



[12] 发明专利说明书

[21] ZL 专利号 93116572.5

[45]授权公告日 1997 年 4 月 16 日

[11] 授权公告号 CN 1034591C

[22]申请日 93.8.25 [24]颁证日 97.1.18

[21]申请号 93116572.5

[30]优先权

[32]92.8.26 [33]JP[31]4-227633

[32]92.8.26 [33]JP[31]4-227469

[73]专利权人 新日本制铁株式会社

地址 日本东京

[72]发明人 大贯一雄 平冈照祥 永浜洋

福田和久 延本明 矶野贵宏

山田笃实 御福浩树

[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 王礼华

[56]参考文献

US3333619 1967. 8. 1 C21C7/10

US4979983 1990.11.25 C21C7/10

审查员 徐云瑞

权利要求书 4 页 说明书 23 页 附图页数 7 页

[54]发明名称 钢水的真空脱气处理方法

[57]摘要

本发明是不采用大规模的电阻发热体,能防止真空处理中钢水温度降低、防止真空槽内附着凝钢的对钢水进行真空处理的方法及其装置。

把可以将氧气 6 和燃料气体 8 分别设定为所需流量进行吹喷的顶吹吹氧管 1 可升降地配置在真空处理槽 9 的顶部,把顶吹吹氧管 1 的下端配置在钢水液面 2.0m 以下,从顶吹吹氧管向钢水只吹氧气这一工序与把顶吹吹氧管下端配置在钢水液面 1.0m 以上、从顶吹吹氧管喷出氧气和燃料气体的工序进行适当组合。该顶吹吹氧管 1 有氧气吹出部和燃料供给孔 4,氧气吹出部由设在轴芯上的喉部 2 和与喉部 2 下方连接的逐渐扩大部 3 组成,燃料供给孔 4 设在逐渐扩大部 3 上。

权 利 要 求 书

1. 一种在钢水真空处理过程中的钢水真空脱气处理方法, 所说方法包括:

把可以将氧或一含氧气体和一气体燃料进行吹喷的顶吹吹氧管配置在真空处理槽顶部;

把顶吹吹氧管的下端配置在所说处理槽的钢水液面 1.0m 以上;

在钢水真空处理过程中, 当真空槽内压力为490 帕以下时吹喷氧或含氧气体和气体燃料。

2. 一种在钢水真空处理过程中的钢水真空脱气处理方法, 所说方法包括:

把可以将氧或一含氧气体和一气体燃料进行吹喷的顶吹吹氧管配置在真空处理槽顶部; 把顶吹吹氧管的下端配置在所说处理槽的钢水液面 1.0m 以上;

在钢水真空处理过程中, 当真空槽内压力低于钢水环流开始压力时吹喷氧或含氧气体和气体燃料, 使气体燃料燃烧。

3. 一种在钢水真空处理过程中的钢水真空脱气处理方法, 所说方法包括:

把可以将氧或一含氧气体和一气体燃料进行吹喷的顶吹吹氧

管配置在真空处理槽顶部,所说顶吹吹氧管被支承,以便能相对真空处理槽升降;

把顶吹吹氧管的下端配置在真空处理槽的钢水液面 2.0m 以下,从顶吹吹氧管仅将氧吹喷入钢水中,进行钢水脱碳处理;

随后,把顶吹吹氧管的下端配置在钢水液面 1.0m 以上;

当该顶吹吹氧管的下端配置在钢水液面 1.0m 以上时,往真空处理槽内吹喷氧或含氧气体和气体燃料,使气体燃料燃烧。

4. 一种在钢水真空处理过程中的钢水真空脱气处理方法,所说方法包括:

把可以将氧或一含氧气体和一气体燃料进行吹喷的顶吹吹氧管配置在真空处理槽顶部,所说顶吹吹氧管被支承,以便能相对真空处理槽升降;

把顶吹吹氧管的下端配置在真空处理槽的钢水液面 2.0m 以下,从顶吹吹氧管仅将氧吹喷入钢水中,进行钢水脱碳处理;

随后,进行钢水脱氧处理,把顶吹吹氧管的下端配置在钢水液面 1.0nm 以上;

当该顶吹吹氧管的下端配置在钢水液面 1.0m 以上时,往真空处理槽内吹喷氧或含氧气体和气体燃料,使气体燃料燃烧。

5. 一种钢水真空脱气处理方法,其包括:

把可以将氧和一气体燃料吹喷的顶吹吹氧管配置在真空处理槽顶部,所说顶吹吹氧管被支承,以便能相对真空处理槽升降;

把顶吹吹氧管的下端配置在真空处理槽的钢水液面 2.0m 以下,从顶吹吹氧管仅将氧吹喷入钢水中,进行钢水脱碳处理;

当顶吹吹氧管的下端配置在钢水液面 1.0m 以上时,从顶吹吹氧管往真空处理槽内吹喷氧和气体燃料,使气体燃料燃烧。

6. 如权利要求 5 所述的方法,其特征在于,只将氧吹喷入未脱氧钢水中,直到钢水的含碳量达到目标重量百分数。

7. 如权利要求 6 所述的方法,其特征在于,当钢水中的含碳量达到 0.02~0.005 重量%时,停止向未脱氧钢水吹氧。

8. 如权利要求 7 所述的方法,其特征在于,当钢水中的含碳量达到 0.01 重量%时,停止向未脱氧钢水吹氧。

9. 如权利要求 5 所述的方法,其特征在于,向未脱氧钢水吹氧促使脱碳的处理工序中,当钢水中含碳量达到目标重量百分数时,停止吹氧,在该工序后,以停止吹氧的状态进行真空脱碳处理防止真空度恶化,直到钢水中的含碳量达到目标重量百分数,在该脱碳处理工序后往真空处理槽内吹喷氧气和燃料气体。

10. 如权利要求 9 所述的方法,其特征在于,当钢水中含碳量达到 0.02~0.005 重量%时,停止向未脱氧钢水吹氧。

11. 如权利要求 10 所述的方法,其特征在于,当钢水中的含碳量达到 0.01 重量%时,停止向未脱氧钢水吹氧。

12. 如权利要求 9 所述的方法,其特征在于,真空脱碳处理一直进行到钢水中的含碳量达到 0.0005~0.020 重量%时。

13. 如权利要求5所述的方法,其特征在于,从顶吹吹氧管向未脱氧钢水只吹氧,直到钢水中的含碳量达到0.02~0.005重量%;以停止吹氧的状态进行未脱氧钢水的真空脱碳处理,防止真空处理槽中真空度恶化;再从顶吹吹氧管喷射氧和气体燃料,直到钢水的真空处理结束。

说 明 书

钢水的真空脱气处理方法

本发明涉及采用 *RH* 真空处理槽、*DH* 真空处理槽、由容纳浇包的本体和隔断外气的上盖组成的浇包真空处理槽、浸渍在浇包内的处理槽等真空处理槽的钢水的真空脱气处理方法及其装置和钢水的二次精炼工序中使用的真空脱气装置。

近年来,大量生产的高级钢,采用真空槽的二次精炼进行处理日渐增多,其中较多使用的作业是向 *RH* 真空处理槽内的钢水供氧,使钢水积极脱碳成积极加热钢水。但是在进行这样的真空处理时,存在着钢水温度下降的问题,还存在着大量的凝钢附着在 *RH* 真空处理槽内壁面上的问题。

虽然也有在 *RH* 真空处理槽内配置电阻发热体的做法,但以往的电阻发热体不能充分地防止钢水温度下降和凝钢的附着,另外,以往的电阻发热体的设备费用、电极原单位及耗电费用都很高,所以脱碳处理的费用较高。

