

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl<sup>7</sup>

C21C 7/10

C21C 7/064

## [12] 发明专利说明书

[21] ZL 专利号 92115273.6

[45] 授权公告日 2001 年 1 月 31 日

[11] 授权公告号 CN 1061381C

[22] 申请日 1992.12.24 [24] 颁证日 2000.10.28

[74] 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司

[21] 申请号 92115273.6

代理人 杨丽琴

[30] 优先权

[32] 1991.12.24 [33] JP [31] 340674/1991

[32] 1992.2.4 [33] JP [31] 19065/1992

[32] 1992.2.19 [33] JP [31] 31863/1992

[32] 1992.2.26 [33] JP [31] 39454/1992

[32] 1992.4.14 [33] JP [31] 94175/1992

[32] 1992.4.14 [33] JP [31] 94176/1992

[32] 1992.6.12 [33] JP [31] 153450/1992

[73] 专利权人 川崎制铁株式会社

地址 日本兵库县

[72] 发明人 加藤嘉英 桐原理 田口整司

藤井彻也 大宫茂 水藤政人

审查员 徐云瑞

权利要求书 4 页 说明书 21 页 附图页数 10 页

[54] 发明名称 精炼高纯度钢的方法

[57] 摘要

公开一种有效地降低钢水中杂质,使之成为含超低杂质的高纯度钢的精炼方法。在铁水预精炼处理和转炉处理后对钢水的二次精炼中,在装有经转炉脱碳后钢水的浇包内的钢水面上加入熔剂和还原剂,以使钢水表面上熔渣成份得到调整,其调整方法是使 FeO + MnO 总量为 5% (重量) 或更低,随后,使用 RH 真空脱气装置使钢水杂质含量有效地下降到超低含量范围。

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

# 权利要求书

1. 一种应用 RH 真空脱气装置精炼高纯度钢的方法，该方法包括：应用含有 0.02-0.1 重量% 的碳, 0.025 重量% 或较少的磷以及 0.002-0.005 重量% 的硫的初炼钢水作为原料，以及如下的步骤：

将在转炉中脱碳后的钢水倒入浇包，在倒入期间或其后，将还原剂加到浇包内钢水表面上，从而进行造渣，将熔渣内的 FeO 和 MnO 的含量调整为 5 重量% 或较低；

将 RH 真空脱气装置装在浇包上，并在真空脱气处理时期的至少一部分时间内，将氧化气体从顶喷喷管喷到被导入 RH 真空脱气装置的真空容器内的钢水面上；

真空脱气处理后，将 Al 加到此钢水面上，将含有至少 50 重量% 的 CaO 的粉状熔剂，以每吨钢水 3 公斤的量从顶喷喷管喷到此钢水面上。

2. 一种权利要求 1 的应用 RH 真空脱气装置精炼高纯度钢的方法，该方法包括应用具有顶喷喷管的 RH 真空脱气装置在浇包中进行钢水脱硫工序，其中包括应用含有 0.02-0.1 重量% 的碳, 0.025 重量% 或较少的磷以及 0.002-0.005 重量% 的硫的初炼钢水作为原料，以及

在浇包内钢水面上存在的熔渣的 T · Fe 含量规定为 10 % 或较少；

将以 CaO 为主要成份并含有 5-40 重量% 的 CaF<sub>2</sub> 和/或 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 的粉状熔剂与一种载气一起以 10 米/秒或更大的流速从顶喷喷管垂直地喷到在真空容器内环流的钢水面上，其喷入量由公式  $\omega / \rho \geq 0.015A$  决定，

式中：  $\omega$  表示主要含 CaO 的粉剂的重量(公斤)，  $\rho$  表示主要含 CaO 的

粉剂的密度(公斤/米<sup>3</sup>),A 表示在钢水表面位置的浇包截面积(米<sup>2</sup>), 数值 0.015 是相应于熔剂层厚度的系数。

3.一种权利要求 1 的应用 RH 真空脱气装置精炼高纯度钢的方法, 该方法包括将一种粉状熔剂与一种载气一起喷到从浇包环流至 RH 真空脱气装置的真空容器的钢水表面上, 而进行钢水脱硫的工序, 其中包括应用含有 0.02-0.1 重量% 的碳, 0.025 重量% 或较少的磷以及 0.002-0.005 重量% 的硫的初炼钢水作为原料, 以及

将浇包内钢水面上熔渣中的 FeO 和 MnO 总含量规定为 5 重量% 或较低,

将浇包钢水中的 Al 含量调整到 0.02 重量% 或较高。

4.根据权利要求 3 所述的方法, 其中, 将粉状熔剂的喷入量规定为每吨钢水 0.2 公斤/分钟。

5.一种权利要求 1 的应用 RH 真空脱气装置精炼高纯度钢的方法, 该方法包括将浇包熔渣的 FeO 和 MnO 的总量调节至 5 重量% 或较少以及将一种气体和脱硫剂从装在真空容器上的顶喷喷管喷到 RH 真空脱气装置的真空容器内的钢水表面上, 而使钢水脱硫的工序, 其中包括应用含有 0.02-0.1 重量% 的碳, 0.025 重量% 或较少的磷以及 0.002-0.005 重量% 的硫的初炼钢水作为原料, 以及以下的步骤:

将氧或氧化气体从顶喷喷管喷到真空容器内的钢水上;

加入 Al 或含 Al 的还原剂; 以及

将主要含 CaO 的粉状熔剂以每吨钢水至少 3 公斤的量, 从顶喷喷管喷入。

6.一种权利要求 1 的应用 RH 真空脱气装置精炼高纯度钢的方法, 该方法包括将浇包熔渣中所含的 FeO 和 MnO 总量调整到 5 重量% 或较少和将一种气体和脱硫剂从装在真空容器的顶喷喷管喷到 RH 真空脱气装置的真空容器内钢水面上, 而使钢水脱硫的工序, 其中包括应

用含有 0.02-0.1 重量% 的碳, 0.025 重量% 或较少的磷以及 0.002-0.005 重量% 的硫的初炼钢水作为原料, 以及如下的步骤:

将主要含 CaO 的粉状熔剂从顶喷喷管以每吨钢水至少 3 公斤的量喷入;

减少留在真空容器内的钢水深度;

由此使喷入的粉状熔剂与钢水一起在真空容器与浇包之间进行环流。

7. 一种权利要求 1 的应用 RH 真空脱气装置精炼高纯度钢的方法, 该方法包括将浇包熔渣中所含的 FeO 和 MnO 总量调整到 5 重量% 或更低和将一种气体和脱硫剂从装在真空容器的顶喷喷管喷到 RH 真空脱气装置的真空容器内的钢水表面上, 而使钢水脱硫的精炼高纯度钢的工序, 其中包括应用含有 0.02-0.1 重量% 的碳, 0.025 重量% 或较少的磷以及 0.002-0.005 重量% 的硫的初炼钢水作为原料, 以及如下的步骤:

将氧气或氧化气体从顶喷喷管喷到真空容器内的钢水表面上;

加入 Al 或含 Al 的还原剂;

将主要含 CaO 的粉状熔剂从顶喷喷管以每吨钢水至少 3 公斤的量喷入;

降低浇包位置使留在真空容器内的钢水深度减少;

由此使喷入的粉状熔剂与钢水一起在浇包与真空容器之间进行环流。

8. 一种权利要求 1 的应用 RH 真空脱气装置精炼高纯度钢的方法, 该方法包括将主要含 CaO 的粉状熔剂与载气一起从顶喷喷管喷到装有此顶喷喷管的 RH 真空脱气装置的真空容器内钢水面上, 而使钢水脱硫的工序, 其中包括应用含有 0.02-0.1 与重量% 的碳, 0.025 重量% 或较少的磷以及 0.002-0.005 重量% 的硫的初炼钢水作为原料, 以

及如下的步骤:

在出钢期间或其后，将还原剂加到钢水面上，由此再形成浇包渣的组合物，使浇包熔渣成分中的 FeO 和 MnO 总含量调整到 5 重量 % 或较少；

在出钢期间或其后，将 CaO 加入浇包内，在 RH 真空脱气处理之前将浇包熔渣成份调整到由下列公式所表示的数值；和

将主要含 CaO 的粉状熔剂从顶喷喷管以每吨钢水至少 3 公斤的量喷入到真空容器内钢水面上，从而完成 RH 真空脱气处理：

$$\text{公式: } W_{\text{CaO}} / (W_{\text{Al}_2\text{O}_3} + 2.5W_{\text{SiO}_2}) \geq 9;$$

式中：  $W_{\text{CaO}}$  是熔渣中 CaO 的含量(重量%);

$W_{\text{Al}_2\text{O}_3}$  是熔渣中  $\text{Al}_2\text{O}_3$  的含量(重量%);

$W_{\text{SiO}_2}$  是熔渣中  $\text{SiO}_2$  的含量(重量%).

