

毛主席語錄

教育必須為無產階級政治服務，必須同生產勞動相結合。勞動人民要知識化 知識分子要勞動化。

學制要縮短。課程設置要精簡。教材要徹底改革，有的首先刪繁就簡。

電 爐 煉 鋼 學

(五)

東北工學院工科試驗班

煉 鋼 專 業

1971

毛主席語錄

学制要缩短。课程设置要精简。教材要彻底改革，有的首先删繁就简。

一切真知都是从直接经验发源的。

要讲实际，科学是反映实际，是讲实际道理的。

前 言

我国钢铁工人在毛主席“独立自主、自力更生。”“走自己工业发展道路”的伟大号召下，几年来创造了很多新技术、新工艺，使我国钢铁工业发展到新的阶段，特别是经过无产阶级文化大革命，批判了“专家治厂”“洋奴哲学”“爬行主义”以后，工人阶级掌握了技术大权，使新工艺新技术的应用更为迅速。钢铁工人豪迈地表示：“要以最快的速度抢、修、反争时间，以最好的质量与抢、修、反比高低！”在炼钢生产中，使用“熔氧合并薄渣吹氧”法快速炼钢；用渣坑、渣保护提高质量；用发热帽口、绝热帽口提高成材率，就是具体的表现。

下边编写的几个专题材料是反映了钢铁工人的创造成果。收集了他们在生产斗争和科学试验中的总结资料而汇集成文的。由于领会不深，认识片面，很难反映出问题的关键。所以说只能是介绍几个材料供给工人学员学习和参攷而已。

在学习和研究这些问题的时候，希望能本着批判吸收，去粗取精，去伪存真，继承其科学内容的精神去做。结合我们的生产实践

进行分析 and 讨论，与此同时进一步提商和充实这些专题的内容。

目 录

一、电弧炉熔氧合并及海渣吹氧炼钢法

二、合成渣炼钢法

三、液渣保护浇注

四、石墨渣保护浇注

五、双层块状发热帽口的应用

六、煤渣绝热帽口的应用

七、电炉炼钢的脱气

八、无铬滚珠钢的熔炼

一、电弧炉熔氧合并及薄渣吹氧炼钢法

毛主席教导我们说：“中国人民有志气，有能力，一定在不远的将来，赶上和超过世界先进水平。”

电炉炼钢强化冶炼缩短时间，降低成本，的先进操作技术，在我国很早就开始了，一九五八年钢铁大跃进的形势促进了炼钢新技术不断向前发展。当时各特殊钢厂都采用熔氧合并薄渣吹氧的方法。七十年代在毛泽东思想的光辉指引下，广大工人阶级发扬了：“一不怕苦，二不怕死”的革命精神掀起了群众性的技术革命，技术革新的高潮，创造了许多快速炼钢的新方法。如某特殊钢厂，十吨电炉革新前炼一炉钢需45小时左右，采用新方法后炼一炉钢只需3小时，因此超额完成了国家计划。

熔氧合并炼钢方法，是氧气炼钢的新发展，其特点是在熔化末期大量吹氧助熔，钢液已经激烈沸腾，自动流渣，脱碳量很大，实际上在氧化期除磷、去气体、去夹杂的工作在熔化末期已经进行，薄渣吹氧是改善还原期由于渣温降低而延长冶炼时间的现象，因而缩短了冶炼时间。

这里介绍的是我国某特殊钢厂，熔氧合并及薄渣吹氧炼钢法的经验，仅供学习参攷，以便创造更多的新的炼钢方法，实现伟大领袖毛主席的教导：“我们不能走世界各国技术发展的老路，跟在别人后边一步一步的爬行，我们必须打破常规，尽量采用先进技术，在一个不太长的历史时期内，把我国建设成为社会主义的，现代化的强国。”

(一)新快速炼钢法的工艺

电炉为顶装料碱性炉衬，公称5吨的容量，配2250千伏安变压器。电极直径350毫米。实际出钢量可以达到126吨。电炉用氧气纯度不低于95%，由管道直接通到炉前。炉前氧的压力不低于5.0大气压，可用炉门插入吹，也可用专用设备从炉顶吹氧。采用炉顶吹氧劳动条件较好，但必须有较高的压力才能使用。