根据本发明者的观点,如果使未处理钢水的待机状态的 *RH* 真空处理槽内部充分地预热,则可以减少钢水温度降低和凝钢的附着。但是以往的电阻发热体的加热能力不足,电极及耗电费用高,

所以 RH 真空处理费用高。

日本专利公报特开昭 53—81416 号中揭示了一种向钢水中添加 Al、Si 等并向真空处理槽内的钢水吹氧来加热钢水的方法。但这种方法须使用高价的 Al、Si 等,而且该方法也存在着大量凝钢附着在真空处理槽内的问题。

美国专利 497983 号揭示了一种向真空处理槽内的钢水表面吹氧、利用该氧气使真空处理槽内的钢水放出的 CO 气体燃烧的方法。但这种方法由于仅将钢水放出 CO 气体作为热源使用,所以钢种只限于脱碳钢,而且其加热量受 CO 气体放出量的限制,有时不能充分地防止钢水温度降低,另外,由于热源小,所以难以有效地防止真空处理槽的凝钢附着。

日本专利公报特开昭 64—217 号中揭示了一种往真空处理槽内的钢水中吹入可燃性气体、同时从真空槽内的钢水液面上方供氧的加热升温钢水的方法。但该方法中,由于往钢水中吹入可燃气体,造成钢水中的 C、H 等上升的问题,另外,向钢水中吹入可燃性气体的装置的构造以及维修都很复杂。本发明者认为,由于向钢水中吹入可燃性气体的流量有限制。所以,这种方法也难以有效地防止真空处理槽的凝钢附着。

日本专利公报特开平 1—95239 号中揭示了一种专用于防止真空处理槽凝钢附着和熔化除去附着的凝钢的若干个气体燃烧器和装着若干个燃烧器的吹氧管。但这种若干个气体燃烧器及装有若

干燃烧器的吹氧管的操作是很麻烦的。另外,该公报揭示的技术很难用于 980 帕以下,所以很难使钢水或槽壁的耐火物充分升温。

本发明的目的在于提供一种能以高效率真空处理钢水的真空处理方法,在由脱碳处理工序或脱氢处理工序及必要时进行的脱氧处理工序及成分调整处理工序组成的钢水真空脱气处理工序中,本发明的方法不采用大规模的电阻发热体,也不用 Al、Si 等高价合金铁,而能防止真空处理中的钢水温度降低,并能防止真空处理槽内壁面附着凝钢。

本发明的目的还在于提供一种真空脱气装置,本发明的装置在真空处理中,仅用一根顶吹吹氧管单独吹氧或吹含氧气体,便可有效地进行脱碳处理。使燃料气体和氧气或含氧气体燃烧,能有效地加热钢水及防止真空处理槽内壁附着凝钢,能以足够的高温加热待机中的真空处理槽(常压)内壁或熔化已附着的凝钢。

本发明的目的还在于提供一种无需高价的电极、电力、通电设备而能降低处理成本的真空脱气装置。

本发明的上述目的通过后述的钢水真空脱气处理方法及其装置得以实现。

(1)一种钢水真空脱气处理方法,在钢水真空脱气处理中,其特征是,在真空处理槽内压力为 490 帕以下状态,把可以将氧气或含氧气体和燃料气体分别设定为所需流量进行吹喷的顶吹吹氧管可升降地配置在真空处理槽的顶部,将顶吹吹氧管的下端配置在钢

水液面 1.0m 以上,进行使氧气或含氧气体和燃料气体喷出的处理工序,使钢水升温 and 防止真空槽内的凝钢附着。

(2)一种钢水真空脱气处理方法,在钢水真空脱气处理中,其特征是,把可以将氧气或含氧气体和燃料气体分别设定成所需流量进行吹喷的顶吹吹氧管可升降地配置在真空处理槽的顶部,使顶吹吹氧管的下端配置在钢水液面 1.0m 以上,使其进行喷出氧气或含氧气体和燃料气体的处理工序,从钢水的环流起始压力以下开始进行钢水升温 and 防止真空槽内凝钢附着的处理,并将该处理持续在真空脱气处理中。

(3)一种钢水真空脱气处理方法,在钢水真空脱气处理中,其特征是,将顶吹吹氧管的下端配置在钢水液面 2m 以下处,在从顶吹吹氧管向钢水只吹氧的脱碳处理之后,把可以将氧气或含氧气体和燃料气体分别设定成所需流量进行吹喷的顶吹吹氧管可升降地配置在真空处理槽顶部,将顶吹吹氧管的下端配置在钢水液面 1.0m 以上处,使其进行喷出氧气或含氧气体和燃料气体的处理工序,使钢水升温 and 防止真空槽内附着凝钢。

(4)一种钢水真空脱气处理方法,在钢水真空脱气处理中,其特征是,将顶吹吹氧管的下端配置在钢水液面 2m 以下处,在从顶吹吹氧管向钢水只吹氧的脱碳处理之后,进行脱氧处理,接着再把可以将氧气或含氧气体和燃料气体分别设定成所需流量进行吹喷的顶吹吹氧管可升降地配置在真空处理槽的顶部,将顶吹吹氧管

的下端配置在钢水液面 1.0m 以上处,进行喷出氧气或含氧气体和燃料气体的处理工序,使钢水升温 and 防止真空槽内附着凝钢。

(5) 一种钢水真空脱气处理方法,其特征是,把可以将氧气和燃料气体分别设定成所需流量进行吹喷的顶吹吹氧管可升降地配置在真空处理槽的顶部,将顶吹吹氧管的下端配置在钢水液面 2m 以下处,将为脱碳处理而进行的从顶吹吹氧管向钢水只吹氧的处理工序和把顶吹吹氧管的下端配置在钢水液面 1.0m 以上、进行从顶吹吹氧管喷出氧气和燃料气体的处理工序适当组合,促进钢水的脱碳,使钢水升温 and 防止真空槽内附着凝钢。

(6) 根据第 5 项中所述方法,其特征是,在向未脱氧钢水仅吹氧、促进脱碳的处理工序中,当钢水中的含碳量达到目标重量百分比时,停止吹氧,接着进行喷出氧气和燃料气体的处理工序,使钢水加热 and 防止真空处理槽内附着凝钢。

(7) 根据第 6 项中所述方法,其特征是,当钢水中含碳量达到 0.02~0.005 重量%时,停止向未脱氧钢水吹氧。

(8) 根据第 7 项中所述方法,其特征是,当钢水中含碳量达到 0.01 重量%时,停止向未脱氧钢水吹氧。

(9) 根据第 5 项中所述方法,其特征是,向未脱氧钢水吹氧、促使脱碳的处理工序中,当钢水中含碳量达到结束吹氧的目标重量百分数时,停止吹氧,在该工序之后,在钢水中含碳量达到真空脱碳处理的最终目标重量百分数之前,以停止吹氧的状态进行真空脱碳处

理,防止真空度恶化,在该脱碳处理工序后的脱氧处理及必要时进行的成分调整处理中,进行喷出氧气和燃料气体的处理工序,促使钢水脱碳和钢水升温及防止真空处理槽内附着凝钢。

(10)根据第 9 项中所述方法,其特征是,当钢水中的含碳量达到 0.02~0.005 重量%时,停止向未脱氧钢水吹氧。

(11)根据第 10 项中所述方法,其特征是,当钢水中的含碳量达到 0.01 重量%时,停止向未脱氧钢水吹氧。

(12)根据第 9—11 项中任一项所述方法,其特征是,当钢水含碳量达到 0.0005~0.020 重量%时,结束真空脱碳处理。

(13) 根据第 5 项中所述方法,其特征是,把可以将氧气和燃料气体分别设定成所需流量进行吹喷的顶吹吹氧管可升降地配置在真空处理槽的顶部,将顶吹吹氧管的下端配置在钢水液面 2.0m 以下,从顶吹吹氧管向未脱氧钢水只吹氧,直到钢水含碳量达到 0.02~0.005 重量%,再将顶吹吹氧管的下端配置在钢水液面 1.0m 以上,从顶吹吹氧管喷出氧气和燃料气体,直到脱碳处理结束及脱氧后的成分调整真空处理结果,促使钢水脱碳、升温和防止真空槽内附着凝钢。