96.07.01

## 说 明 书

### 精炼高纯度钢的方法

本发明涉及到钢水的二次精炼，特别涉及到一种使用 RH 真空脱气装置使钢水中杂质(硫、氧、氮、碳)有效地降低到超低范围内的方法。

在钢水二次精炼技术中，有一种向 RH 真空脱气装置的真空容器中加入熔剂进行精炼脱硫的方法。在此法中，将熔剂自由地洒到真空容器中的熔池表面上。因此，为了提高反应速率，必须使用粉状熔剂。这样的处理方法有一大缺点：即加入的熔剂在没到达钢水熔池表面时就被吸入排气系统。为了克服这种使用粉状熔剂的缺点，人们提出了一种使用块状熔剂的方法，但此法降低了反应效率而不适用。

还有人提出一种促进反应的方法，它通过在 RH 真空脱气装置中用浸入式喷咀在提升管下直接将脱硫剂加入钢水中，使钢水和熔剂二者都进行环流。这一技术在 1988 年的“材料和工艺”的第 1.1 卷第 1189 页 (Vol 1.1, pp. 1189) 上公开。这一已知技术的缺点是，浸入式喷咀使用寿命短，操作困难。而且也难于在提升管内精确引导喷入的气体和熔剂，故进行这种作业是困难的。

另外有一种与上述情况不同的脱硫精炼工艺，公开在特开昭 63-114918 的日本专利申请文献中。在此技术中，在 RH 真空脱气装置的一真空容器内壁上设有一与水平方向成 30-50° 角的喷咀，脱硫是对真空容器内钢水熔池表面喷射 1.7-4.0 公斤/吨熔剂来实现的。这种方法缺点是，由于熔剂以倾斜方向喷入熔池表面，使钢水熔池表面对熔剂摄入率变得很低，故有效的脱硫作用由于受到熔池表面上的熔渣的氧化能力的影响而受到阻碍。

在另一日本专利申请特开昭 53-92320 中还公开一种方法，在此法中，通过向 RH 真空容器中的钢水喷入粉状熔剂而进行二次精炼。此法意欲降低钢水中氧的含量，但并不涉及浇包中熔渣成份，这

是脱硫处理中一个十分重要的要求。但这一方法对作为本发明的实质内容，即对脱硫处理是否有效是完全不清楚的。

日本专利申请特开昭 58-9914 公开了一种 VOD 工艺。在此工艺中，脱硫是在减压下，通过使用顶吹式喷枪，向钢水熔池表面喷入与载气混合在一起的粉状熔剂来实现的。然而，此法并未说明如何通过氧化熔渣（浇包熔渣）的作用实现脱硫，把钢水从例如转炉一类的初炼炉注入浇包时，此熔渣会流失。故此工艺是否可用于 RH 真空脱气装置中进行脱硫是有问题的。

另外，超低碳钢的熔炼通常是通过在转炉中完成脱碳，脱硫，然后利用如 RH 真空脱气装置或 DH 装置一类的二次精炼装置进行脱氧、脱碳，使之达到规定含碳量等步骤完成。在这类熔炼方法中，迅速完成脱氧，脱碳而达到低含碳量是很重要的。这也是改善钢质量，防止因非金属夹杂物而出现表面缺陷所要求的。

为了满足上述要求，已提出多种有效完成脱氧操作的方法。例如在“钢与铁”11号 76 卷 1932-1939 页中公开的一种方法，它通过转炉炉渣的还原，防止由于浮在浇包中钢水上的转炉炉渣中的氧化物（铁氧化物、锰氧化物）使钢水再氧化。但在此法中，要迅速测量浮在浇包中钢水面上的转炉炉渣的成份和数量是不可能的，故所述还原是不稳定的。例如，过多加入还原剂时，还原剂与不溶于钢水中的氧反应，这就导致缺少脱碳所需的氧气量，或随着炉渣还原反应产生回磷作用。

此外，已表明，上述基本脱碳作用有时会停止，在超低碳范围内时更是如此。（例如在“材料与方法”第一号，1.3 卷，第 168-171 页中所公开的那样）。

如上所述，在这些现有技术中，并不考虑如何控制从转炉出来的初炼炉渣（浇包渣）的成份和在浇包或在 RH 真空脱气装置的真空容器中产生的二次精炼炉渣的成份，这样，使之不能完成有效的脱硫和脱氧。

例如，公开在日本专利申请特开昭 53-92320 和昭 63-114918 的上述传统方法，就有关于喷入可脱硫和脱碳的熔剂构想。但它们根

本上没涉及浇包熔渣的成份。另外，日本专利申请特开昭 58-9914 公开的方法中，发表了有关这种熔渣成份的说明书。但此说明书对于 RH 真空脱气装置的操作并没进行阐述，而是对 VOD 方法作出描述，在所述 VOD 法中，把熔渣与钢水一起剧烈搅拌。这是一种关于调整熔渣碱度的解决方案，故不可能同样地用于 RH 真空脱气处理中。

与传统方法所遇到的问题不同，在熔炼超低硫钢中通常遇到下列问题。一般说，在实现脱硫使之达到超低硫情况中，需增加粉状熔剂的喷入量和喷入时间，并且由于粉状熔剂引起的温度下降，要通过提高钢水温度补偿。但是，如出炉温度升高，则转炉内耐火材料的使用寿命就短。不用说，确有一种边补偿 RH 真空脱气处理中的温度，边进行脱硫的方法已进行试验，但这种方法尚未完成。

在通过把粉状熔剂喷入 RH 真空脱气装置中的钢水上而实现脱硫的情况下，还存在其它的问题。粉状熔剂能随着钢水的液流一起在真空容器与浇包之间环流，并且最后在浇包中可被钢水捕获是符合希望的。但在真空容器中，粉状熔剂总是以漂浮状态浮在钢水上，故在实际流动时粉状熔剂不随之流动。上述传统方法到目前尚未解决这一问题。

本发明的目的是克服上述传统方法中的缺点，建立一种在短时间内，进行有效的脱硫，脱氧，又不使钢水污染的精炼超低含硫，超低含氧的钢的方法。

本发明另一目的，是克服上述精炼超低碳钢传统方法的缺点，即由于在超低碳含量范围内的停止脱碳而引致阻碍脱碳作用，以及阻碍高精炼作用等缺点。

换言之，本发明企图有效地获得超低脱碳同时兼可完成高纯度钢的熔炼。本发明的上述目的可通过提供一种超低碳钢熔炼工艺来达到。本发明的工艺包括下列步骤：将还原剂和脱硫、脱氧熔剂加到盛有脱过碳的钢水包中的钢水上，以调整钢水上形成的熔渣成份，利用 RH 真空脱气装置，有效的将钢水中杂质（硫、氧、氮和碳）降低到超低范围。

更具体地说，本发明提供一种具有下列步骤的高纯度钢的精炼方法，将来自高炉的铁水中的含硫量和含磷量分别降低到 0.01 重量% 或更少和 0.05 重量% 或更少的预精炼工序；在转炉中对预精炼过的铁水进行脱碳的工序，使其含碳量为 0.02 – 0.1 重量%；在盛有脱碳处理过的钢水的浇包内的钢水上加入还原剂和熔剂，由此而调整钢水上形成的熔渣成份，使 FeO 和 MnO 总含量为 5 重量% 或更少；将氧化气体喷到由浇包倒进 RH 真空脱气装置中的真空容器内的钢水上，由此而调整钢水中含氧量及钢水温度，并喷入含氢的粉剂，将钢水中含碳量调整到一预定范围；把脱氧剂加入真空容器中，使钢水脱氧的工序。

另外，本发明还提供一种高纯度钢的精炼方法：它在浇包内用具有顶喷射喷咀的 RH 真空脱气装置进行钢水脱硫处理，其中，在浇包内钢水上的熔渣 T. Fe 的含量规定为 10% 或更少，将含有以 CaO 作主要成分，和 5% – 40 重量% 的 CaF<sub>2</sub> 和 / 或 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 的粉状熔剂与载气一起垂直的喷入到在真空容器内流动的钢水表面上，从顶喷喷咀喷出的速度为每秒 10 米或更多，喷出量由下式决定：

$$\omega / \rho \geq 0.015A$$

其中： $\omega$  是主要含有 CaO 的粉剂的重量(公斤)

$\rho$  是主要含有 CaO 的该粉剂的密度(公斤 / 米<sup>3</sup>)，

A 是在钢水表面处的浇包截面积(米<sup>2</sup>)，

0.015 是与熔渣层厚度相当的系数。

附图说明如下。

图 1 是本发明的一实施例的方框流程图。

图 2 是在 RH 处理后，钢水中的 FeO + MnO 总量与总含氧量间的关系图。

图 3 是典型的 RH 处理装置的视图。

图 4 是在 RH 处理后，钢水中总含氧量与熔剂量间的关系图。

图 5 是展示喷射氧化气体对钢水温度影响的图。

图 6 是在 RH 处理后，各种处理与其总含氧量间的关系图。

图 7 是 RH 真空脱气装置的垂直剖视图。

图 8 是典型的 RH 脱气处理装置视图。

图 9 是展示  $\text{FeO} + \text{MnO}$  与脱硫率之间关系的图。

图 10 是展示粉状熔渣的喷射速率与脱硫率之间关系的图。

图 11 是表示使用的熔剂量与脱硫率之间关系的图。

图 12 是说明在改变钢水深度时粉料被裹入状态的剖视图。

图 13 是说明在改变钢水深度时粉料被裹入状态的剖视图。

图 14 是脱硫率随熔渣成份变化的图。

图 15 是说明熔剂单位需要量与脱硫率的关系图。

下面将结合图 1 所示实施例的流程图，详细说明本发明。

### (1) 铁水预炼工序

作为铁水预炼工序，首先，对来自高炉的铁水进行脱硫脱磷。也就是说，通过这一预炼工序可以降低整个熔炼过程中，如  $\text{CaO}$  一类辅助原料的单位需要量。并且，通过预炼工序，由转炉吹炼所产生的熔渣中的  $\text{P}_2\text{O}_5$  也可被减少，借此，在如造渣和 RH 真空脱气处理那样的二次精炼处理中的  $\text{P}_2\text{O}_5$  还原过程中，消除了回磷入钢水中的担心。