新的快速炼钢法的熔炼过程：按规格中限以上0.4~0.6%配碳。装料时装入约占铁料重30%的石灰及适量矿石，熔化前期用煤气、氧气联合助熔。炉底已集有足够钢水时开始吹氧助熔，熔化后期加入约20%的氧化铁皮，或矿石及补加石灰继续用氧助熔，并向熔池中吹氧去碳。这时，熔池全面、激烈沸腾，自动流渣。炉料全熔前取予备试样作全面分析，然后将炉坡处的残铁推入熔池中。炉料熔清后继续吹氧数分钟。当碳、磷合乎要求后，随即加入萤石、石灰组成的还原渣料，铬铁及锰铁，同时开始吹氧助熔。氧气管插入钢水深度为100~200毫米，左右摆动。吹氧2~3分钟后即形成活跃海渣。吹氧结束立即加入碳粉及硅铁粉混合物。吹氧过程测温及补加石灰、萤石等渣料，温度接近或达到出钢温度，即停止吹氧。一般吹氧时间达6~10分钟。海渣吹氧后加入予脱氧剂（硅锰合金及硅铁）并用硅粉、碳粉混合物使炉渣脱氧。硅铁粉用量3~4公斤/吨分数批加入。炉渣变白后连续取二次分析试样做全分析，根据其结果调正成份。出钢温度应达到规程的要求。出钢前白渣保持时间一般约25~30分钟，还原时间不限，一般约35分钟。

顺利完成上边的过程，必须做好以下几方面工作：

1. 正确配料：

一般常用钢铁料有严重锈蚀的屑铁，本厂返回钢，平炉钢坯。

转炉钢锭、铁板边、废钢轨、鱼尾板等。清洁少锈的用于不氧化法，严重锈蚀的用于氧化法。

采用熔氧合并操作，将各类炉料混合使用其组成如表(1)。

表 1

炉料	铁屑	转炉钢锭	生铁及铁模	平炉钢坯及本厂返回钢
比例%	20~30	20~30	15~25	40~60

铁屑是炉料中气体、夹杂物最多的一部份，要在熔氧合并的条件下，达到钢的纯洁性好，不应无限制的使用屑铁。为了避免全熔后钢液的磷、硫含量过高而延长冶炼时间，必须根据冶炼钢号确定配用量。通常冶炼中碳结构钢比例较大，冶炼工具钢、滚珠钢及高级优质钢比例较少。所以从上表可以看出只需50%良好钢铁料就满足这种方法的要求。

2 熔化期除磷及去碳沸腾

除磷及去碳沸腾任务，基本在炉料全熔之前完成，全熔之后只吹氧数分钟，以清除最后熔化的少量大块炉料带入的夹杂物及气体。

熔化期的炉渣量、氧化能力及碱度对熔氧合并时脱磷过程有极显著的影响。石灰用量达炉料的40%以上，必须在装料时及熔化末分批加入，否则将影响操作过程，无论熔末含量高低如何，沸腾前都应当加入氧化铁皮，以提高炉渣氧化能力及流动性。为了造成高碱度低磷含量的氧化渣，沸腾期扒部份炉渣。

熔化过程控制碳含量是很重要的，如果碳含量过低，不能保证熔末良好沸腾，必须影响去气体及夹杂物的效果。反之若全熔后残留碳含量太高，又将延长作业时间。正常的脱碳过程如图(1)，达到这个要求的关键如下：

