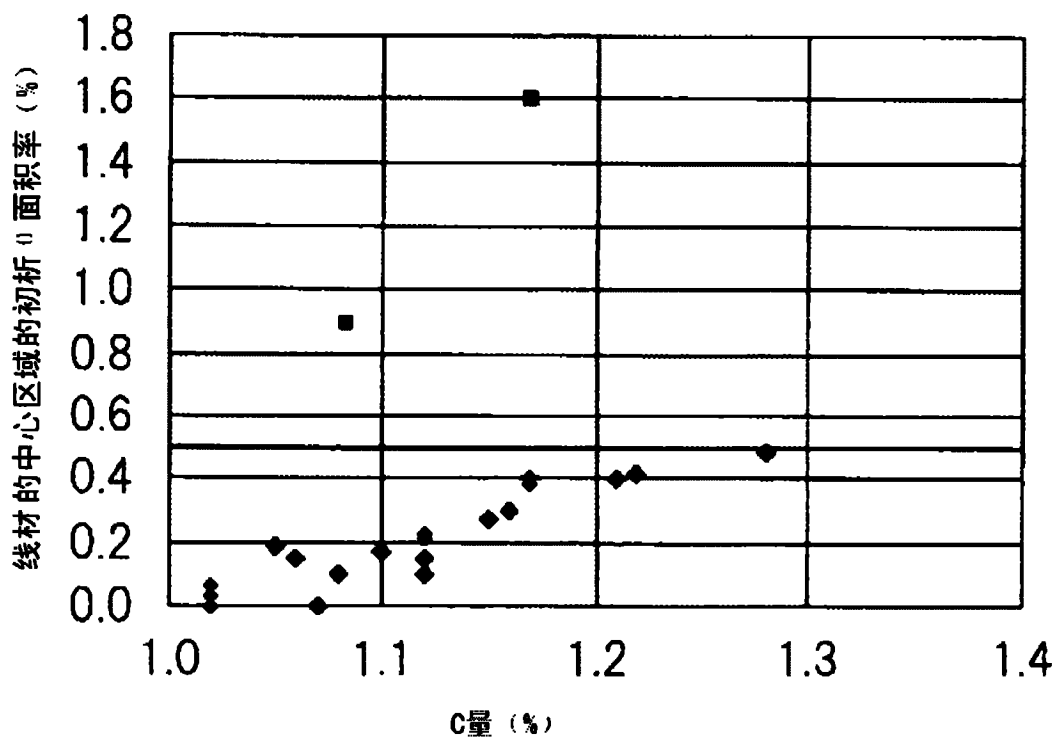


图 4

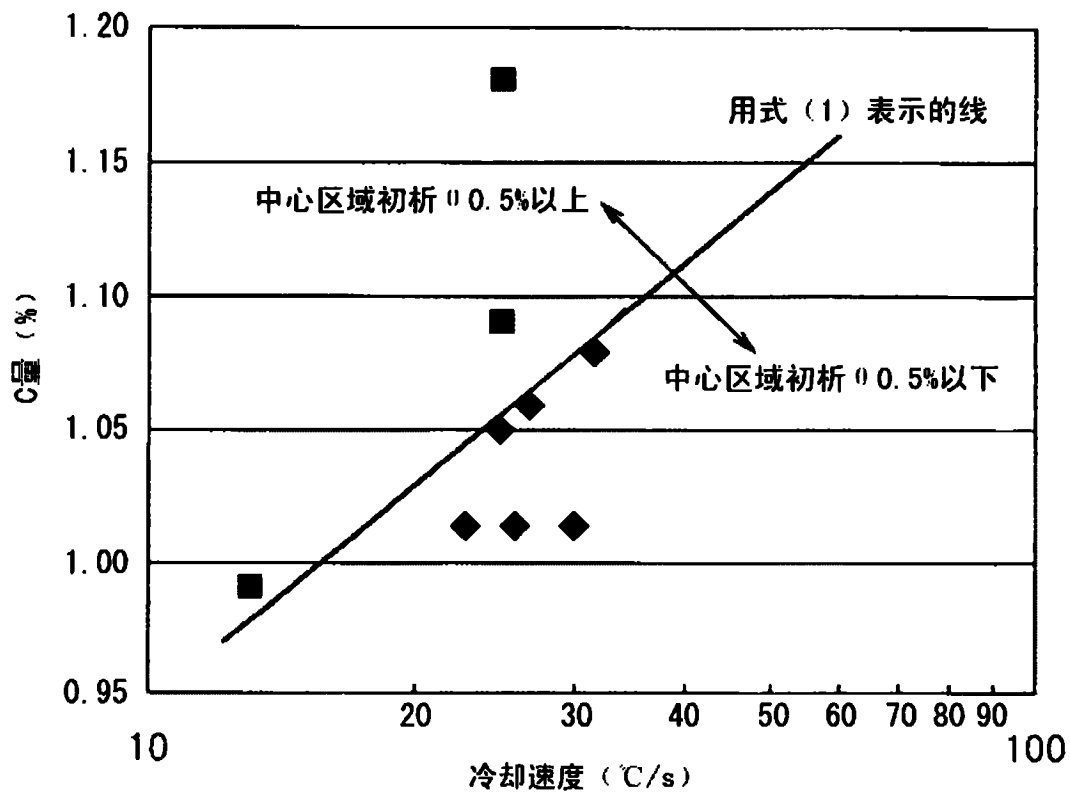


