

放射性同位素 在平炉生产过程研究中的应用

〔苏联〕 A. M. 斯克列勃佐夫 著

周 国 忠 译

刘 应 妙 校

А. М. Скребион
РАДИОАКТИВНЫЕ ИЗОТОПЫ ПРИ ИССЛЕДОВАНИИ
МАРТЕНОВСКОГО ПРОЦЕССА
Металлургиздат Москва 1963

* * *

放射性同位素在平炉生产过程研究中的应用
周国忠 译 刘应妙 校

*

冶金工业部科学技术情报产品标准研究所书刊编辑室編輯(北京市灯市口71号)

中国工业出版社出版(北京铁树园路四10号)

北京市书刊出版业营业登记证出字第110号

中国工业出版社第三印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·各地新华书店經售

*

开本 $850 \times 1168\frac{1}{32}$ ·印张4·字数91,000

1965年7月北京第一版·1965年7月北京第一次印刷

印数0001—1,520·定价(科五)0.55元

*

统一书号: 15165·4002(冶金·621)

目 录

前 言

第一章 人造放射性物质在研究炼钢生产过程中

的应用特点 1

試驗用同位素的选择 1

鋼样和渣样的采取 4

放射性射綫的記錄 6

第二章 造渣过程的动力学 11

炉内熔渣重量的測定 12

造渣过程的速度 15

純沸騰期間渣量对鋼水降碳速度和提溫的影响 16

采用廢鋼矿石法时装炉的矿石和石灰石与液体金属相互作用
的动力学 17

第三章 采用廢鋼矿石法时平炉内廢鋼熔化的动力学 24

炉内和盛鋼桶内鋼水重量的測定 25

研究結果 26

第四章 平炉内金属与炉渣的流体动力学和化学反应的动

力学特点 31

混鉄炉内鉄水的攪拌 32

平炉熔池内液态金属的攪拌 33

平炉内炉渣的攪拌 37

盛鋼桶内鋼水的攪拌 38

平炉熔池内金属和炉渣的攪拌以及炉渣和金属間进行化学反
应的特点 40

第五章 平炉内硫的行徑 45

硫由气相进入金属和炉渣 46

硫由金属和炉渣进入气相 48

硫由气相进入熔池和由熔池进入气相两种过程 进行强度的

比較	49
第六章 廢鋼-矿石法中使用高磷鉄水炼鋼特点的研究	51
矿石装炉程序和合适的残渣量	52
平炉装入石灰石代替石灰的合理性	55
第七章 鋼結晶的研究	57
模内鋼水的結晶速度	58
注滿鋼水的錠模运动时鉤錠的形成	63
模内鋼水的运动	64
鉤錠内偏析杂质的分布	67
鉤錠内軋外化学不均匀性的形成	71
枝晶偏析和枝晶間偏析的研究	76
連續鑄錠时鋼結晶的研究	78
第八章 鋼中非金属夹杂的来源	80
研究的方法	81
研究結果	86
第九章 耐火材料的蝕損	96
炉底燒結层的蝕損	97
鉄氧化物滲入耐火材料的过程	102
第十章 鋼生产的其他問題	108
离心鑄管	108
鋼錠表面缺陷与軋后鋼材缺陷的关系	109
平炉各相内的元素分配	110
气体力学	111
冷却水排洩沟道漏水	112
結語	112
参考文献	115

第一章 人造放射性物质在研究炼鋼 生产过程中的应用特点

人造放射性物质的性质、制取和使用方法，在文献〔1~10、12、13、90 及其他等〕里已經有了相当詳細的闡述。在工业設備上（平炉、盛鋼桶、鋼錠模等）使用放射性同位素进行研究，有許多特点。为了利用示踪原子法进行研究工作，在冶金工厂設有專門的試驗室〔10、42、43〕。放射性物质盛在玻璃瓶（直径为22~30毫米，高度为75~125毫米）或金属盒子（直径为7~27毫米，高度为15~80毫米）里送到試驗室。瓶內或盒內所盛的放射性物质数量，通常是以一次試驗用尽为度。在試驗室內，为了进行試驗，把內盛同位素的玻璃瓶或盒再放入中空的金属或陶瓷杯（瓶）內，且严密地盖好。

試驗用同位素的选择

选择試驗用的同位素取决于一系列因素。其中最重要的因素如下：

1. 放射性同位素在研究当中既能当作伴行原子，又能当作指示原子使用 要根据給定的課題来选择这种或那种同位素。举例說明如下：

（1）研究磷或硫在金属和炉渣两相間的分配，研究合金元素（鉻、錳等）在熔池內的扩散速度，研究有害夹杂（硫、磷）在鋼錠內部的偏析，以及鋼中非金属夹杂来源等。在这一类情况下，最好是采用放射性指示剂作为伴行原子。这就是說，为了研究硫的行径，应当采用 S^{35} ；为了研究鉻的行径，采用 Cr^{51} ；为了研究非金属夹杂的来源，采用夹杂中經常含有的鈣的同位素等等。放射性原子在其所有的各种轉变和反应中都是和普通原子在一起。根据金属、炉渣和气体試样中放射性同位素射线强度的变