(1)炉料配碳高于规格中按0.4~0.6%；

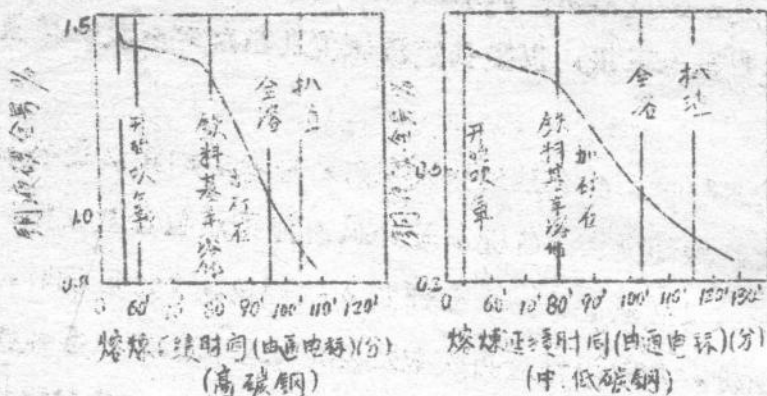


图7 熔氧合并时，熔炼前期钢液碳含量的变化。

(2) 装料时根据铁料的块度及锈蚀情况，可酌情添加焦炭粉，以弥补由于铁料架桥及大块铁料沉炉底等反常现象引起的碳损失量；

(3) 熔化末期，根据炉内溅出的火花特征，估计熔池碳含量，控制铁矿石及氧化铁皮的加入数量及加入时间。

从图(1)可以看到熔氧合并时脱碳速度及脱碳量都是相当高的。从通电到扒渣延续的时间，只相当于熔氧不合并的熔化时间。扒渣前碳含量可以在较大的范围内变动，因为薄渣吹氧过程，可以如意的调正碳含量；当扒渣前碳含量较高时，加入薄渣料后暂不加锰铁，先吹氧去碳；当碳含量低时，在吹氧时加入碳粉，吹氧过程增碳，其回收率高于50% 并较稳定，由于控制含量的灵活性，从而加速了冶炼过程。

3 薄渣生成过程吹氧

薄渣吹氧能迅速提高钢液温度及加速脱碳，其效果好坏很大程度上决定于操作是否正确。早期形成流动性良好的薄渣是基本关键，薄渣形成后遮盖了钢液，熔池温度易于上升，脱碳也尽速进行。

为了迅速造成薄渣，扒渣后加入的渣料中萤石应多一些，薄渣形成后逐渐添加石灰，以提高炉渣碱度及增加薄渣量，提高炉渣脱硫能力。

吹氧过程中，除在钢液中吹氧外，应不时地在渣面吹氧，加速渣料熔化，加速提温及脱硫。若非扒渣前钢液碳含量较低，碳粉及硅铁粉在结束吹氧前3~5分钟加入，钢液碳含量较低时，可以早期加入碳粉。加入硅铁后再吹氧及薄渣未生成即加入硅铁粉，都将增多细小二氧化硅夹杂物，这是不适宜的。薄渣吹氧过程使用粉状脱氧剂，不增加钢中非金属夹杂物而提前使炉渣脱氧，因而，结束吹氧加入第一批脱氧剂后，炉渣即可变白；当吹氧操作与吹氧过程用粉末脱氧剂配合适当，吹氧结束后，炉渣基本上变为白渣。其后的还原期也相应的缩短了。

由于超额过装，钢液温度是较低的，若不进行薄渣吹氧，只有延长冶炼时间来提高钢液温度，但扒渣并造薄渣后温度下降，在还原期难以重新提高温度，再次延长冶炼时间。

新快速炼钢法，与旧的操作条件下钢液的温度比较可以看到，两种方法在还原期钢液温度的波动是一致的，后期温度波动幅度不超过 10°C 图(2)。但利用薄渣吹氧不仅不会在扒渣前由于钢液温度低而延长时间，而且保持了在吹氧后达到的出钢温度，从而使冶炼周期大大缩短。

(二)新快速炼钢法的熔炼过程分析

毛主席教导我们：“在战略上我们要藐视一切敌人，在战术上我们要重视一切敌人”。新的炼钢法是工人阶级的创造，是敢想敢干的产物。为什么这种方法可以在实践中应用到底有些什么规律呢？因此必须对正个熔炼过程做些分析，从而掌握规律性的东西以便指