### (2) 转变工序

在转炉中主要进行脱碳处理。在停炉时，碳的含量规定为 0.02 - 0.1%。在含碳量低于 0.02% 时，会产生下列问题：一般来说，使熔渣中氧化铁含量过高，这导致对转炉耐火材料炉衬产生不良影响；使造渣不稳定；甚至在紧接着的真空脱气处理中从顶喷喷咀将  $\text{CaO}$  或类似物喷入时，会使  $\text{CaO}$  与熔渣成分如  $\text{FeO}$  之间的成渣的速度加快，由此发生因这种渣引起的再氧化，这就阻碍有效的脱氧进程。从另一方面看，当含碳量高于 0.1% 时，在紧接的 RH 真空脱气处理的脱碳时，使氧量过低，这导致不能快速脱碳。另外，在脱碳过程中到达一低的含碳量范围时，再次出现很小程度的脱磷。

### (3) 造渣工序

将脱碳后的钢水倒进浇包，造渣便在此钢水包中进行。在此基本上是调整熔渣成份，使

$\text{FeO} + \text{MnO} \leq 5\%$ , 从而避免由熔渣引起的再氧化。

图 2 表示 RH 真空脱气处理后,  $\text{FeO}$  与  $\text{MnO}$  的总含量与含氧量间的关系。如图 2 所示, 在  $\text{FeO}$  与  $\text{MnO}$  的含量大于 5% 时, RH 真空脱气处理后的含氧量迅速增加。原因是渣中的  $\text{FeO}$  和  $\text{MnO}$  与含有 50% 或更多的  $\text{CaO}$  的粉状熔剂间的成渣过程迅速进行, 这阻碍了熔剂在熔渣一金属界面上的屏蔽作用, 从而促进再氧化。

#### (4) RH 真空脱气处理工序

在 RH 真空脱气处理工序中, 将上述的钢水含碳量和含氧量调整到要求值。也就是说, 根据在上述处理中达到的含碳量、已溶解的氧含量和钢水温度, 将氧气或含氧的氧化气体, 从装在真空容器中的顶喷射喷咀喷到 RH 真空脱气装置的真空容器内钢水上。在缺少溶解的氧含量时, 喷入的氧气便变成钢水中的氧源, 从而加快脱碳速率。一部分氧气燃烧脱碳中产生的  $\text{CO}$ , 使之转变为  $\text{CO}_2$ , 并将这种燃烧热传送到钢水中。通过输入氧化气体, 便可控制钢水的处理温度和其含氧量以便经受 RH 真空脱气处理, 并可消除在上述转炉工序和造渣工序对成份和温度严格控制的工作。

另外, 为了脱碳到超低碳范围, 将含氢粉末, 例如  $\text{Ca(OH)}_2$ ,  $\text{Mg(OH)}_2$ 、明矾或其类似物, 从顶喷射喷咀喷到真空容器内的钢水表面上。例如在喷入  $\text{Ca(OH)}_2$  的情况下, 由反应  $\text{Ca(OH)}_2 \rightarrow \text{CaO} + 2\text{H} + \text{O}$  产生的氢原子, 在钢水表面附近区域内转为氢分子 ( $2\text{H} \rightarrow \text{H}_2$ )。此时, 反应界面同步地扩大, 这样便促进脱碳反应  $\text{C} + \text{O} \rightarrow \text{CO}$ 。因此, 便可消除在超低碳范围内产生的脱碳作用的中断现象。于是, 含碳量迅速下降到精炼规定值。

钢水被调整到规定的超低碳含量后, 接着便通过在真空容器内加入如 Al 那样的还原剂以进行脱氧, 这样便使钢水成份进一步得到调整, 从而得到所希望的超低碳钢。

下面结合图 3 介绍另一种 RH 处理方法。首先, 在从转炉倒出钢水时, 或在装有钢水的浇包 10 中对熔渣成份进行调整。之后, 将一 RH 真空脱气装置装在浇包 10 上, 在进行 RH 真空脱气处理一个周

期的至少一部分时间内，将氧或含氧气的氧化气体，从装于真空容器 18 上的顶喷的喷咀 20 喷到 RH 真空脱气装置的真空容器 18 中的钢水上。完成 RH 真空脱气处理后，接着就加 A1，然后，将含有 50% 或更多 CaO 的粉状溶剂 22，以每吨钢水 3 公斤的量，从上面的顶喷的喷咀 20 喷到钢水上。

在上述处理中，由于将氧化气体从顶喷的喷咀喷到真空容器中的钢水上，故可使钢水温度提高，因此，在 RH 真空处理中加入大量的熔剂后，使钢水倒入浇包前不明显提高钢水温度是可能的。熔剂能提高钢水中非金属杂质的漂浮功能，故有可能精炼出有高纯度的超低碳钢。

将含有 50% 或更多 CaO 的粉状熔剂，以每吨钢水 3 公斤数量喷入的原因是，这种熔剂对熔渣—金属界面具有良好屏蔽作用。当喷入熔剂少于每吨钢水 3 公斤时，产生的问题是氧含量在 RH 真空脱气处理后没有下降。

另外，由于氧化气体或熔剂是从顶喷的喷咀喷入的，故在停止喷入时，无需供给清洗气体，这与使用浸入式喷咀不同。因此，可使 RH 真空脱气处理中温度下降的程度抑制到最小。

见图 7，介绍一种在低氧化能力下有效的进行脱硫的方法。在此法中，将由 RH 真空容器内钢水表面处的浇包截面积所决定的、一定需要量的主要含 CaO 的粉状溶剂，从顶喷的喷咀喷入。

图 7 所示，RH 真空脱气处理按以下方法进行：将二个设在真空容器 36 底面的浸入式管 46 和 48 浸入浇包 30 内的钢水 32 中。在经设在真空容器上部的抽气孔 34 进行抽气时，浇包 30 中钢水 32 便升高，同时，将氩气喷到正在进行升高的浸入式管 46 的上方。这样，钢水便因升高作用而在真空容器 36 和浇包 30 间循环流动，从而使脱气处理得以实现。

根据本发明，在上述 RH 处理中，顶喷喷咀 38 可下降到真空容器 36 内部，并使之面对钢水 32。从顶喷喷咀边缘 38 的导向边喷出的，主要含 CaO 的熔剂就与氩气那样的载气，一起以每秒 10 米或更高的流速喷到钢水上。使载气具有每秒 10 米或更大的流速的原因如

下，一般说，如流速小于 10 米/秒，熔剂 40 就不能有效的渗入钢水 32 中，如流速大于 10 米/秒，即使是微细的粉状熔剂（如小于 325 目）也不会被吸到真空排出口 34，并可有效渗入钢水中。

有时，仅靠喷入一规定数量的熔剂 40 并不能达到有效的脱硫作用。最基本要求是，应根据浇包相应截面积喷入一定数量的熔剂 40。换句话说，喷入到钢水 32 上的熔剂 40 和具有高氧化性能的浇包熔渣 42，一定要具有使钢水 32 对浇包熔渣 42 的良好屏蔽作用，以减少反应界面上的氧化能力。

因此，即使钢水量相同，如果浇包相应截面积变小，那么，熔剂量也可减少。反之，如浇包相应截面积变大，则必须增加熔剂量。

本发明人经过认真的研究发现，在熔剂量与浇包截面积间如满足关系  $\omega / \rho \geq 0.015A$ ，则脱硫处理可进行到超低硫量水平。式中：

$\omega$  是主要含有 CaO 的粉剂的量(公斤)，

$\rho$  是主要含有 CaO 的粉剂的密度(公斤/厘米<sup>3</sup>)

A 是在钢水表面处的浇包截面积,(米<sup>2</sup>)

0.015 是表示熔剂层厚度的系数。

此外，作为有高氧化势的钢包渣的组分最好在全铁小于 10% 的范围内。本发明的过程中已发现，熔渣成份(T. Fe%) > 10%，则熔剂在熔渣与金属间无良好的屏蔽作用。在此，CaF<sub>2</sub> 和/或 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 相对熔剂总重量所占的比例规定为 5 - 40 重量%。这样规定的原因是促进主要成份 CaO 的成渣而改善脱硫率。

下面介绍将主要含有 CaO 的粉状熔剂喷入 RH 真空脱气装置的真空容器内钢水中的情况。

粉状熔剂喷入 RH 真空脱气装置的真空容器内的钢水中后，粉状溶剂与钢水中的硫起反应，并部分形成 CaS。形成的 CaS 浮在钢水中，然后，漂浮在浇包中的钢水表面上，从而进行脱硫。并且，没有参加反应的熔剂也浮在钢水上，其情况和 CaS 一样。钢水表面上的熔渣含有 CaS。其时，当熔渣的氧化程度高时，即 (FeO + MnO) % 高时，可认为 CaS 又被分解，并且，其中的 [S] 又回到钢水内，由此使脱硫

作用停止，因此，对熔渣成份的调整可有效地改善脱硫效率。

而且，在上述过程中，当所用的粉状熔剂量固定不变时，为了提高脱硫效率，可将粉状熔剂喷到真空器中钢水上的喷射速度提高。本发明已查明，在改变将粉状熔剂 ( $\text{CaO} + 20\% \text{CaF}_2$ : 4 公斤/吨) 喷入到RH 真空脱气装置的真空容器内钢水上的流速时的脱硫速率。其结果如图 10 所示，喷入速度最好是每分钟每吨钢水喷入 0.2 公斤或更多一些熔剂。