化，即可查明所研究过程的特点。

(2) 要研究金属或炉渣的搅拌情况。在这项研究当中，同位素在实验过程中不应由炉渣进入金属（或由金属进入炉渣）。否则就不能知道熔池内某点处放射性是因为什么发生了变化：是因为同位素在同一液相内扩散而造成的，抑或是由于同位素由此相转入彼相而造成的。在此种情况下，对于金属适用的指示剂是： Ru^{103} ， Sb^{124} ， Ir^{192} ， Co^{60} 等等；对于炉渣适用的是： Ca^{45} ， La^{140} ， Sr^{89} ， Ba^{131} 等等。在这里，同位素被用来作为指示原子：由放射性同位素来显示一小部分炉渣（或金属）的行径，它沿着熔池的运动以及和熔池中其他部分发生的掺混，都可以根据相应试样的放射性确定出来。

(3) 有时可能需要采用指示原子作为伴行原子。例如，要研究出钢时铝和锰的二次氧化。铝和锰的同位素不能大量生产，因此欲解决这一问题，必须选用在出钢时行径与钢中铝、锰行径相似的元素的同位素。此种同位素，对于铝是放射性 Zr^{95} ，而对于锰是 Ta^{182} 。

应当指出，在已经出版的文献里，示踪原子、放射性指示剂、放射性同位素等术语，通常都当作放射性物质这一个概念来使用。

2. 半衰期 选用同位素时要考虑半衰期。半衰期甚短的同位素（几秒、几分或几小时）在冶金中不能使用。问题在于：在往冶金工厂运送同位素、进行试验前准备工作、试验本身以及测定放射性所用试样的准备等工作期间，半衰期甚短的同位素衰减得太厉害，以致无法计算其在钢样或渣样中的数量。在炼钢研究中用过一次的、半衰期最短的同位素是 La^{140} ，其半衰期是 40 小时。半衰期长于半年的同位素，也很少用以进行各种研究。这样的同位素最好不往钢水或炉渣里放，因为成品中的放射性衰减太慢。半衰期最长的同位素是 Co^{60} （5.3 年）。最好是使用半衰期由 5 天到 40~50 天的同位素。这样，产品被放射性物质沾染的时间既不太长，另一方面又没有从衰变起到完成试验以前放射性完

全衰失的危險。

3. 同位素射线的种类和能量 使用射线能大的同位素时，射线易于记录。 β 射线就比 γ 射线容易记录。例如需要使用不会由炉渣进入钢水的同位素来测定炉内渣量。为此，适于采用 Ca^{45} 和 Sr^{89} 。 Ca^{45} 的 β 射线能量为0.255百万电子伏特， Sr^{89} 的射线能量为1.5百万电子伏特。从射线能量方面来看，最合适的同位素是 Sr^{89} 。

再举一例。在研究当中有 β -射线或 γ -射线的同位素都可以使用时（例如， P^{32} 有 β -射线， Ir^{192} 有 γ -射线），最好是使用 P^{32} 。

4. 放射性配剂的纯度 有时，放射性配剂，除了主要同位素以外，还含有少量其他同位素。这种因素在进行试验室实验时特别重要^[56]，在进行工业试验时同样也有其意义。例如，在研究钢中非金属夹杂来源时采用放射性同位素 Ca^{45} 配剂。其中含有一定数量的同位素 S^{35} ，它和 Ca^{45} 不同，能溶于液体钢内，因而可能成为钢中夹杂来源结论不真实的原因。在此种研究和类似的研究中，必须采用不含其他同位素杂质的同位素配剂，或者是注意这一情况，在分析试验结果时加以考虑。

5. 同位素的放射性危害 放射性物质能够成为对人体组织进行外部和内部照射的能源。作为内部照射的能源，同位素分成四类^[90]：（1）放射性毒害特大的，如 Sr^{90} 、 Po^{210} 及其他等；（2）放射性毒害大的，如 Na^{22} 、 Ca^{45} 、 Co^{60} 及其他等；（3）放射性毒害中等的，如 P^{32} 、 S^{35} 、 Fe^{59} 及其他等；（4）放射性毒害最小的，如 Cr^{51} 、 Cs^{131} 及其他等。

作试验计划时，必须严格遵守特殊规程^[44,90]中规定的每吨产品（钢或渣）中同位素最高的允许剂量，而且最好是使用放射性毒害较小的同位素。

6. 钢样或渣样内射线的记录 某些研究可以这样进行，即在钢样或渣样上记录同位素的射线。例如，研究平炉炉底烧结层蚀损情况。同位素放在烧结层内，在烧结层蚀损时落进熔池，转入钢水或炉渣。取渣样要比取钢样容易，因此，炉底的蚀损程度