图 5

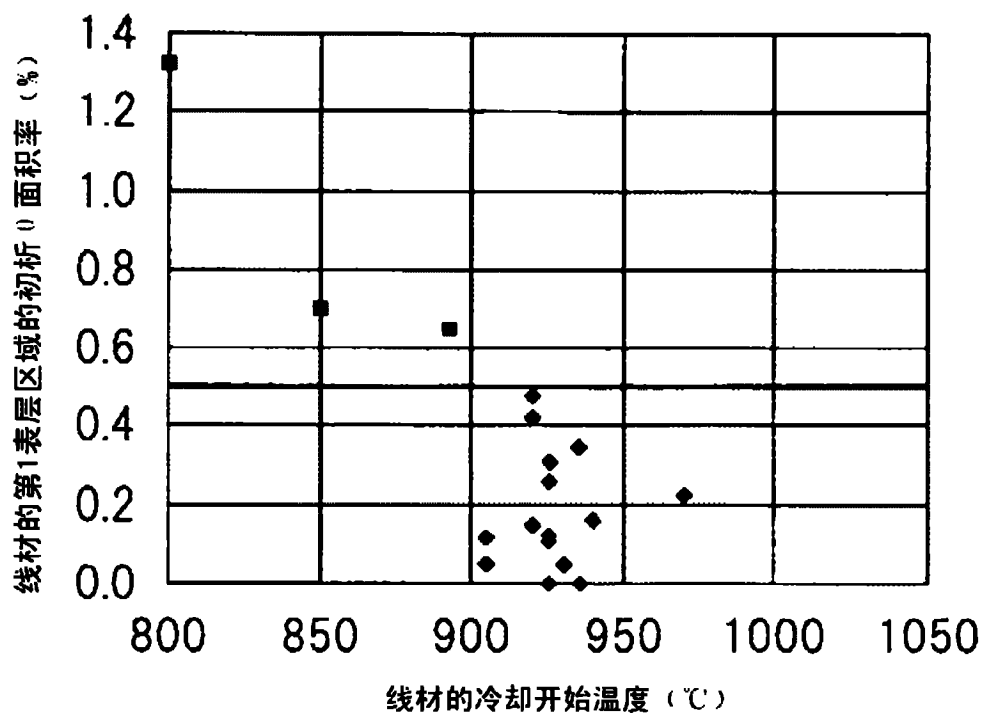


图 6