喷入粉状熔剂的速率大小影响脱硫率的原因如下：一般说，悬浮在真空容器内钢水中的熔剂又返回到浇包中，并浮在钢水面上。漂浮的熔剂可能以一种层状结构沉积。此沉积层厚度的增长速率与喷入粉状熔剂的速率成正比，并且，此沉积层与钢水上的熔渣起反应，熔渣中的  $\text{FeO} + \text{MnO}$  弥漫到熔剂中，从而使熔剂易于与熔渣混为一体。因此，成层的熔剂增长速率大，与含有  $\text{FeO} + \text{MnO}$  的氧化熔渣混为一体的趋势，超过熔剂沉积层的增长率，从而使漂浮熔剂的氧化程度增加，并使熔剂中  $\text{CaS}$  在氧化环境中被分解。于是， $[\text{S}]$  便再次进入钢水中，从而，降低了脱硫率。

另一方面，熔剂沉积层增长率大到足以超过与熔渣混合的趋势时， $\text{FeO} + \text{MnO}$  就分别弥漫并穿过一部分熔剂层，其结果是，在与钢水接触界面附近的熔剂的成份不变。故， $\text{CaS}$  便不会分解，脱硫率也不下降。另外，应根据设备大小，例如根据浇包面积大小而改变粉状熔剂合适的喷入速度范围。但，如图 10 所示，100 吨和 250 吨浇包之间不存在实质性区别，故，在工业规模的操作中，可以每吨钢水喷入 0.2 公斤或更多一些熔剂的速率来喷入粉状熔剂。

下面结合图 12 和 13 描述在 RH 脱气中，当对钢水喷入氧气或氧化气体时，向钢水中加入铝或含铝还原剂的方法。首先，在 RH 真空脱气处理开始时，在顶喷喷咀 78 喷入氧气或氧化气体时，通过向钢水加入铝或含铝还原剂来提高钢水温度。上述处理，不必提高出炉温度便可在 RH 真空脱气期间使钢水温度提高变为可能。故，也就确保脱硫率效率。由于  $\text{Al}$  与氧气一起加入钢水中，故由顶喷喷咀 78

喷入熔剂 80 所引起的温度下降能得到补偿。另外与氧气一起加入的铝量由下面化学上正确的混合比率决定:  $2\text{Al} + 3/2\text{O}_2 \rightarrow \text{Al}_2\text{O}_3$ 。

这样, 在喷入用于 RH 真空脱气处理和脱硫的 CaO 一类粉状熔剂之前, 由于借助上述对钢水喷入氧气和加入 Al 而提高钢水温度; 故, RH 真空脱气处理不再受到前面处理过程 (转炉的转变) 的影响, 而且改善了脱硫率。

作为另一方式, 还附有一种在上述喷入 CaO 期间降低真空容器内钢水深度的方法。本发明人作的水模试验结果表明, 在将比重比水小的粉状熔剂 (平均颗粒大小为  $\phi 0.5$  毫米) 喷入钢水上的情况, 如钢水深度愈小, 则环流并穿入浇包内钢水中的熔剂的比例愈大。

如图 13 所示, 由于减小钢水深度, CaO 粉剂也在浇包 70 内环流而不停留在真空容器中, 结果可以预期有可与钢水深度较大的图 12 所示情况相比的有效脱硫率,

通常, 在 CaO 粉剂与钢水中 [S] 之间会产生反应,  $\text{CaO} + \underline{\text{S}} \rightarrow \text{CaS} + \text{O}$ 。因此, 通过将喷入的 CaO 粉剂与和它接触的钢水一起环流时间的延长, 可提高此反应的效率。相反, 当 CaO 粉剂保留在真空容器 76 内的钢水表面 88 上, 由于反应界面面积减小, 脱硫效率下降似乎 是合理的。

因此, 借助加入氧气, 氧化气体和 Al 而使钢水温度升高, 并减少真空容器内钢水深度和从顶喷喷入 CaO 等各种处理的结合, 可明显地改善 CaO 的反应效率。故, 为达到充足的脱硫效率, 喷入的 CaO 量应为每吨 1 公斤, 最好每吨大于 1 公斤。

另外, 在同时满足上述增加钢水温度, 减小钢水深度和喷入 CaO 粉剂等处理方法的条件下进行了试验, 试验结果表明有更优异的脱硫效率。

另外, 在探索进一步脱硫方法过程中, 本发明人发现一事实, 即如果控制熔渣中的 MnO 和 FeO 的含量, 使其降低, 有时, 会出现脱硫率有很大变化。

同时本发明人对控制成份进行试验, 发现在 CaO,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  和  $\text{SiO}_2$

的成份比满足公式，

$$W_{\text{CaO}} / (W_{\text{Al}_2\text{O}_3} + 2.5 W_{\text{SiO}_2}) \geq 0.9$$
 的条件下

脱硫可迅速进行直达到超低硫含量范围。

式中:  $W_{\text{CaO}}$  是熔渣中  $\text{CaO}$  的重量百分比含量，

$W_{\text{Al}_2\text{O}_3}$  是熔渣中  $\text{Al}_2\text{O}_3$  的重量百分比含量，

$W_{\text{SiO}_2}$  是熔渣中  $\text{SiO}_2$  的重量百分比含量。

换句话说，在浇包熔渣的成份比不在上述公式范围条件下，即在...不符合需要条件下，即使喷入 RH 真空脱气装置的真空容器内钢水...上的熔剂具有高的脱硫功能，并且  $\text{CaS}$  是通过在  $\text{CaO}$  和在钢水中的 [S] 之间的反应而产生的，当漂浮的熔剂颗粒与浇包熔渣接触时，所产生的  $\text{CaS}$  不能保持原状，而 [S] 又会被释放进入钢水中，结果，脱硫率下降。

如上所述，在进行 RH 真空除气处理之前，校正浇包熔的成份是重要的。

通常，在 RH 真空除气处理期间，配置在真空器上部的顶吹喷咀，沿真空容器内部下降，并将主要含有  $\text{CaO}$  的粉状熔剂与氩气一类的载气喷至钢液表面，使之与钢液中的硫起反应。喷入的粉状熔剂中的一部分变成  $\text{CaS}$ ，同时粉状溶剂必然浮在处于浇包上部的熔渣层上，因此促进脱硫反应。

参阅下列实施例，更清楚理解本发明。

实施例 1。

根据图 1 所示的工艺流程来实施本发明。

(1) 铁水预炼工序

将 300 吨铁水，从高炉中倒入鱼雷车上。然后，将熔剂从浸入式喷咀喷到铁水上而进行脱磷和脱硫。与此同时排除脱磷炉渣。在上述过程中，将 25 - 35 公斤/吨的氧化铁，8 - 15 公斤/吨的生石灰和 1 - 2 公斤/吨的  $\text{CaF}_2$  用作脱磷熔剂。同时，将 6 - 8 公斤/吨的  $(30\% \text{CaO} + 70\% \text{CaCO}_3)$  用作脱硫熔剂。在铁水预炼过程中，铁水含

96·07·03

磷量从 0.11 - 0.12 % 下降到 0.035 - 0.05 %，含硫量从 0.02 - 0.03% 下降到 0.005 - 0.009% (上述百分比均以重量计)。

#### (2) 转变工序

将预处理过的 300 吨铁水倒入顶 - 底复吹的转炉中进行吹炼。吹炼后的钢水含碳量为 0.02-0.10% (重量)，其温度为 1610-1630 °C。而且，顶吹氧气的流速为  $700 \text{Nm}^3/\text{min}$  (标准米<sup>3</sup>/分)，底吹惰性气体的流速为  $20-30 \text{Nm}^3/\text{分}$ 。

#### (3) 重新造渣工序

在将钢水从上述转炉倒入浇包中时，为了调整铺置于浇包中钢水上熔渣中的 MnO 和 FeO 的总含量到 1.3-5.0% (重量)，将以 CaO 作为主要成份并含有 40% (重量) Al 的熔剂，以每吨钢水 1.3-1.5 公斤的熔剂量加到钢水上。此时，钢水中含氧量为 100 - 500 ppm，钢水温度为 1590 - 1610 °C。

#### (4) RH 真空脱气处理工序

从开始 RH 真空脱气处理起 2 分钟后，将自真容器的顶部向底部垂直插入的水冷喷管固定安装，其安装位置使其前端离钢水表面距离为 1.5 - 2.0 米。将 O<sub>2</sub> 以  $30-50 \text{Nm}^3/\text{min}$  的速度从上述喷管中喷到钢水上，并使含氧量在喷氧后，为 500 - 600 ppm，钢水温度为 1595 - 1610 °C。

喷氧气后，将 Ca(OH)<sub>2</sub> 的粉剂与载气氩气 ( $2-3 \text{Nm}^3/\text{min}$ ) 一起，以 30 - 60 公斤/分的速度通过从上述置于离钢水面 1.5 - 1.8 米的喷管喷入。从而，将碳和氧气含量分别调整到 5 - 7 ppm 和 450 - 550 ppm。

再将还原剂 A1 以 1.2 - 1.4 公斤/吨的量加入钢水中，然后，对钢水进行 8 - 10 分钟脱气处理，于是便完成 RH 真空脱气处理过程。

处理后钢水成份是：C: 5-7 ppm, Al: 0.03-0.04% (重量), P: 0.024-0.030% (重量)，和 S: 0.004-0.008% (重量)。钢水温度为 1570-1580 °C。