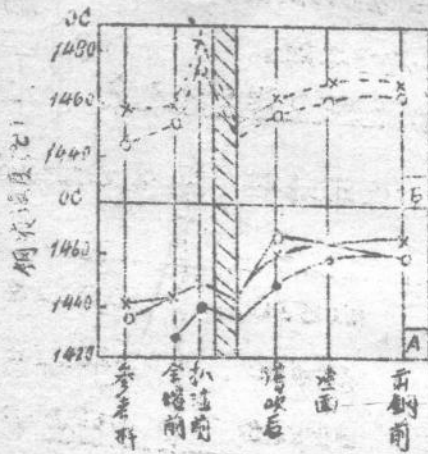


图2 熔炼过程钢液温度变化的比较

A—新快速炼钢法；B—旧法
 ·—·—低碳钢；o—o—中碳钢；
 x—x—低碳钢。

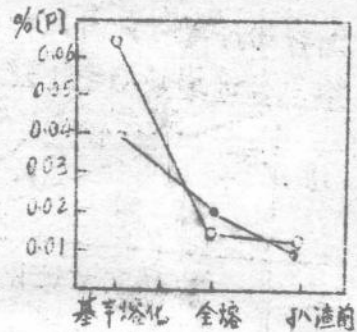


图3 熔炼过程钢液磷含量的变化比较

●—●—熔氧合并；
 ○—○—旧法

导生产下边对熔氧合并及海渣吹氧过程分别进行讨论和分析：

1. 熔氧合并期熔池反应

(1) 脱磷及非金属夹杂物的去除

由于在炉料基本熔化后，就开始加入矿石，并补加石灰，炉渣碱度可以达到2.2以上，氧化铁不低于20%。这时熔池温度不高，加之吹氧脱碳激烈沸腾，自动流渣，都为脱磷创造了极有利的条件，因而脱磷速度比旧法操作要高得多，在炉料全熔后钢中磷含量即已低于0.02%，若全熔后磷含量已经很低，一般说来继续氧化过程脱磷效果不大。如图3中看到，熔氧合并法在全熔后吹氧数分钟磷含量只降低了0.005%，用旧法操作降低虽然多一些，由于该法全熔到扒渣延续时间长（比熔氧合并法）实际脱磷速度是比较低的。可

见，将绝大部分脱磷任务移至熔化末期，亦即采用熔氧合并操作加速脱磷，缩短冶炼时间是可能的，而且是合理的。

熔氧合并沸腾期钢中非金属夹杂物的变化(表2)

方 法	时 间	夹杂物量 %	钢 种	
			纯 铁	合金结构钢
熔 氧 合 并	炉料基本熔化		0.0670	0.0656
	炉料全熔		0.0480	0.0335
	扒氧化渣前		0.0340	0.0350
旧 法	扒 渣 前		0.0330	0.0399

在表(2)中列出了熔氧合并沸腾期钢中非金属夹杂物的变化。无论纯铁或合金结构钢，冶炼过程中非金属夹杂物都显著的降低。扒渣前的非金属夹杂物量与旧法操作是相当的。金相定性观察到，扒渣前夹杂物是氧化铁固溶体及锰铁硫化物。氧化状态不利于脱磷，氧化铁夹杂物实际上是溶于铁中的氧在样模中凝固析出的。因此延长氧化沸腾时间，不能进一步去除这类夹杂物，相反增加了熔池的氧量，氧化铁夹杂物相反增加。分析比较表2中的数据及冶炼铁铬铝合金的情况亦是如此，这样看来，在熔氧合并的沸腾中，实际上已经完成了去除炉料带入的非金属夹杂物的任务。

在一般情况下，钢液温度较低时进行氧化去碳很难激烈沸腾，且将增多钢中氧含量；甚至引起钢液严重过氧化，从而造成脱磷的困难。吹氧脱碳时情况就发生了变化，一方面是吹氧脱碳过程中熔池温度是逐渐升高的；其次，吹氧大大改善了脱碳沸腾的动力学条件。因而脱碳速度快，维持脱碳所要求平衡氧含量低，沸腾温度的影响不如采用矿石那样显著。熔氧合并脱碳沸腾几乎全部依赖吹氧氧化而完成的。这种过程特征与全熔后吹氧脱碳没有区别。实际探

作，在炉料基本熔化后，将氧气管插入钢液中氧化脱碳，熔池立即激烈沸腾，平均脱碳速度达到0.90%/小时(或0.15%/分)以上。与矿石氧化比较，脱碳速度是很高的，从而能够避免氧化过程中，氧含量的过度增加。随着碳的氧化，钢中氧维持着下降的趋势。扒渣前钢液中的氧含量与全熔后才开始沸腾者相当，如图(4)，并且没有过氧化现象。