(14)根据第 5 项中所述方法,其特征是,在第五种方法中,把可以将氧气和燃料气体分别设定成所需流量进行吹喷的顶吹吹氧管可升降地配置在真空处理槽顶部,将顶吹吹氧管的下端配置在钢水液面 2.0m 以下,从顶吹吹氧管向未脱氧钢水只吹氧,直到钢水

含碳量达到 0.02~0.005 重量%，以停止吹氧的状态进行真空脱碳处理，直到脱碳处理结果，防止真空度恶化，从顶吹吹氧管喷射氧气和燃料气体，直到脱氧处理及成分调整的真空处理结束，促使钢水脱碳、升温，防止真空槽内附着凝钢。

(15)一种真空脱气装置，其特征是，包括真空处理槽及可上升下降地配置在该真空处理槽内的垂直的顶吹吹氧管，该顶吹吹氧管具有氧气吹出部和燃料气体供给孔，氧气吹出部由设在轴芯上的喉部和连接在喉部下方的逐渐扩大部构成，燃料气体供给孔设在该逐渐扩大部的逐渐扩大面的中途。

(16)根据第 15 项中所述的装置，其特征是，在顶吹吹氧管的轴芯上对称地设有若干个燃料气体供给孔。

(17)根据第 16 项中所述的装置，其特征是，在顶吹吹氧管的轴芯上对称地设有 3~6 个燃料气体供给孔。

(18)根据第 15—17 项中所述的装置，其特征是，真空处理槽是从由 RH 真空处理槽、DH 真空处理槽及浇包真空处理槽形成的群中选择出的真空处理槽。

(19)根据第 15 项中所述的装置，其特征是，具有从 RH 真空处理槽、DH 真空处理槽、钢水浸渍处理槽及浇包真空处理槽形成的群中选择出来的真空处理槽和能上升下降地配置在该真空处理槽内的垂直的顶吹吹氧管，该顶吹吹氧管具有氧气吹出部和 3~6 个燃料气体供给孔，氧气吹出部由设在轴芯上的喉部和喉部下方连

接的逐渐扩大部构成,燃料气体供给孔相对于顶吹吹氧管轴芯对称地设在逐渐扩大部的逐渐扩大面中途的顶吹吹氧管轴芯上,逐渐扩大部的倾斜角 θ_1 为 $1^\circ\sim 20^\circ$,其下端部的真径 D_1 与上端的直径 D_2 之比(D_1/D_2)为 $1\sim 40$,燃料气体供给孔设在这样的位置:在燃料供给孔位置处的从喉部喷出的氧气压力等于燃料气体喷出压力的位置下方及逐渐扩大部下端 5mm 以上范围的逐渐扩大面的中途。

图1是本发明中的顶吹吹氧管的吹出部附近的说明图,图1(a)是纵断面图,图1(b)是底面图,图1(c)是表示氧气吹出部中喷出气体压力变化的模式说明图;

图2是本发明中的顶吹吹氧管的配置及支承的说明图,图2(a)是纵断面图,图2(b)是将真空处理槽顶部和顶吹吹氧管1密封安装时的说明图;

图3是表示处理时间与真空度关系图;

图4(a)是表示在大气中从顶吹吹氧管吹出的氧气的火焰状况的断面图,图4(b)是表示在真空中从顶吹吹氧管吹出的氧气的火焰状况的断面图;

图5是表示真空处理槽内各吹氧管高度产生的燃烧热在何处消耗了多少百分比的图;

图6是表示钢水中氧浓度和脱碳速度的关系图;

图7是表示吹氧管高度与顶吹的氧气在钢水中溶解的比例关

系图。

以下,以具有代表性的真空处理方法即 *RH* 真空脱气法为例,说明本发明。

本发明中,采用可将氧气或含氧气体和燃料气体分别设定成所需流量进行吹喷的顶吹吹氧管。图 1 是该顶吹吹氧管的吹出端部附近的说明图,图 1(a)是纵断面图,图 1(b)是底面图,图 1(c)是表示图 1(a)的氧气吹出部中的喷出氧气压力变化的模式说明图。本发明者采用将氧气的流路配置在顶吹吹氧管的轴芯、在氧气流路喉部 2 的下方设逐渐扩大部 3、在逐渐扩大部 3 的中途相对于轴芯对称地设有若干个燃料气体供给(喷出)孔 4 的顶吹吹氧管 1。图中 5 为水冷部,6 为氧气或含氧气体,7 为燃料气体(LNG、COG、LPG、LDG),8 为冷却水。

逐渐扩大部使得气体以超音速吹出,是为了提高由硬吹产生的钢水的着氧效率(钢水的溶存氧的增加量以及脱碳消耗的氧之和相对吹氧量的比率)和防止堵塞及为了在 490 帕以下也能使火焰确实地产生而设置该逐渐扩大部的。逐渐扩大部的倾斜角 θ_1 最好为 $1^\circ \sim 20^\circ$,如不满 1° 得不到超音速,如超过 20° 则引起气流的剥离于管内壁面而成为亚音速,降低喷出流速。

图 1(c)中, P_1 是喉部的喷出气体压力, P_2 是逐渐扩大部 3 下端的喷出气体压力。喷出气体压力随着该气体往逐渐扩大部 3 下端行进而降低。本发明的顶吹吹氧管 1 设计成在真空处理槽内的低

压力下,例如 490 帕以下,吹入氧气或含氧气体,或者吹入氧气或含氧气体和燃料。因此,逐渐扩大部 3 下端的喷出气体压力小于 1 个气压,在吹入氧气时,例如为 98~294 帕,吹入氧气和燃料时,例如为 19.6~98 帕。

在顶吹吹氧管 1 中,逐渐扩大部下端的直径 D_1 与上端部直径 D_2 的比(D_1/D_2)最好为 1~40,如果 D_1/D_2 大于 40,则初压过高,在工业上不能实现。

本发明者认为,图 1(a)中的顶吹吹氧管逐渐扩大部倾斜角 θ 最好为 $5^\circ \sim 10^\circ$, D_1/D_2 最好为 3~5。因为这样的吹氧管在只吹氧时,氧气以足够的超音速喷出,所以能够有效地使钢水脱碳。另外,在将氧气和燃料气体一起吹入时,逐渐扩大部的氧气和燃料气体充分混合,可得到高温的火焰,由于点火性能好,可有效地加热钢水和真空槽内壁。

在顶吹吹氧管 1 上,燃料气体供给孔 4 设在逐渐扩大部 3 的逐渐扩大面上。图 1(c)中,在喉部 2 的位置,因为由氧气构成的喷出气体压力 P_1 很大,所以燃料气体也以相应高的压力供给。但是,如果将燃料气体的压力调整成与 P_1 一致供给时,则容易使点火不稳定,而且这种调整也很麻烦。如将燃料气体供给孔 4 设在逐渐扩大部 3 下端的位置上,则难以与氧气充分混合。

如果将燃料供给孔设置在图 1(a)的范围内,该范围在喉部 2 的喷出气体即氧气的压力等于燃料气体喷出口压力的位置以下

及下端以上 5mm, 在该范围位置的喷出气体即氧气的压力例如为图 1(c)中的 P_3 , 由于它低于燃料气体的喷出压力, 所以燃料气体能够稳定地供给, 真空槽内压力即使在 490 帕, 也能稳定点火。如果将燃料气体供给孔设在从下端往上 5mm 范围内, 则由于钢水的飞溅附着, 会造成燃料气体供给孔堵塞。