还做了这种处理的比较实例，在这些试验中，上述连续处理过程

中的一部分已略去，或用本发明的处理方法中不用的那些处理方法。所得到钢水成份进行检验，其结果与按本实施例所得结果，一起列于表 1 中。

表

1

铁水脱磷与 脱磷过程	脱磷过程	重新造渣过程	RH处理过程		成份
			顶喷入O <sub>2</sub>	顶喷入Ca(OH) <sub>2</sub>	
[P]≤0.05 [S]≤0.01	0.02≤[C]≤0.1	(FeO+MnO)≤5(%)	有	有	C/5-7ppm, O/15-23ppm, P/0.024-0.03%, S/0.004-0.008%
[P]≤0.06 [S]≤0.01	[C]=0.07	(FeO+MnO)≤4.5(%)	有	有	C/7ppm, O/20ppm, P/0.046%, S/0.008%
[P]≤0.041 [S]≤0.013	[C]=0.04	(FeO+MnO)≤3.5(%)	有	有	C/6ppm, O/21ppm, P/0.028%, S/0.011%
[P]≤0.04 [S]≤0.008	[C]=0.01	(FeO+MnO)≤7.0(%)	有	有	C/7ppm, O/33ppm, P/0.024%, S/0.007%
[P]≤0.0037 [S]≤0.006	[C]=0.14	(FeO+MnO)≤2.1(%)	有	有	C/14ppm, O/17ppm, P/0.031%, S/0.005%
[P]≤0.046 [S]≤0.007	[C]=0.08	(FeO+MnO)≤6.3(%)	有	有	C/7ppm, O/29ppm, P/0.029%, S/0.007%
[P]≤0.0036 [S]≤0.006	[C]=0.05	(FeO+MnO)≤3.8(%)	无	有	C/25ppm, O/40ppm, P/0.021%, S/0.005%
[P]≤0.031 [S]≤0.005	[C]=0.06	(FeO+MnO)≤2.9(%)	有	无	C/29ppm, O/41ppm, P/0.028%, S/0.005%

## 实施例 2

在转炉中吹炼铁水。吹炼后的钢水含碳量为 0.03-0.05% (重量), 钢水温度为 1636 - 1650°C。将 280 吨钢水倒入浇包, 然后将以氧化铝作主要成份并含 Al 量为 40% 的还原剂加入到流进浇包的转炉熔渣, 以调整熔渣中含 FeO + MnO 总量到 5% 或更低些。

接着, 如图 3 所示, 将 RH 真空脱气装置的浸入式管 12 插入浇包 10 中的钢水 14 内, 并在排气口 16 进行排气时, 将钢水 14 引入真空容器 18 中。然后, 将氩气从浸入管口 12 喷入钢水内, 从而借助抽吸提升作用使钢水环流而进行脱气处理。从开始 RH 真空脱气处理起 2 分钟后, 就将 120 - 280Nm<sup>3</sup> 的氧气以 35Nm<sup>3</sup>/min 的速率, 从垂直地自顶向底插入的真空器的顶喷式喷管 20 喷入。从开始 RH 真空脱气处理后 20 分钟, 进行脱碳, 然后, 通过加入 Al 将钢水中的含 Al 量调整到  $50 \times 10^{-3}\%$  而进行脱氧。脱氧后, 将 CaO 粉剂 22 以 100 - 150 公斤/分的喷入速率与载气的氩气一起从进一步下降的喷管 20 中喷入钢水。在喷入 CaO 粉剂后以 3 - 5 分钟, 使钢水环流, 从而完成 RH 处理。

图 4 表示加入粉状熔剂量与 RH 处理后的钢水含氧总量的关系。如图所示, 由于加入的 CaO 粉剂低于 3 公斤/吨时, 钢水中含氧总量不下降, 故, 为了稳定地熔炼含氧总量为 15ppm 或更低的高纯度钢, 要求每吨钢水中加入 3 公斤或更多一些熔剂。

另外, 在 RH 处理时, 由于从顶喷式喷管喷入氧气, 故在开始 RH 处理前可大量 加入熔剂也不会使钢水温度明显下降。

图 5 表示, 在喷入 180Nm<sup>3</sup> 氧气后, 又给每吨钢水以顶喷方式加入 3.3 公斤熔剂, 或没有顶喷氧气, 而给每吨钢水顶喷式喷入 2.5 公斤熔剂情况下, 在脱碳期间的钢水温度的变化情况。又从图 5 看到, 由于在喷入熔剂前以顶喷方式喷入氧气, 真空容器内钢水温度会因沸腾处理期间产生二次燃烧而上升, 从而减小该处理过程中的温度下降率。如果在 RH 处理之前钢水的温度与上述情况相似时, 不喷氧

96.07.03

气，则钢水的温度就会下降，于是熔剂的总量也就减少。

为了与调整浇包熔渣成份的情况和喷入熔剂情况相比较，作了二个比较例，其一仅调整浇包熔渣成份到  $(FeO + MnO) \leq 5\%$ ，另一试样仅给每吨钢水喷入 3 公斤熔剂。在每一比较例中得到 RH 处理后钢水含氧总量。其结果示于图 6。从图 6 中可看到，只有按本发明各种处理综合进行，才可得到高纯度起低碳钢。

另外，将 CaO 粉剂用于此例中时，只要至少含有 50% (重量) 的 CaO，则此粉状熔渣就可得到所要求的满意结果，因此，还可含有 MgO，或 CaO 以外的类似物。

### 实施例 3

把 240 - 300 吨钢水从转炉倒入浇包，在倒入期间将 2500 - 3500 公斤熔化的炉渣流入浇包。

倒入浇包的钢水成份为 C: 0.04 - 0.06%，Si: 0.15 - 0.25%，Al: 0.03 - 0.04% 和 S: 0.003 - 0.004 (上述百分比均以重量计)。

熔渣成份为：CaO: 40 - 50%， $SiO_2$ : 12 - 18%，T. Fe: 7 - 11% 和  $Al_2O_3$ : 15 - 20% (上述百分比均以重量计)。

将上述钢水进行 RH 处理，处理时间为 20 分钟，真空度为 0.4 - 0.5 毛 (Torr)。

作为比较炉次，试了几种方法：(1) 减少喷入的粉剂量，(2) 将粉剂添加入真空容器中。

并且，将粉剂喷入真空容器用的载气的流速为  $3 - 6 Nm^3/min$ ，可使用单孔型或 Laval 型顶喷喷管，表 2 表示操作实例和比较实例。

下面对操作实例与比较实例进行介绍。如表 2 所示，根据本发明，将以 CaO 为主要成份并含有 5-40% (重量) 的  $CaF_2$ ,  $Al_2O_3$  或  $CaF_2$  和  $Al_2O_3$  的混合物的熔剂，喷入在 RH 真空容器内环流的钢水上，使之满足关系式  $\omega / (\rho \cdot A) \geq 0.015$ ，结果含硫量很容易就达到百万分之几即 ppm 的水平。

相反，在与操作实例 3-2 具有可比性的比较实例 3-1 到 3-3 中可以看到，在不满足本发明要求情况下，即在  $\omega / (\rho \cdot A) < 0.015$

情况下，不论用多少熔剂，均不可能脱硫到超低硫量范围内。在与操作实例3-3具有可比性的比较实例3-4中，即在这合成的熔剂成份不满足本发明要求情况下，无论加多少熔剂超低含硫量钢是不可能得到的。另外，在比较实例3-5中，熔剂不是通过顶喷喷入而是以自由落下形式进入真空容器内的，由于没有满足本发明的要求。故而不能得到超低含硫量的钢。

表

2

操作实例	熔剂装入情况	合成熔剂成份(%)	合成熔剂量W (公斤)	喷入速率 (公斤/分)	处理钢水		浇包截面 积A(米 <sup>2</sup> )	$\alpha_1/\rho \cdot A$	处理后含磷量(百万分之几)
					数量(吨)	含磷量(百 万分之几) (%)			
3-1	喷入真空窑	CaO/80, CaF <sub>2</sub> /20	670	100	240	30	7.2	10.5	0.02
3-2	喷入真空窑	CaO/60, CaF <sub>2</sub> /40	500	80	270	28	9.8	10.5	0.015
3-3	喷入真空窑	CaO/95, CaF <sub>2</sub> /5	1200	120	240	32	9.4	12.5	0.03
3-4	喷入真空窑	CaO/70, Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> /30 CaF <sub>2</sub> /10	630	70	300	38	9.5	12.5	0.015
3-5	喷入真空窑	CaO/60, Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> /40	1310	110	270	30	8.8	15.0	0.025
3-6	喷入真空窑	CaO/80, Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> /20	760	90	240	35	9.0	15.0	0.015
比较实例	喷入真空窑	CaO/60, CaF <sub>2</sub> /40	620	80	240	26	8.9	15.0	0.013
3-2	喷入真空窑	CaO/60, CaF <sub>2</sub> /40	400	80	270	25	8.1	10.5	0.012
3-3	喷入真空窑	CaO/70, Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> /20 CaF <sub>2</sub> /10	500	90	270	30	10.1	15.0	0.010
3-4	喷入真空窑	CaO/100	800	100	240	30	9.1	12.5	0.020
3-5	从顶加入	CaO/60, CaF <sub>2</sub> /40	960	-	240	28	8.5	15.0	0.02