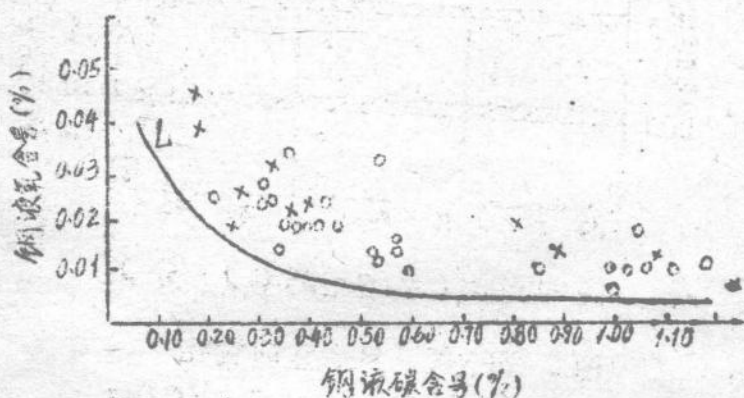


图4 扒渣前钢中氧含量与碳含量的关系

O—熔氧合併；X—熔氧不合併；

L— $[C] \cdot [O] = 0.0025$ 。

(2) 钢中氢及氮的变化

图(5)是10炉平均值所作出的，钢中氢含量及氮含量在熔氧合併期的变化。为便于相互比较，同时标出了相应时间碳含量的下降情况以及用全熔氧化脱碳法扒渣前钢中氢、氮数值。

图(5)中明显指出，熔氧合併脱碳沸腾，同样有极良好的脱气效果。全部试验炉号的氮含量，在熔末沸腾过程都有显著的下降，到扒渣前已经达到全熔后再进行氧化所能达到的水平。

氢的变化有所不同，虽然扒渣氢含量与旧法相当，但沸腾过程

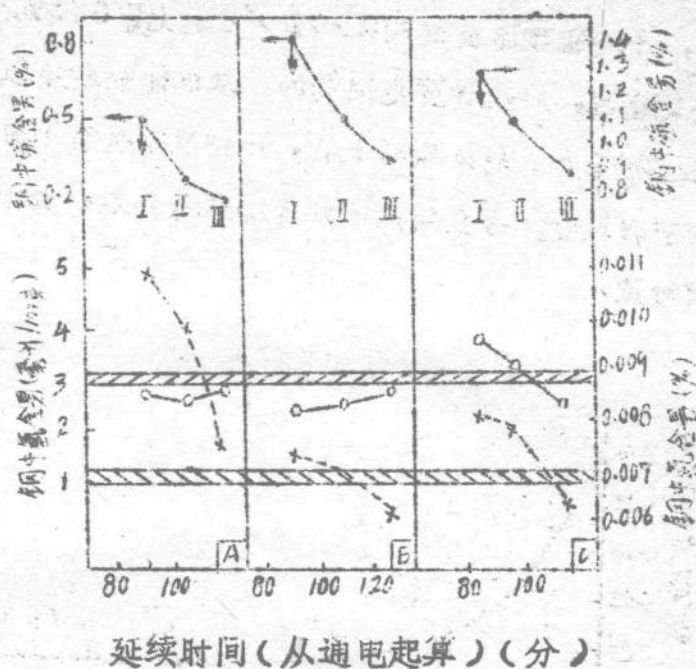


图5 钢中氢、氮含量的变化

A—20CrMn； B—40Cr；

C—GCr15 熔氧不合并扒渣前； I—基本熔化；

II—全熔； III—扒氧化渣；

×...×氮含量变化曲线；

○—○氢含量变化； ●—●碳含量变化。

中呈现三种情况：一种是一直下降，一种是降低后又复升高，一种是一直升高。

钢中气体的变化，决定于出气速度及进气速度的差值。对于脱氮而言，由于全熔后钢液面全部为炉渣所掩盖，进气作用是很小的，因而，去碳沸腾始终保持着显著的脱氮效果。若全熔后钢中含氮量较高，脱氮速度相应要高。炉料全熔后，集中使用氧气去碳，脱氮