燃料气体供给孔下端部的直径 D_3 是这样设定的, 即, 使得燃料气体供给部的压力高于其位置处的氧气压力。

根据本发明, 从顶吹吹氧管 1 供给所需量的燃料气体和燃烧该燃料气体所必需流量的氧气或含氧气体, 本发明的顶吹吹氧管如图 1(c)所示, 逐渐扩大部下端的喷出气体压力小, 因而形成稳定的长火焰, 有效地加热钢水。

图 1(a)、(b)中, 表示了设置 2 个燃料供给孔的实施例, 若在以轴芯为对称的位置上设置 3 个以上的燃料气体供给孔, 则形成火焰在顶吹吹氧管 1 的轴芯前后左右更为对称, 则更好。

所谓以轴芯对称的位置, 是指通过各燃料气体供给孔中心并与顶吹吹氧管 1 的轴芯垂直的各直线在轴芯交叉形成的各角度相等的位置。

本发明中, 顶吹吹氧管可升降地配置在真空处理槽的顶部。

图 2 是本发明中的顶吹吹氧管的配置和支承的纵断面图, 以具有代表性的处理装置即 RH 真空脱气处理装置为例。如图 2(a)所示, 顶吹吹氧管 1 设在真空处理槽 9 的顶部, 如箭头 10 所示可上

升下降地垂在真空处理槽内。图 2(b)是将真空处理槽的顶部和顶吹吹氧管 1 密封安装例的说明图。例如,将密封夹板 12 气密地安装在真空处理槽 9 顶部的铁皮 11 上。13 是辊式支承装置。松开密封夹板 12 的夹卡,转动辊式支承装置的辊 14,使顶吹吹氧管 1 上升、下降,设在预定位置上。然后拧紧密封夹板 12 的夹卡,由密封夹板 12 气密地握持住顶吹吹氧管 1。通过该操作使得顶吹吹氧管 1 气密地被支承在所需位置,垂在真空处理槽内。图中 15 为浇包,16 为钢水,17 为环流用气体吹入孔,18 为连接真空排气系统的排气管。

当停止供给图 1(a)中的燃料气体 7 时,本发明的顶吹吹氧管就只吹出氧气或含氧气体 6,可用单独吹氧进行脱碳处理。另外,用吹氧进行脱碳并加热钢水时,在从喉部 2 喷出大量氧气的同时,从燃料供给孔 4 供给所需量的燃料气体。虽然逐渐扩大部内的压力渐渐降低,但如果燃料气体供给孔位置处的喷出气体即氧气的压力低于燃料气体喷出压力,则可从燃料气体供给孔 4 无障碍地同时供给所需量的燃料气体。这时,供给的氧气中的一部分使燃料气体燃烧,燃烧热被吹喷到钢水上,加热钢水和真空槽内壁,剩余的氧气使处理中的钢水脱碳。

本发明者发现,在真空槽内的压力为 490 帕 时,使钢水升温及防止凝钢附着的真空处理槽壁加热是非常经济和有效的。

图 3 是关于脱氢钢种的真空脱气处理,表示 RH 真空槽压力和处理时间的关系图。真空脱气处理开始后,1 分钟达到(2940 帕)钢

水的环流开始。3分钟达到490帕,5分钟达到294帕,10分钟达到9.8帕。全部处理时间为20分钟。这时,从环流开始的2940帕到490帕的处理时间仅为2分钟,而在490帕以下的处理时间为18分钟,相当于前者的9倍。

如果采用本发明的吹氧管,即使在490帕以下也能形成稳定的火焰。例如,处理钢水100t的RH内,从环流开始的2940帕到真空处理終了之间,从本发明的吹氧管喷出氧气和燃料气体(LNG:114[Nm³/hr]),使之燃烧。从2940到490帕的2分钟内的温度降低与不作燃烧处理的情形相比,只得到1℃的温度改善。而从490帕到真空处理结束之间的燃烧处理与不作燃烧处理的情形相比,钢水温度可改善9℃。

真空处理中采用本发明的吹氧管使钢水升温时,如果钢水不环流,即,在真空处理槽内钢水没有吸上来,则不能使钢水升温,因此从钢水环流开始的压力(2940帕)到真空处理结束之间如果使燃料燃烧,可以最大限度地使钢水升温。

根据本发明,是在真空处理槽内压力为490帕以下的状态使燃料燃烧,加热钢水,所以在脱气处理的同时,或者在脱气处理后的环流处理中进行成分调整处理的同时,可以使钢水升温,而且,因为采用处理时间长的490帕以下的状态,所以非常经济。

根据本发明,是在真空处理槽内压力为490帕以下的状态使燃料燃烧,可以进行真空处理槽壁的加热,以防止钢水或凝钢附着。

这时,最好将吹氧管下端位于钢水液面 1.0m 以上,这是因为火焰依存于吹氧管供给的燃料量,例如在 $LNG114Nm^3/hr$ 条件下,在 50 托以下,使燃料燃烧形成的火焰从吹氧管下端约 1.0m 下方产生的缘故。

由于无法观察真空槽内低压力时的火焰状况,在图 4 中表示火焰形成的模拟结果。图 4 是将向后述实施例所示的吹氧管供给 $LNG:288[Nm^3/hr]$ 、氧气: $508[Nm^3/hr]$ 使之燃烧时的火焰模拟化的结果,(a)表示在大气压下,(b)表示 49 帕。从该结果可知,火焰在减压及 $LNG288Nm^3/hr$ 情形下,从喷嘴下端 1.5m 以下形成。

实际上,为了使钢水升温,将吹氧管下端配置在钢水液面上 2~5m 即可,最好配置在钢水液面上约 4m 处。

图 5 是表示在进行钢水 100t 处理的 RH 内,真空槽内压力为 49 帕状态下,插入实施例所示的本发明吹氧管,对于从液面起算的吹氧管高度分别为 2m、3m、4m、5m、6m 的各种情形,供给 $LNG:288[Nm^3/hr]$ 、氧气: $508[Nm^3/hr]$ 使之燃烧时,其燃烧热消耗在何处及消耗了多少百分数的图。钢水的受热量、吹氧管冷却水的吸热量、排气的吸热量、耐火物的传热量分别按下述方法求得。

钢水的受热量:用通常采用的白金热电耦探测器温度测定法实测燃烧器加热中的钢水温度。为了比较,再测定无燃烧器加热时的温度的变化,将两者的差别作为钢水温度补偿量。因此,钢水温度

补偿量和钢水量及钢水比热的积为加热钢水的热量。

吹氧管冷却水的吸热量：测出燃烧器加热中的吹氧管冷却水入口侧与出口侧的温度差，该温度差和冷却水量及水的比热的积为冷却水吸收的热量。

排气的吸热量：排气的吸热是测定排气的流量及其温度和成分，从成分中推定的比热和气体流量及温度的积为传热量。排气量从C物质平衡中求出。具体地说，从燃料气体即LNG的流量和钢水中C的变化计算产生的C流量，另一方面从排气的CO和CO₂浓度中求出C比例，从上述C流量和该C比例换算排气的总流量。

耐火物的传热量：从排气成分中计算由燃烧器吹入的LNG的燃烧率，再求出产生的热量。该值是产生的全部热量，从该值中扣除上述钢水的受热量、吹氧管冷却水的吸热量、排气的吸热量，剩下的就是耐火物的传热量。