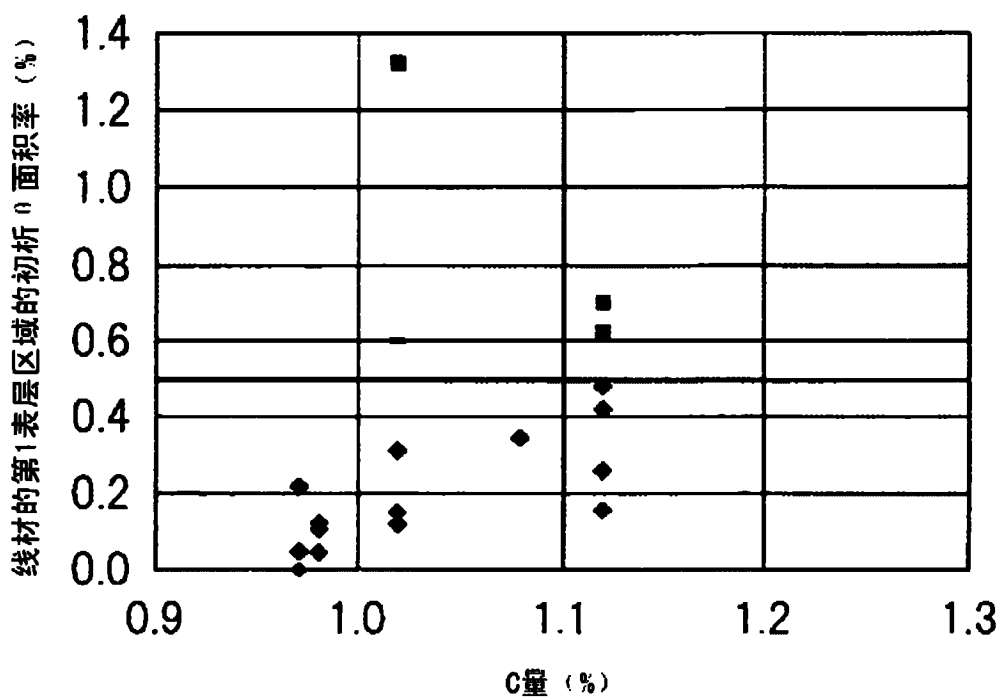


图 7

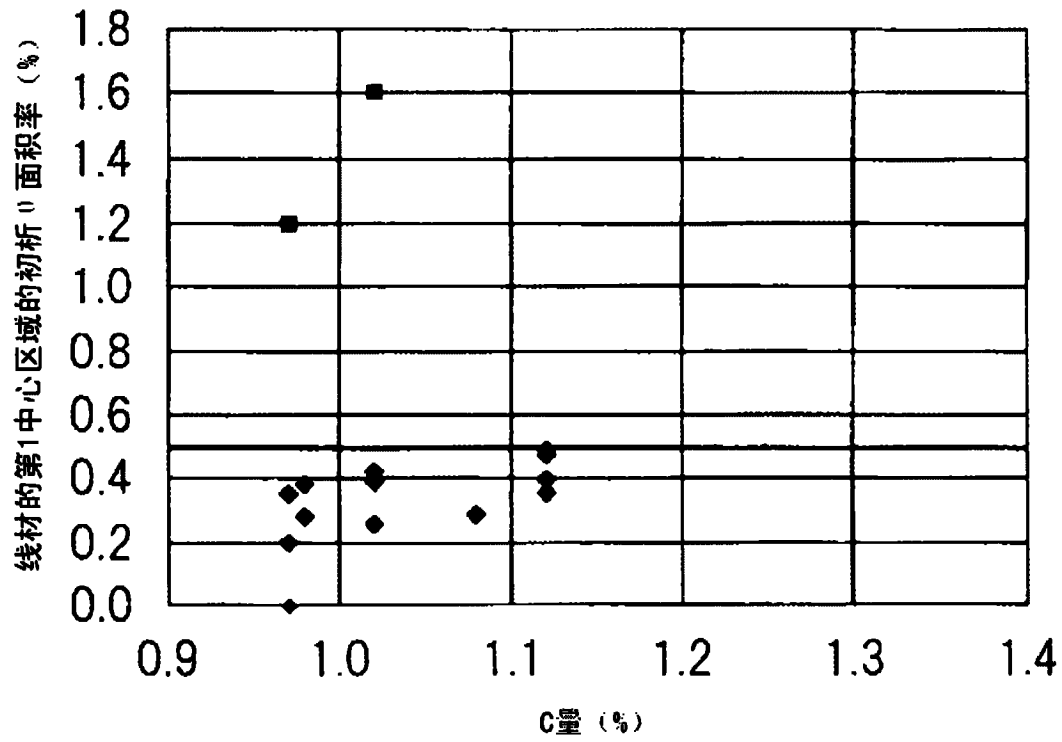