96·07·03

#### 实施例 4

将铁水从高炉中倒出后，将其含磷量和含硫量分别调整到 0.036-0.048%(重量)和 0.002-0.003%(重量)然后，在顶底复吹转炉中将铁水吹炼，然后把约 260 吨钢水倒入浇包中。在倒入浇包时，将 FeSi 合金，FeMn 合金和 Al 加入钢水中，使浇包中钢水成份调整到：C: 0.11-0.13%(重量)，Mn: 1.2-1.3%(重量)，Si: 0.35-0.38%(重量)，Al: 0.025-0.053%(重量)，S: 0.003-0.004%(重量)，和 P: 0.021-0.025%(重量)。并且，为了降低浇包内钢水上熔渣中的 FeO 及 MnO 的重量百分含量，将含有作为主要成分 CaO 和 40%(重量)Al 的熔剂，每吨钢水 1.5 公斤的数量加入浇包中，从而使熔渣中所含 FeO 和 MnO 总量调整到 5% 或更低。

接着，用图 8 所示 RH 真空脱气装置进行处理。从开始 RH 真空脱气处理起，一到达 2 分钟，便将自顶向底垂直插入真空容器的一水冷喷管固定在真空容器上，其固定位置使喷管的前端距钢水表面约 1.5-2.0 米。然后，将含有 20%(重量)CaF<sub>2</sub> 的 CaO 粉剂(平均颗粒为 68 微米)与载气氩气一起，以每吨钢水每分钟 0.2-0.5 公斤的速率喷入浇包中，喷入时间为 15-25 分钟。然后，再加入用于调整钢水成分的合金，随即对钢水进行脱气处理 5-12 分钟，于是完成 RH 脱气处理。

将上述处理重复进行约 10 次，根据每次处理前、后的含硫量的改变可得出脱硫率。图 11 表示上述脱硫率与每吨钢水所用熔剂量之间的关系。另外，脱硫率还可根据公式计算，公式：

$$1 - [\% \text{S}]_f / [\% \text{S}]_i \times 100,$$

式中  $[\% \text{S}]_f$  是处理前含硫量

$[\% \text{S}]_i$  是处理后含硫量

如图 11 所示，根据本发明的方法，可获得高脱硫率。另外。虽通过上述处理，使熔渣中的 FeO 和 MnO 的含量得到降低，但也使钢水含磷量在其允许范围 0.001-0.002%(重量)内增高。

96·07·00

### 实施例 5

将 270 - 300 吨钢水从转炉倒入浇包中，此时钢水成份是：C: 0.04 - 0.05%，Si: 0.25 - 0.35%，Mn: 0.8 - 1.0%，P: 0.007% 或更小，Al: 0.02 - 0.04%，和 S: 0.002 - 0.004%（上述百分比均以重量计）。

流入浇包中的熔渣，通过向其加入含 Al 还原剂而进行造渣处理。造渣处理后熔渣成份是：CaO: 40-50%（重量），SiO<sub>2</sub>: 10-17%（重量），Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>: 18-23%（重量）和(FeO+MnO): 0.5-5.0%（重量）。造渣处理后的熔渣量约为 2500-3500 公斤。

浇包中重新造渣的成份在上述调整后，对具有上述成份的钢水进行 RH 真空脱气处理。真空处理时间为 20 - 25 分钟，真空度为 0.4 - 1.0 毫。从顶喷喷咀 6 喷入的氧气的喷入速率为 30 - 60Nm<sup>3</sup>/min。在喷入 CaO 粉剂时，使载气氩气以 3 - 5Nm<sup>3</sup>/min 喷入速率与其一起喷入。另外，顶喷喷咀与钢水表面距离约为 1.0 - 2.5 米。

这种操作实例与比较实例的结果表示于表 3 中。如表 3 所示，在表 3 中的操作实例 5-1 到 5-11 中，处理后含硫量易达到低于 10 ppm 水平。从另一方面说，如在比较实例 5-2 中所示，在以顶喷喷入的氧气量改变时，及通过上下移动浇包，使钢水深度改变时，在主要含量为 CaO 的粉剂喷入量少于每吨钢水 1 公斤条件下，并没有使脱硫率发生明显变好的效果。并且，在如比较实例 5-1 和 5-3 所示，在钢水深度恒定不变时，而且，也不是采用顶喷喷入氧气时，在喷入的含 CaO 粉剂是每吨钢水 1 公斤或更多时，含硫量不能达到低于 10 ppm 的超低含量水平，这种结果显示了本发明的特殊优点。

### 实施例 6

将 270 吨钢水从转炉倒入浇包。

为了在倒入期间调整熔渣成份，将 CaO 以 300 - 500 公斤/ch 的量加入其中。在倒入完成后，以每吨钢水 0.7 公斤的配比将 Al 粉剂直接加到浇包中熔渣上，由此降低浇包溶渣中的 FeO 和 MnO。以

后，又以 300 - 1000 公斤/炉的量加入 CaO，这样，便完成了 RH 真空脱气处理。

钢水成份为：C: 0.1% 或低于 0.1%，Si: 0.10 - 0.20%，Mn: 0.8 - 1.2%，P: 0.015 - 0.020%，S: 0.003 - 0.005% 和 Al: 0.03 - 0.05%（以上均为重量百分比含量）。

在 RH 真空脱气处理中，从开始处理起满 3 分钟，便将熔剂与氩气一起以每吨钢水加 2 公斤的量喷入。这时熔剂成份为 CaO: 80 重量%，CaF<sub>2</sub>: 20 重量%。此 RH 真空脱气处理进行 20 分钟。

在上述条件下进行脱硫实验的结果表示在图 14 中。在图 14 中，横座标表示熔渣成份标算出的系数，该系数用  $W_{\text{CaO}} / (W_{\text{Al}_2\text{O}_3} + 2.5W_{\text{SiO}_2})$  表示。

在该图中，用白圆圈表示 FeO + MnO 总量  $\leq 5\%$  的情况，黑圆点表示 FeO + MnO 总量  $> 5\%$  的情况。

图 14 表示的结果是，在 FeO + MnO  $\leq 5\%$  情况下，不论熔渣的成份如何，脱硫率总是低的，而且，即使在 FeO + MnO  $> 5\%$  情况下，如公式  $W_{\text{CaO}} / (W_{\text{Al}_2\text{O}_3} + 2.5W_{\text{SiO}_2}) \geq 9$  的条件不能满足，则脱硫率是低的，即，不能有效进行脱硫。

如上所述，很清楚，本发明的脱硫方法可有效地进行脱硫。

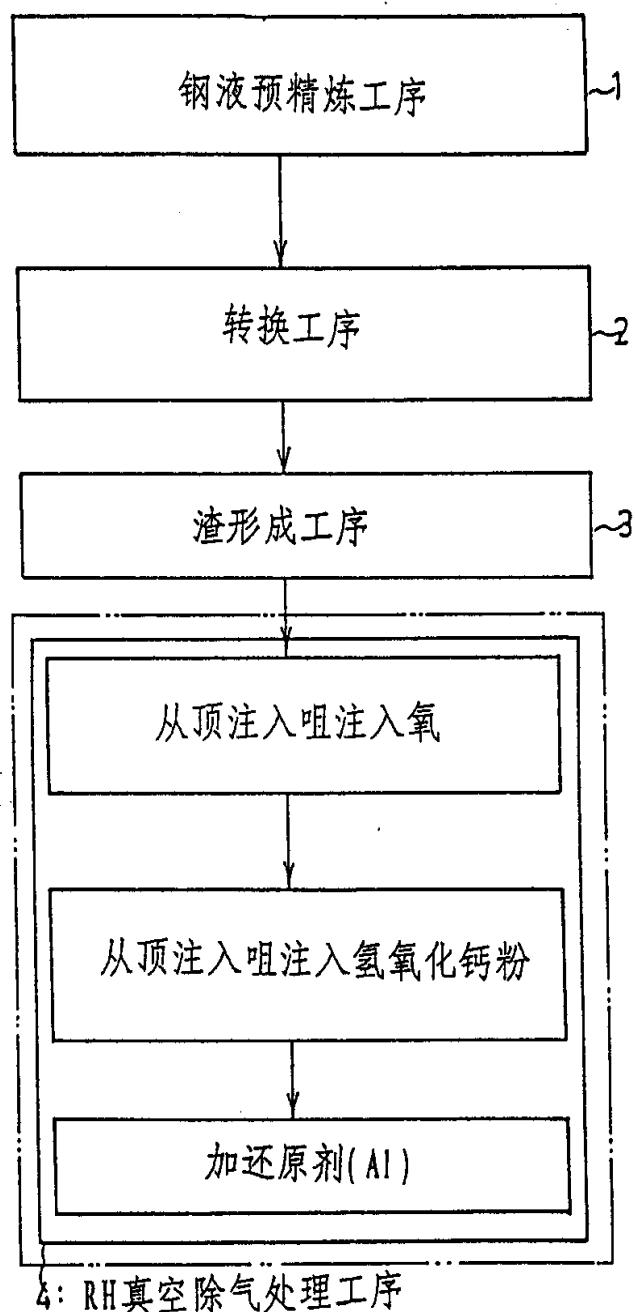
下面，除了改变熔剂的单位用量外重复进行上述一试验，并将结果表示在图 15 上。

如图 15 所示，对熔剂单位用量是每吨钢水 1 公斤或更少的情况下，即使将熔渣成份进行合适地调整，脱硫率还是低的。其原因是，由于脱硫率主要取决于喷入的熔剂量，每吨钢水 1 公斤或更少的溶剂单位用量对有效地影响脱硫率来说，似乎太小了。

由以上各实施例和表 1-3 中所列结果及数据可以看到，采用本发明的方法，可以用短时间有效地脱硫、脱氧，得到超低碳含量的高纯度钢。例如，从已列数据来看，硫含量可降低到约 10 ppm 以下，氧含量可降低到约 20 ppm 以下。同时，如实例 1（表 1）所示，碳含量高达 5-7 ppm。由此可见，上述三类杂质均已达到超低含量，从而获得高纯度钢。