从该结果可见，欲使钢水升温，将吹氧管下端配置在钢水液面上2~5m即可，最好配置在钢水液面上4m。

据模拟结果，火焰的下端在喷咀下约3.3m处，液面到达此处时可最有效地使钢水升温。

另外，为防止凝钢附着而进行真空处理槽壁的加热时，最好尽量提起吹氧管使燃料燃烧。这是为了极力抑制吹氧管本身占用燃烧热。从图5的结果中也可见这一点。

在脱氧钢的真空脱氢处理等场合下，将顶吹吹氧管的下端配

置在钢水液面 1.0m 以上,从顶吹吹氧管喷出氧气或含氧气体和燃料气体,在真空槽内实施使其燃烧发热的处理,并且,真空脱气处理的待机状态也从顶吹吹氧管喷出氧气或含氧气体和燃料气体,使之在真空槽内燃烧发热,可使真空槽内的壁面维持高温,钢水温度也因辐射传热而上升。

本发明者还发现,增大钢水中的氧浓度对促使脱碳是有利的。图 6 是钢水中的氧浓度与脱碳速度的关系。图中“○”和“●”标记表示碳浓度为 100ppm 和 20ppm 的情形。图 6 中,脱碳速度常数用下式求出:

$$\text{脱碳速度常数: } \frac{\ln([C]_1/[C]_2)}{t_2 - t_1}$$

式中,时间 t_1 时的 $[C]$: $[C]_1$,

时间 t_2 时的 $[C]$: $[C]_2$,

$[C]=100\text{ppm}$ 时的脱碳速度为图示通过 100ppm 的脱碳速度,

$[C]=20\text{ppm}$ 时的脱碳速度为图示通过 20ppm 的脱碳速度,

$\ln$ = 自然对数。

图 6 中,由于增大氧浓度,脱碳速度变大。同时,为了供氧,从顶吹吹氧管持续吹氧气,则真空处理槽内的压力上升,真空脱气速度本身下降。因此,从顶吹吹氧管向钢水只吹喷氧气促使脱碳时,必须使顶吹吹氧管的下端靠近钢水液面,在短时间内积极地向钢水中供氧,其后停止吹氧。

在本发明中,图 2(a)的 H 表示的顶吹吹氧管下端与钢水液面的距离(以下称为吹氧管高度)设定为 $2m$ 以下,从顶吹吹氧管向钢水只吹氧气促使脱碳。图 7 是吹氧管高度与顶吹的氧气溶存在钢水中比例的关系图。图中吹氧管高度为 $2m$ 以下时,顶吹的氧气在钢水中溶存的比例,与从钢水液面下直接向钢水吹入氧气时,氧气溶存在钢水中的比例几乎相等,能使钢水中的氧浓度迅速上升。此外,如果顶吹的氧气在钢水中溶存的比例与只吹入氧气时的比例相等,则吹氧管高度也可以在 $2.0m$ 以上。

因此,在对脱氧钢水进行真空脱气处理、熔炼脱氧钢种(厚板等)时,只要在脱气处理的同时,使燃料燃烧,加热钢水即可,在用真空处理对未脱氧钢水进行脱碳、熔炼低碳素钢时,首先要将本发明的吹氧管下端放在钢水液面 $2m$ 以下,用吹氧管只吹氧气进行有效的脱碳处理,接着该处理后,将吹氧管下端配置在钢水液面 $1.0m$ 以上($LNG114Nm^3/hr$ 以上)或 $1.5m$ 以上($LNG228Nm^3/hr$ 以上),使燃料燃烧,对钢水和/或真空槽壁耐火物在真空下(为了脱氢或成分调整,一般都设定有该时期)进行加热,上述处理方式称为 2 级处理,具有很好的效率。

熔炼低碳素钢时,采用上述的脱碳及火焰加热这样的 2 级处理。

如果将吹氧管高度设定为 $2m$ 以下,往钢水内只吹喷氧气,则真空处理槽内的钢水飞溅剧烈,因此凝钢很可能会附着在真空处

理槽内壁上。但是,本发明者已证实,如果在真空下用火焰使真空处理槽内的耐火物表面保持高温,则不会附着凝钢。

此外,吹氧停止时期因所制造的钢水规格及 RH 真空脱气条件不同而不相同,一般,从处理前的氧浓度和碳浓度的关系看,当氧气不足时,实施吹氧操作,用通常的顶底吹转炉的条件处理熔炼的钢水时,可设定为钢水的碳浓度达 0.02~0.005 重量%,例如达到 0.01 重量%时停止吹氧。

在脱碳处理后,在真空下进行火焰加热,最好在脱碳处理后用 Al 等进行脱氧处理后进行,这是因为如果在脱氧处理前使燃料燃烧,真空度会有些恶化而影响脱气效果。但是,真空脱气处理前的钢水温度低,脱氧处理后由顶吹吹氧管使氧气或含氧气体和燃料气体燃烧而受热没有达到所需温度时,在脱碳期的吹氧后、接着脱碳处理的后半期,也可以加入由顶吹吹氧管进行的氧气和燃料气体的燃烧处理。另外,在脱碳处理后的脱氧处理中,进行吹入 O_2 和 LNG 的作用效果,与实施例(表 2)所示脱氢处理中,吹入 O_2 和 LNG 的效果是同等的。

由以上所述可知,在脱碳结束后的脱氧和成分调整处理工序中,将顶吹吹氧管下端配置在钢水液面 1.0m 以上,从顶吹吹氧管喷出氧气或含氧气体和燃料气体,进行在真空处理槽内燃烧发热处理时,可有效地脱碳、加热钢水,而且能防止凝钢附着。另外,在真空脱气处理的待机状态也从顶吹吹氧管喷出氧气或含氧气体和燃料

气体,在真空处理槽内燃烧发热,可以使真空处理槽内的壁面保持高温。再者,通过将顶吹吹氧管的高度配置在 1.0m 以上,或在 1.0m 以上的范围内升降,则真空槽内壁面高度方向的温度分布均匀,可以防止槽内所有位置上附着凝钢。

待机中的真空处理槽内壁的加热或者熔化除去已附着的凝钢多在大气压下进行。如在大气压下采用图 1(a)所示的顶吹吹氧管,则逐渐扩大部的下端为大气压。因此,从逐渐扩大部下端喷出的气体混合良好。

其结果,形成长度比减压时短的极高温火焰。真空处理槽内的内壁由于该极高温火焰的辐射热而被加热,附着凝钢由于该极高温火焰的辐射热而被熔化除去。本发明中,顶吹吹氧管可以上升或下降。形成长度比减压时短的极高温火焰,使顶吹吹氧管上升、下降,使该高温火焰上升、下降,火焰附近的附着凝钢熔化,可更有效地除去附着在真空处理槽上的凝钢。

以上就采用 RH 脱气法的钢水真空脱气处理进行了描述。在 DH 脱气法、VOD(Vacuum Oxygen Decarburization)脱气法等其它真空脱碳处理中,本发明也能取得与 RH 脱气法同样的作用效果。

实施例

采用具有图 1(a)、(b)所示顶吹吹氧管的 100 吨 RH 真空脱气装置,用表 1 所示的条件,对用 100 吨转炉熔炼的钢水(成分:

C: 0.032~0.051wt%, O: 0.0216~0.0355wt%) 进行脱碳处理, 或者用表 2 所示条件进行脱气处理。另外, 本实施例中, 在不进行 RH 真空脱气处理的待机状态, 也从顶吹吹氧管吹入氧气和 LNG, 使其在真空槽内燃烧, 将真空处理槽内加热保温。所采用吹氧管的喉部直径 D_2 为 17mm, 出口直径 D_1 为 81mm。逐渐扩大部长度为 225mm, 逐渐扩大部倾料角 θ_1 为 8° 。燃料气体供给孔直径 D_3 为 11.5mm, 共三孔。从逐渐扩大部下端到燃料气体供给孔之间的逐渐扩大部长度为 107mm, 燃料气体供给孔的倾斜角 θ_2 为 15° 。