速度进一步升高。脱氢过程却不然，去碳沸腾的同时加入渣料等，带入炉内的水份，或直接加入钢中；或增大了炉气中氢的分压力，而影响到脱氢的作用。根据炼钢过程的实际情况可近似的用下式表示钢中氢的变化速度：

$$V_H = K_1 V_C [H]^2 + K_2 [H] - K_3 \sqrt{P_{H_2O}}$$

式中 V_H ——氢的变化速度；正值为脱气，负的为吸气；

V_C ——沸腾脱碳速度；

$[H]$ ——钢中氢含量；

P_{H_2O} ——炉气中水蒸汽的分压力；

K_1, K_2, K_3 ——常数，与温度，碱度，渣钢流动性，

单位熔池表面积等因素有关。

从式中看出，若使脱碳沸腾具有良好脱氢作用，必须有较高的脱碳速度；钢中氢含量应有一定数值；炉气中水蒸汽压力应尽量低。后者主要取决于原材料干燥程度，前者与脱碳沸腾有密切关系。

图(6)和图(7)表示出熔乳合并沸腾期脱氢速度与脱碳速度及沸腾开始时氢含量的关系，图(7)中的的锁线是假定炉气中水蒸汽压力为0.15大气压，脱碳速度为0.9%/小时(0.015%/分)，根据计算得到全熔后再进行脱碳沸腾脱氢速度与氢含量的关系。此二图说明：只有脱碳速度高于0.50%/小时(0.0083%/分)脱碳沸腾才能降低氢含量，否则脱碳虽能除气，但氢含量将是上升的。应当指出，脱碳速度在较窄的范围内变动时，对脱氢效果影响不大。例如，当脱碳速度在0.45%/小时(0.0075%/分)至0.7%/小时(0.016%/分)之间变化，脱氢速度几乎是恒定的。与此相反的是氢含量有着极显著的影响；当氢含量略有下降时，脱氢速度即迅速降低。氢含量低于一定值后，即使脱碳速度很高，非但不能脱氢，氢含量反

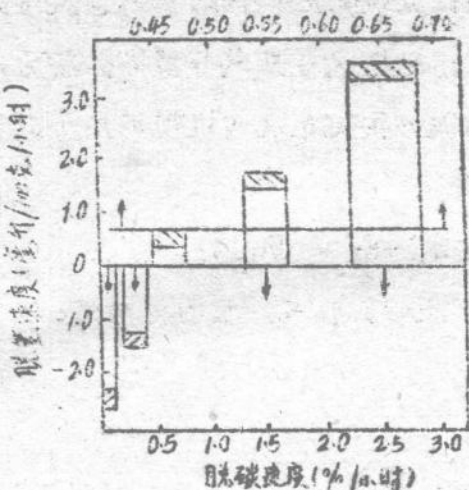


图6. 熔未脱碳速度对脱氢速度的影响

而上升。无论熔氧合并沸腾过程，及全熔后脱碳沸腾都有这种规律。从图(7)的试验数据可以看出，由脱氢转变为增氢的临界氢含量，

约在245毫升/100克；应特别指出，若炉气中的水蒸汽的分压力，熔池脱碳速度等有极大的改变，临界氢含量将有所不同，由于研究的实际情况是水蒸汽分压力很低，脱碳速度值比较集中，故简略视为定数。

从上述除气条件来分析，钢中氢变动的三种方式，不取决于氧化脱碳过程，主要是钢液氢含量本来就已经较低的缘故。因为，不但三种情况下脱碳速度都很相近(0.68~0.825%/小时)，且沸腾期氢含量上升者脱碳速度是最高的，其次三种变化方式原始氢含量，符合于图(7)所指出的规律；沸腾结束后的氢含量都趋于245毫升/100

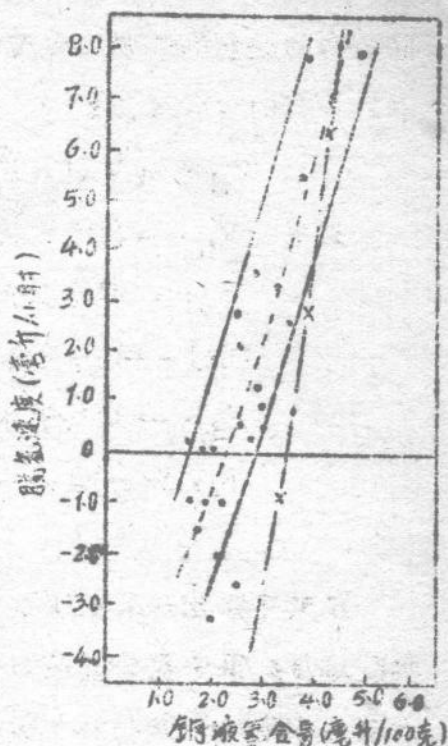


图7. 沸腾前氢含量对沸腾过程脱氢速度的影响

●—...● 试验数据；
×—...× 计算数据。

克。因此，熔氧合併期的脱碳沸腾，只要脱碳速度高于0.50%/小时同样具有极良好的脱氢效果，至于氢含量低于一定值后就不再降低是不因为脱碳沸腾实际上已失去了脱氢的作用，与熔氧合併无关。