# 说 明 书 附 图

图 1



实现RH之后的含氧气总量( ppm)

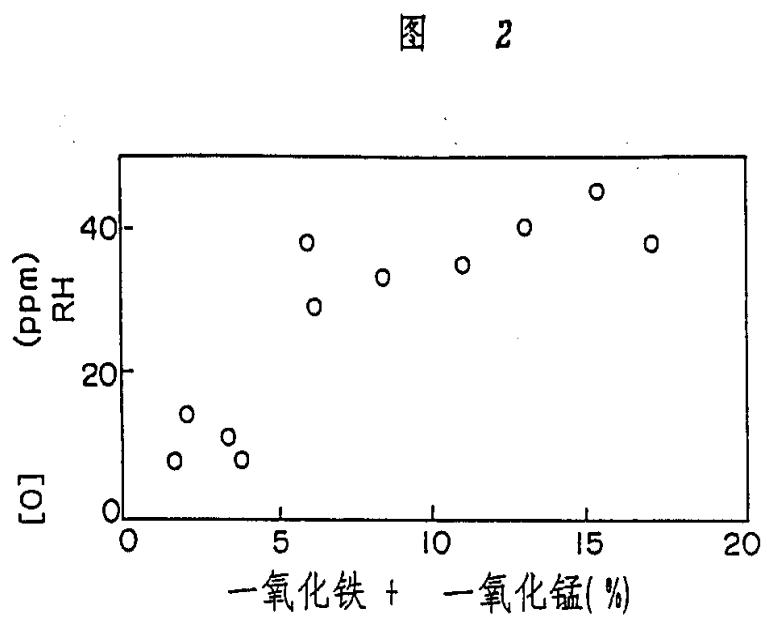


图 3

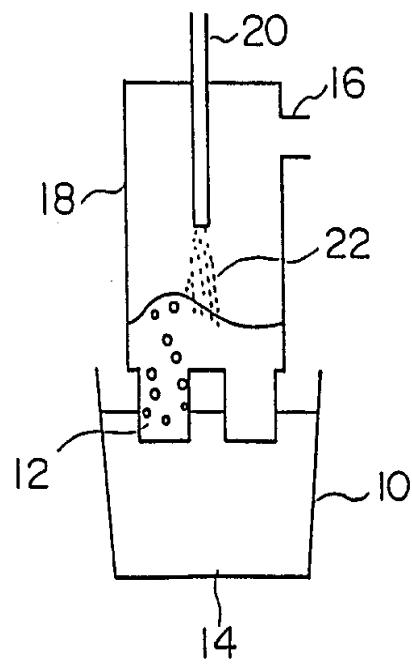


图 4

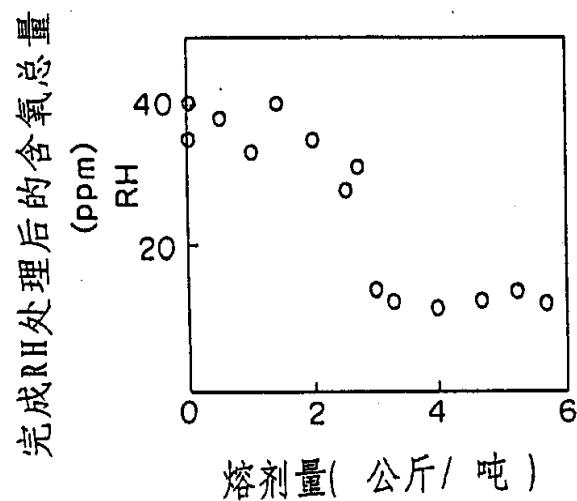


图 5

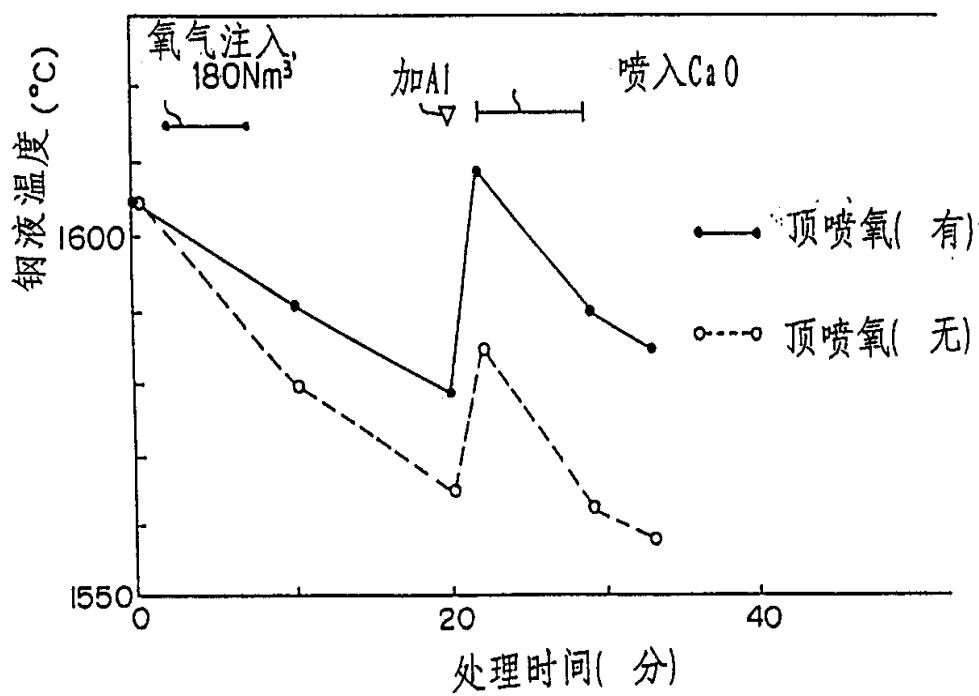


图 6

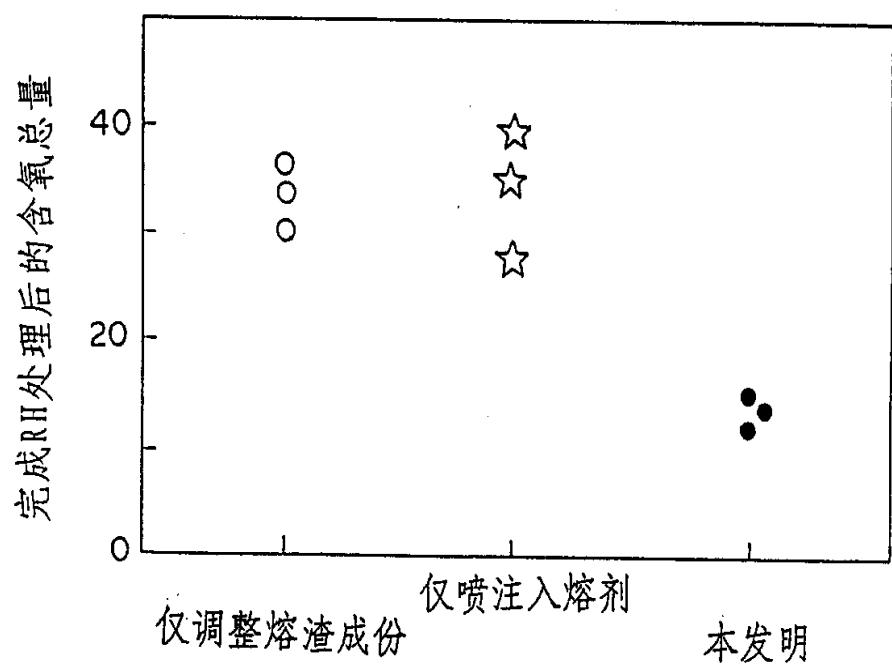


图 7

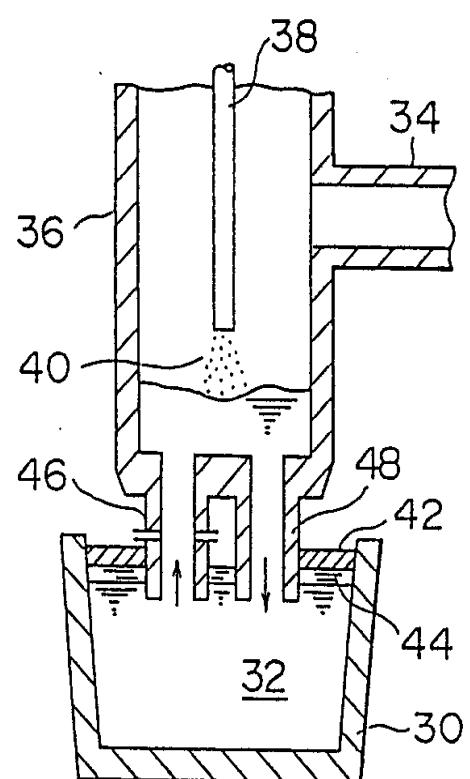


图 8