表 1 内记载的试验号 1 至 2 是以脱碳钢种为对象的本发明实施例。该实施例中, 在脱碳处理前半期, 下降吹氧管高度, 在短时间内只吹喷氧气, 接着吹入氧气和 LNG, 使其一直燃烧到 RH 真空脱气处理时间終了。这时, RH 真空脱气处理中的温度下降比不吹喷任何气体的情形(表 1 中的 8)大幅度减轻, 真空槽内的凝钢附着也几乎没有。最终 C 降低, 具有促使脱碳的效果。

如试验号 9 所示, 也作了在脱碳处理的前半期进行吹氧、用二次燃烧来发热和促使脱碳的试验。从脱碳量和二次燃烧量计算得到的钢水温度补偿量约 3°C 左右, 试验结果也证实了温度补偿量是很小的。另外, 发热量少, 真空槽内有凝钢附着。

表 1 中的试验号 3 至 7 也是以脱碳钢种为对象的本发明实施例的其他形式。该例中, 在脱碳处理前半期降下吹氧管高度, 在短时间内只吹氧, 在吹氧结束后接着进行脱碳工序中, 停止从吹氧管吹

喷气体,在脱氧处理后再从吹氧管吹入氧气和 LNG,使其一直燃烧到 RH 真空脱气处理时间终了。这时,脱碳被促进进行,最终 C 变得极低,而且,与不喷吹任何气体的例(表 1 中的 8)及在脱碳初期只吹喷氧气的例(表 1 中的 9)相比,RH 处理中的温度下降可减轻,真空槽内的凝钢附着也几乎没有。

表 2 中的 1 号至 5 号是以脱氧钢水为对象的以脱氧为目的的真空脱气处理的实施例。都是从吹氧管吹喷氧气和 LNG,使其一直燃烧到 RH 真空脱气处理时间终了。这时,RH 真空脱气处理中的温度下降与不吹喷任何气体的例(表 2 中的 6)相比可以减轻,真空槽内的凝钢附着几乎没有,脱氢达到水平也无显著差别。

表 1 RH 处理时间为 28 分钟（固定，内脱碳时间为 19 分钟）

试 验 号	处理前(PPM)		处理前 温度 (℃)	单独吹氧条件						吹喷氧气 + 燃料条件					
	[C]	[O]		吹氧管 高度(M)	时间 (分)		槽内压力 变化(MPa)	氧气流量 (Nm ³ /hr)	吹氧管 高度(M)	时间 (分)		槽内压力 变化(MPa)	流量 (Nm ³ /hr)		
			开始		終了								开始	終了	
本发明	1	420	255	1610	1.5	0.5	5	2.94~0.4	1000	3.0	5	28	0.40~2.5 × 10 ³	254	114
	2	435	230	1608	2.0	0.5	6	2.94~0.35	1000	2.0	6	28	0.35~5 × 10 ³	254	114
	3	494	225	1605	2.0	0.5	5	2.94~0.35	1000	3.0	19	28	0.10~5 × 10 ³	254	114
	4	421	237	1612	2.0	0.5	6	2.94~0.35	1000	2.0	19	28	0.10~2.5 × 10 ³	254	114
	5	510	216	1620	2.0	0.5	5	2.94~0.35	1000	1.5	19	28	0.10~5 × 10 ³	254	114
	6	482	256	1613	2.0	0.5	5	2.94~0.35	1000	2~4	19	28	0.10~5 × 10 ³	254	114
	7	485	200	1615	2.0	0.5	6	2.94~0.35	1000	1.0	19	28	0.10~5 × 10 ³	254	114
对照例	8	320	355	1610	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
对照例	9	453	251	1608	3.0	0.5	6	2.94~0.4	1000	-	-	-	-	-	-

○ 无附着
 ○ 附着轻微
 △ 附着量中
 × 附着量多

续

处理后钢水温度℃	处理中温度下降量(℃)	最终(℃)(PPM)	真空槽内所附凝钢目标			吹氧管前端损耗程度	备注
			下部	中部	上部		
1592	18	13	○	○	○	无损伤	
1589	19	14	○	○	○	无损伤	
1581	24	11	○	○	○	无损伤	
1589	23	10	○	○	○	无损伤	
1598	22	9	○	○	○	无损伤	
1598	22	9	○	○	○	无损伤	19 分钟后吹氧管在 2.4m 范围内升降
1590	25	11	○	○	○	有些损伤	
1580	35	17	×	×	×		
1575	33	13	△	×	×	无损伤	

表 2 RH 处理时间为 19 分 (固定)

试 验 号	处理前 温度(℃)	吹喷氧气 + 燃料的条件						处理后 钢水温 度(℃)	处理中 温度下 降量(℃)	真空内		吹氧管 前端损 耗程度	〔 H 〕 (ppm)	
		吹氧管 高度(M)	时间(分)		槽内压力 变化(MPa)	流量(Nm ³ /hr)				所附凝 钢目标	处理前		处理后	
			开始	终了		氧气	LNG							
本发明	1	1603	1.5	0.5	19	3~2.5 × 10 ⁻³	254	114	1583	20	○	无损伤	6.0	0.9
	2	1509	3.0	0.5	19	3~2.5 × 10 ⁻³	254	114	1576	23	○	无损伤	5.0	0.8
	3	1610	4.5	0.5	19	3~2.5 × 10 ⁻³	254	114	1588	22	○	无损伤	6.2	1.0
	4	1615	3.0	0.5	19	3~5 × 10 ⁻³	508	228	1603	12	○	无损伤	6.5	1.1
	5	1612	1.0	0.5	19	3~2.5 × 10 ⁻³	254	114	1591	21	○	有些损伤	4.9	0.7
对照例	6	1604							1574	30	×		5.4	0.9

○ 无附着 ○ 附着轻微 △ 附着量中 × 附着量多

图. 1(a)

图. 1(c)

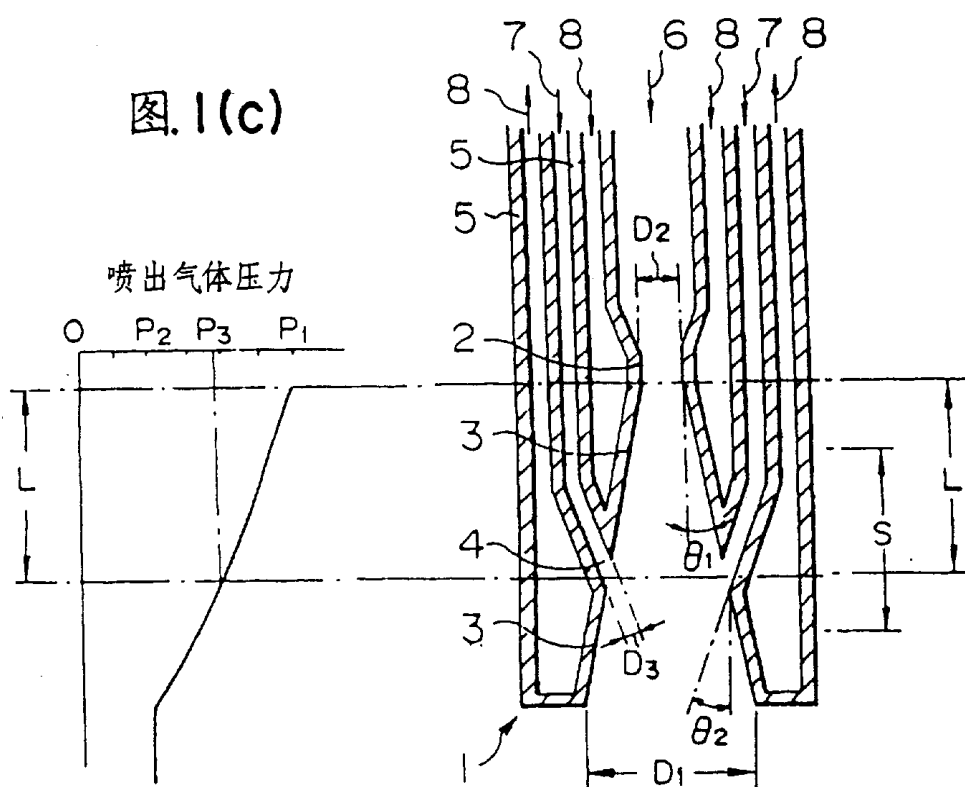


图. 1(b)