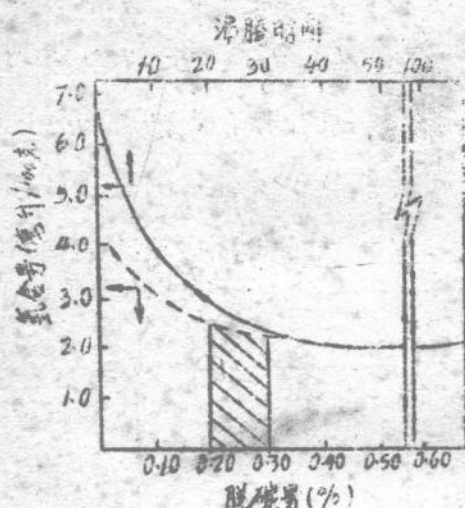


图8. 沸腾脱碳量，沸腾时间与氢含量的关系。

为了确定熔氧合併沸腾期中必要的脱碳量及沸腾时间，分析了扒渣前钢液氢含量与沸腾脱碳量的关系如图(8)。图中上部的实线是就沸腾前原始氢含量为7.0毫升/100克，平均脱碳速度为0.60%/小时，炉气中水蒸汽压力为0.02大气压，计算沸腾时间与钢中氢含量的关系。将实验数据及计算结果与图(7)比较，说明沸腾30分钟，脱碳0.20~0.30%

即可将氢含量由7.0毫升/100克降至接近于临界含量，过多地进行脱碳沸腾，并不能使氢含量降得更低。用熔氧合併法时，铁料基本熔化到扒渣前的沸腾过程，都具有上述脱碳速度，脱碳量及沸腾时间，从而保证了在扒渣前将氢含量降低到足够低的数值。

综合上述熔池反应的特征说明，在大量使用氧气助熔及脱碳氧化的条件下，采用熔氧合併操作，能够保证使钢脱磷，去除夹杂物及减少气体，无论上述诸点的反应速度及达到的效果，与铁料全熔后再进行氧化者没有区别。

2. 海渣吹氧过程及还原期熔池反应

海渣下吹氧是否会增加钢中氧含量，增加还原期的脱氧任务，延长脱氧时间，使钢中非金属夹杂物增加呢？这一部份就是回答这

些问题。

(1) 钢中氧和非金属夹杂物:

实验证明, 在滚铬 15, 40 铬, 20 铬钢种在海渣下吹氧, 钢中氧含量均显著下降。从图 9 可以看出滚铬 15 钢中氧自 0.015% 降到 0.008%, 40 铬钢中氧自 0.024% 降到 0.013%, 20 铬钢中氧自 0.033% 降到 0.0165%, 而海渣中氧化铁在 8 分钟的时间内自 6~10% 降到 1% 以下。从海渣吹氧与不吹氧可以看出, 两者出钢前钢中氧含量是一致的。因此可以说采用海渣吹氧没有增加还原期的脱氧任务。