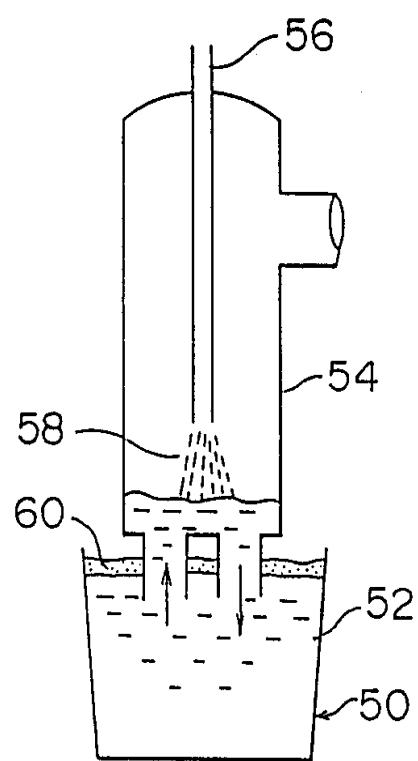


图 9

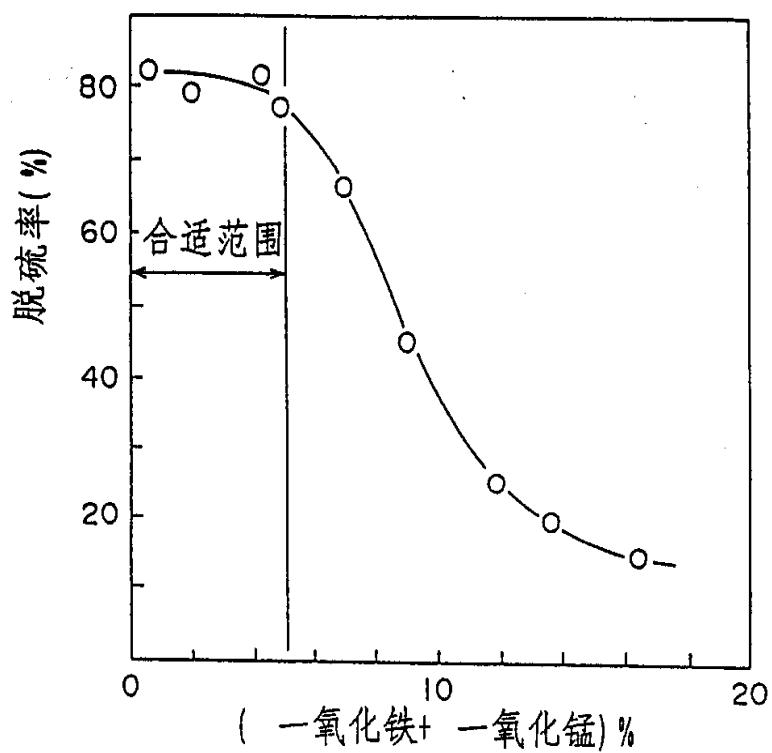


图 10

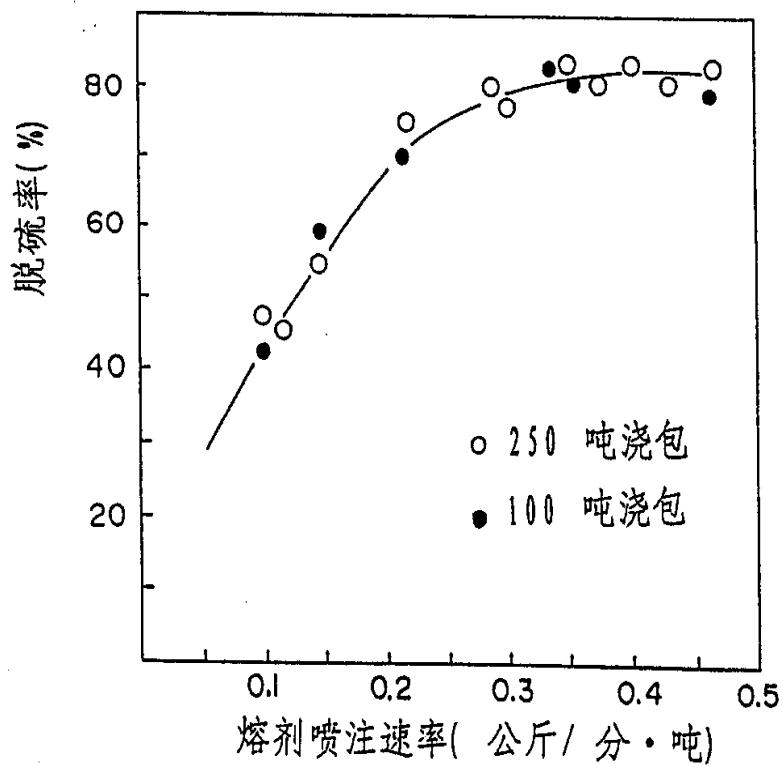


图 11

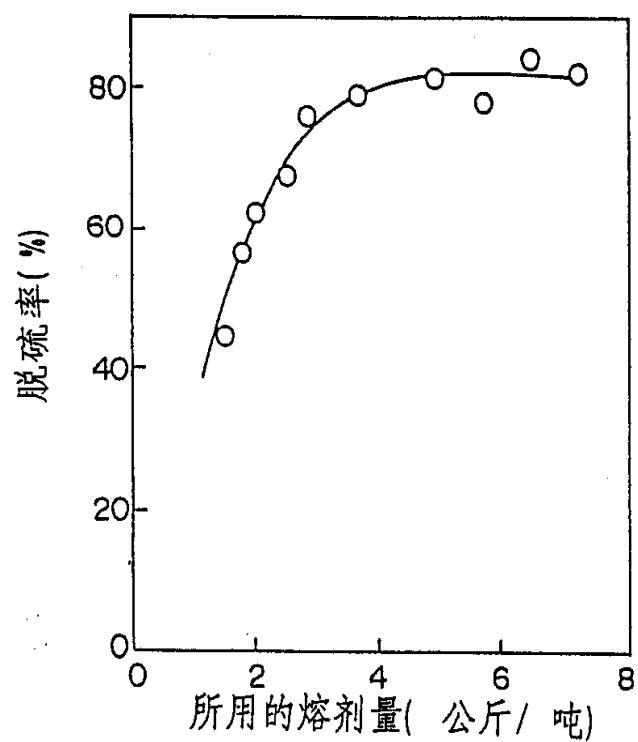


图 13

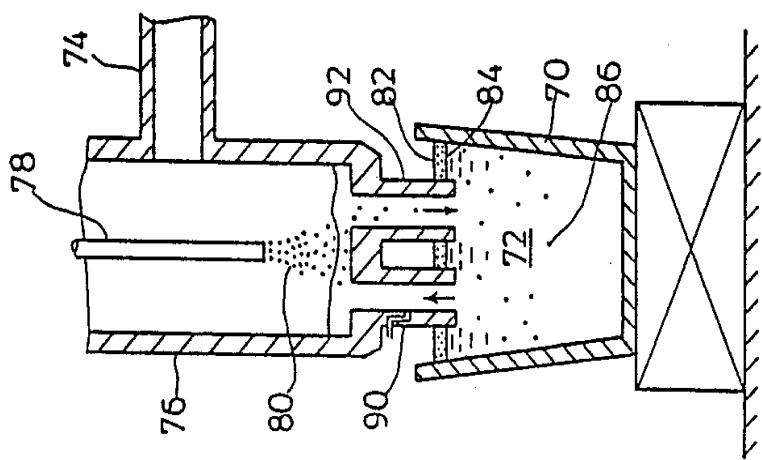


图 12

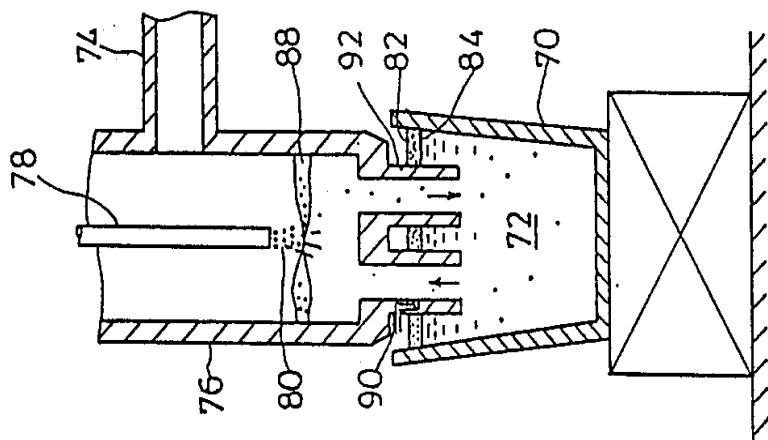


图 14

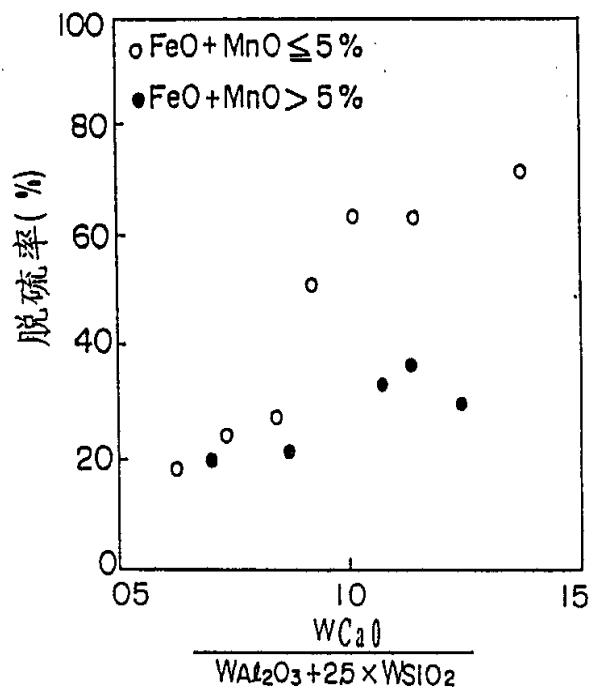


图 15