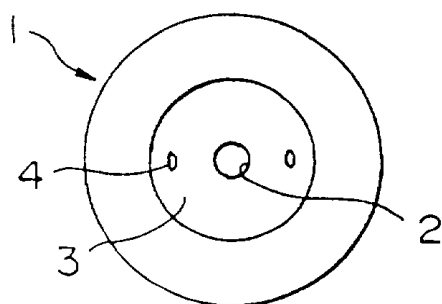


图2(a)

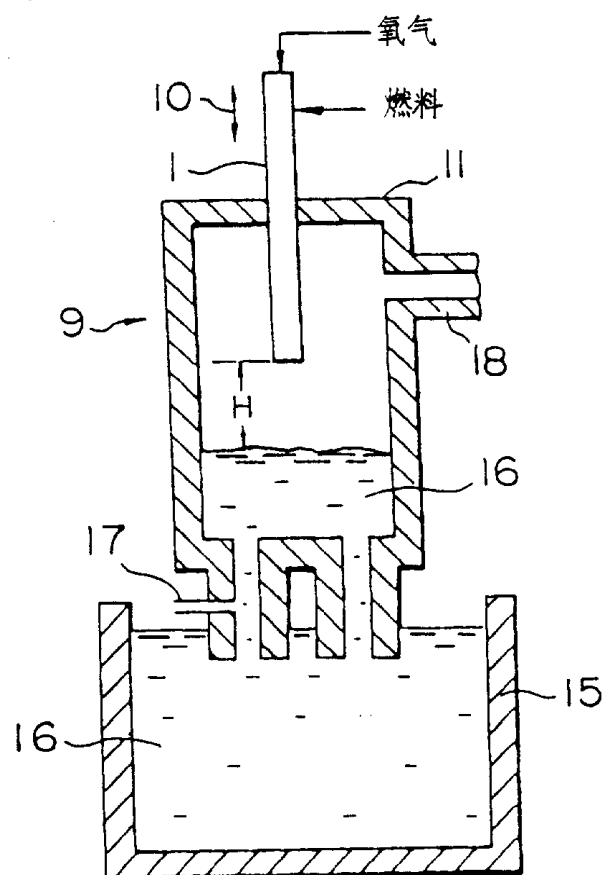


图.2(b)

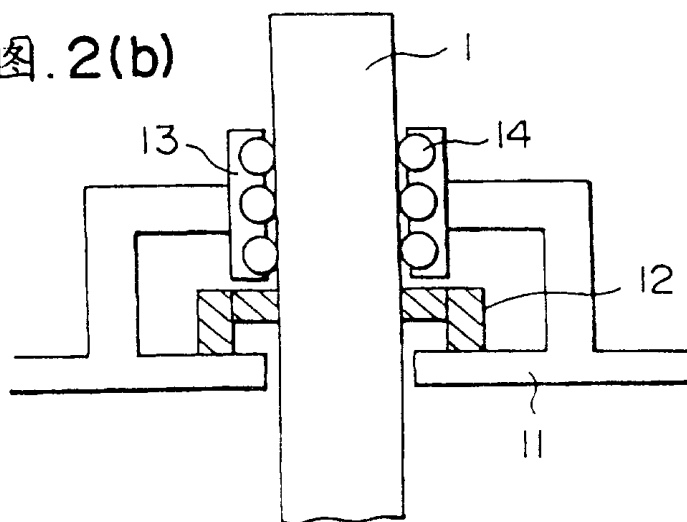


图.3

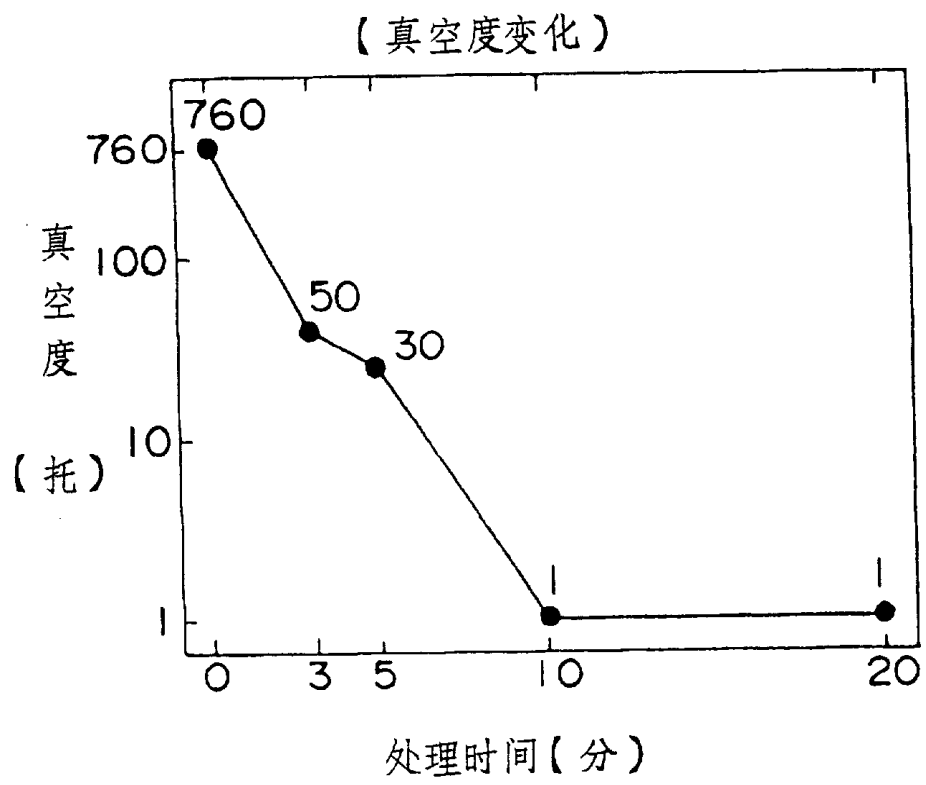
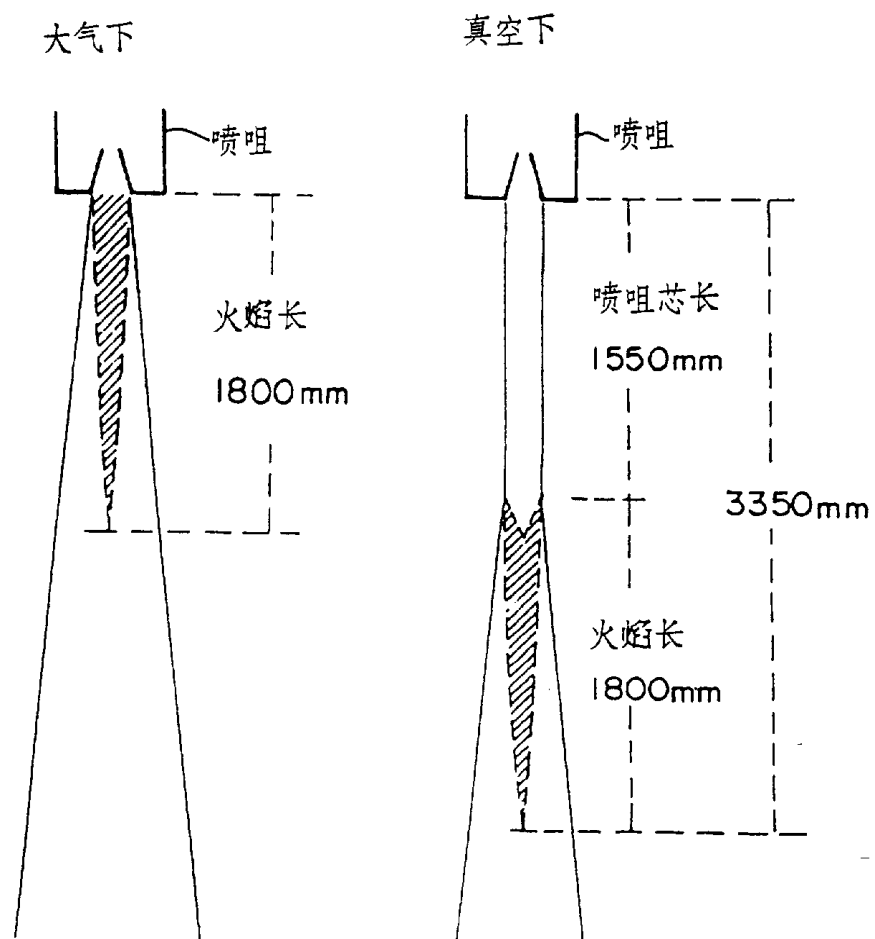