图 8

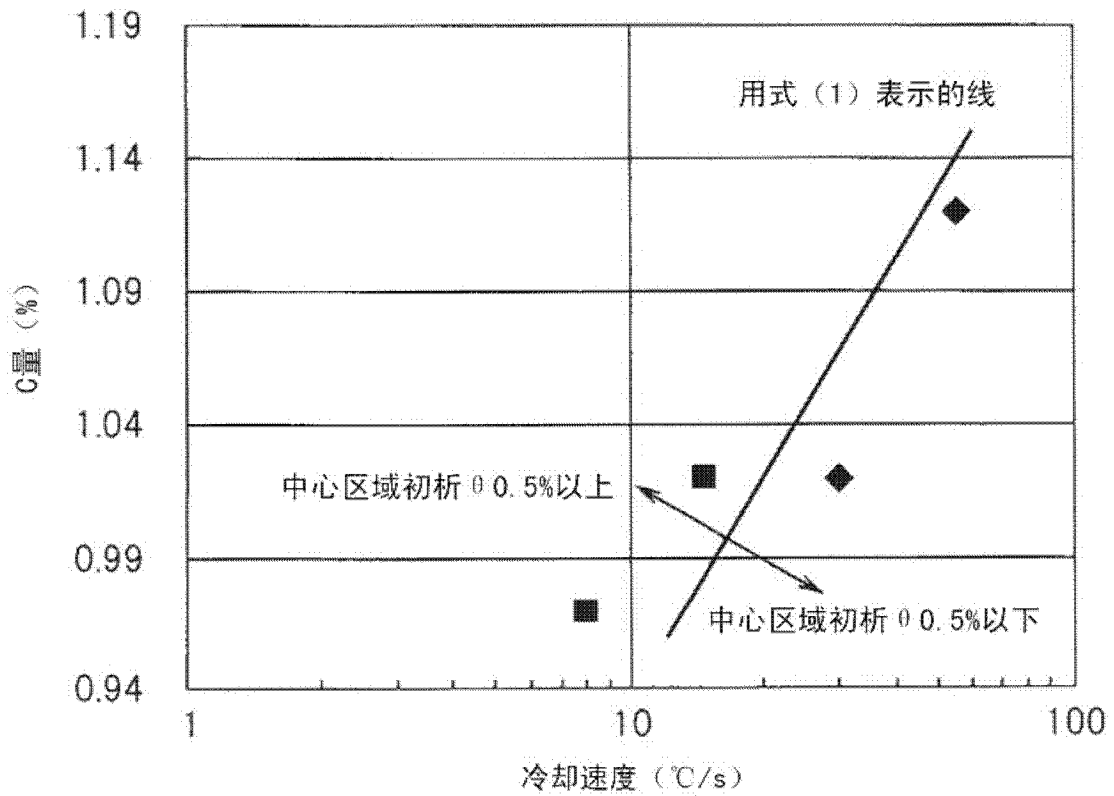


图 9