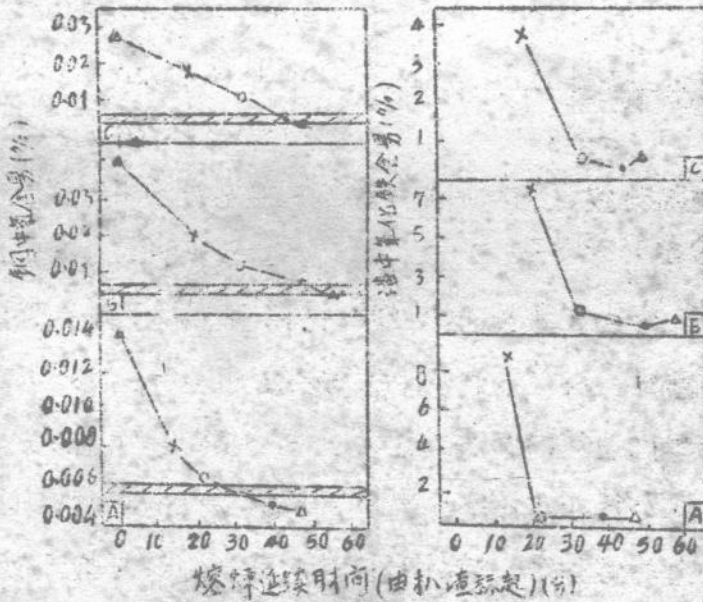


图 9 海渣吹氧过程及还原期中熔池氧含量及渣中氧化铁的变化。

△—GC₁₅; B—20C_TM₀; C—40C_T; ————海渣不吹氧出钢前; △—扒渣前; ×—海渣吹氧后; O—渣变白; •—出钢前; △—盛钢桶中。

海渣下吹氧过程中, 非金属夹杂物的变化情况如图(10)所示, 以

40Cr和20CrMn为例，海渣吹氧过程中，非金属夹杂物总重下降了30%，其下降速度在整个还原期看来是相当大的。海渣吹氧以后钢中非金属夹杂物总含量仍继续下降，直到出钢前为止。此时，氧化物夹杂物含量与不吹氧者相近，

而硫化物却减少，总含量大为降低。

在还原期海渣下进行吹氧并没有使脱氧工作迁到任何困难，钢中非金属夹杂物含量也没有升高，主要在于海渣吹氧时，钢中的变化符合吹氧炼钢规律。氧气炼钢时，虽然吹氧使当时钢液中出现局部地区暂时的过氧化现象，但是一旦停止吹氧，这种现象在非常短的时间内即可消失，所以还原期海渣下吹氧和不吹氧二者比较，在海渣形成后钢中氧含量并没有什么差别。见图(11)

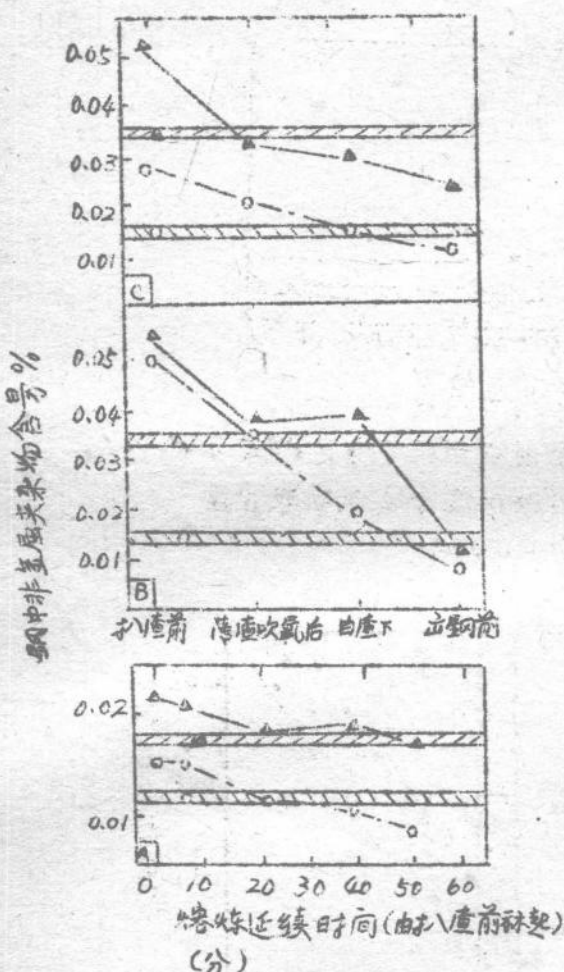


图10. 钢中非金属夹杂物在海渣吹氧过程及还原期中的变化。

—— A, B, C同图(10); \triangle — \triangle 总量; \circ — \circ 氧化物。

用海渣吹氧会使整个熔池面上及早地形成活跃的炉渣，加上吹氧的搅动作用，有利于于钢中氧向渣中扩散，使得吹氧过程中及后期加