图4(a)

图4(b)



火焰状况的推测

图. 5

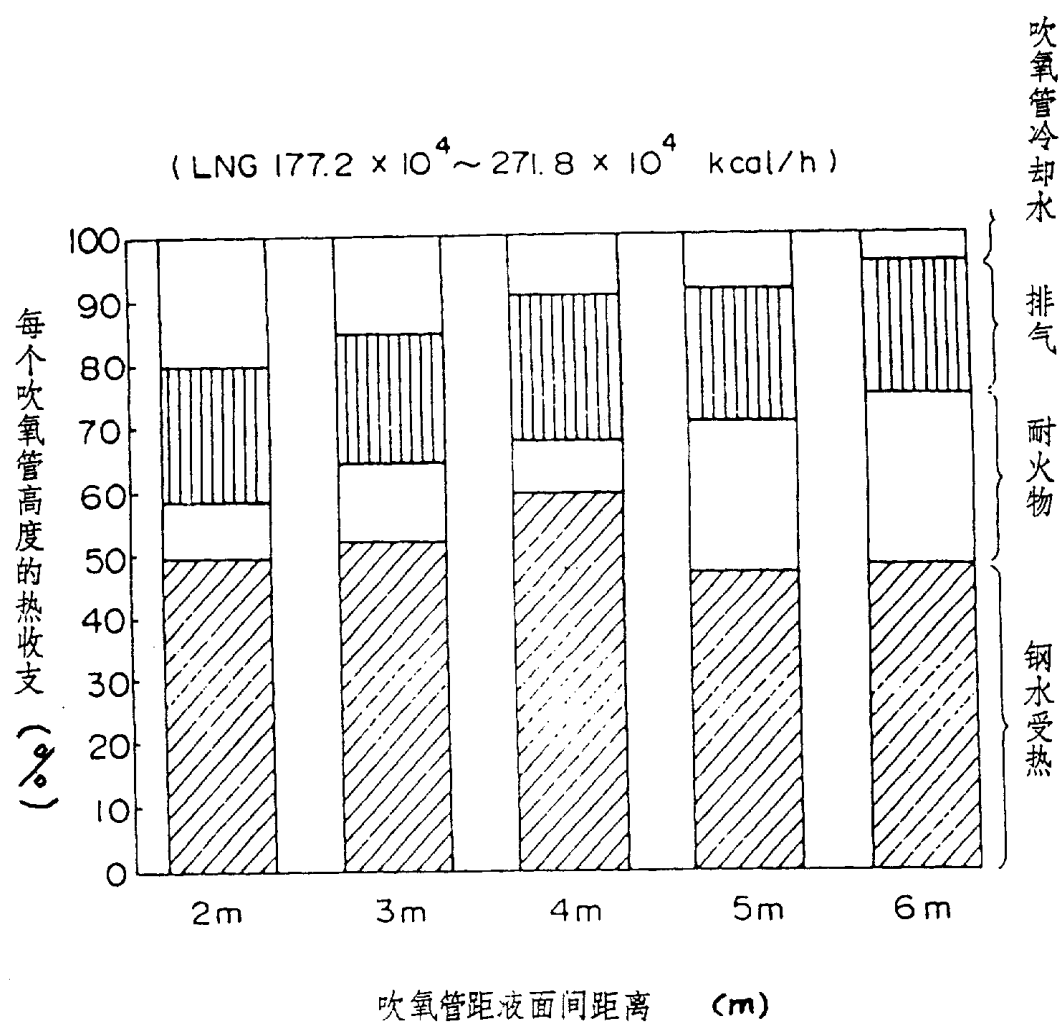


图6

处理中自由氧和脱碳速度的关系

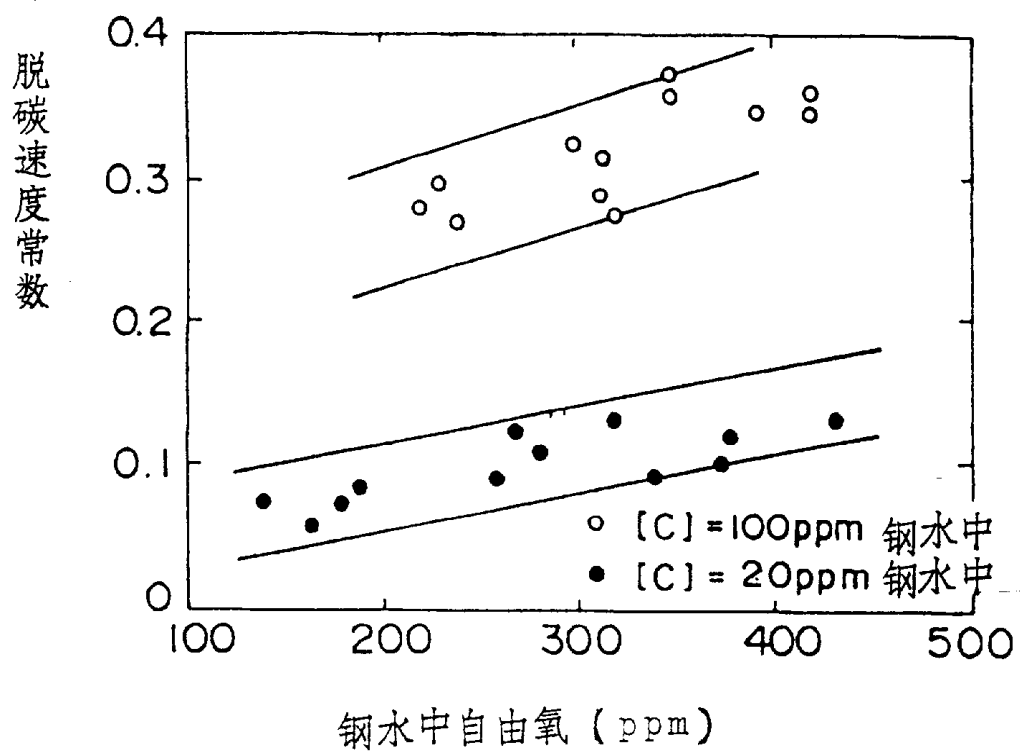


图 7