用可以进入炉渣的同位素（如 P^{32} 、 Ba^{131} 、 Si^{89} 等）易于记录。在平炉内会集中在钢水里的同位素（ Ru^{103} 、 Ir^{192} 、 Sb^{124} ），无特殊原因时不要用采研究烧结层的蚀损情况。

7. 配剂的物理状态和放射性比度 放射性配剂应当是以这样的化合物和聚集态存在，即应能够尽量减少工厂内试验时准备同位素的工序。例如，研究硫在钢锭内偏析时所用的 S^{35} ，最好是以元素硫的状态存在，或含于硫化铁之中；在研究硫由炉气进入钢水或炉渣的过程时，最好是使它含在含硫气体或硫化碳内。又如，欲将同位素 Ca^{45} 加入平炉渣内，对此最合适的是氧化钙或碳酸钙的粉状化合物；不宜使用氯化钙（液体）。

8. 放射性配剂的费用 工业性研究与试验室研究不同，常需要使大量金属（300~500吨）中含有同位素。因此，放射性同位素的费用，有时在整个研究费用中占有相当大的比重。这一点是工厂研究人员应当考虑的，而且在选择同位素及其化合物时应注意，务求既能完成规定任务，又能最大限度地减少进行试验用的材料费。

钢样和渣样的采取

在大型炼钢炉中使用放射性同位素的特点在于，要使大量的钢水和炉渣沾染上同位素。因此，必须尽量减少对于每吨钢水或炉渣的放射性指示剂用量。这对于减少在试验室内准备同位素瓶可能产生的放射性毒害和减少一次试验中所需要的配剂费用都是重要的。

减少放射性同位素用量问题与所取钢样和渣样的大小及重量有关，而且也记录放射性射线的仪器的灵敏度有关。

显然，试样愈重，其中所含的放射性就愈多，从而同位素射线就愈容易记录。当重量相等时，圆柱体试样比平行六面体试样的表面积小。因此，由平行六面体表面发射出的射线强度较大，易于记录。

由平炉取渣样十分简单。在任一熔炼期，由炉门向渣内插入

一根直径 12~16 毫米、全长 5~6 米的鋼管，然后拉出。蘸上的炉渣重 100~300 克。渣样用炼鋼工所用的普通样勺也容易取出。

由平炉取出鋼样，要比取渣样困难得多。在熔化期，在炉旁工作很危险，因为可能有鋼水或炉渣突然噴溅到平台上去。因此，取鋼样时要十分小心。在粗 18 毫米、长 5~6 米的鋼棒上固定一个可以卸开的鋼质样模，其盛样孔洞的直径为 28 毫米，高度为 100 毫米^[22]。往样模孔洞里放入螺旋状鉛絲供脱氧用。模上盖以木盖，以防往鋼水中插入时流进炉渣。用此种样模取出的鋼样，其直径为 26~28 毫米，高度为 80~100 毫米^[22]。

在精炼后半期，上述样模不适于从炉内取出鋼样。此时，熔池中鋼水温度甚高，通常易使鋼样結在模内。假如在此期定要經常取样（每隔 1~2 分钟），則以使用图 1 所示的陶质样模（一次报废）为宜^[16]。图 1 上还表示了样模往鋼棒上固接的示意图（鋼样直径为 28 毫米，高度为 80 毫米）。

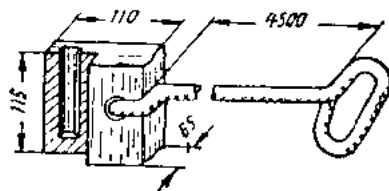


图 1 取鋼样用的陶质样模

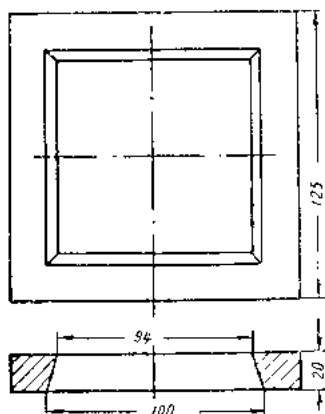


图 2 取鋼样用的方样模

如有可能，則鋼样还是使用不必插入鋼内的样模来取。用炼鋼工所用的样勺由炉内取出鋼样，然后倒入特制的金属样模，鑄成拱形^[11]或矩形的一面平滑的鋼样供记录射线使用(图 2)。可以設計一种能制取两面平滑的鋼样的样模。鑄成拱形鋼样比鑄矩形鋼样費工，因此还是以鑄造矩形的鋼样为宜。也可以鑄成其他形状的鋼样（如圓的等等）。

放射性射线的记录

放射性物质发射出带有电荷的 α -粒子和 β -粒子以及 γ 射线。记录这些射线要借助仪器，采用各种不同方法。

早已发现，放射性物质的射线，作用到照相底片上以后能使底片感光。这种发现放射性物质的方法，被称为射线照相法。射线照相时，将X光底片放在试样上，即可获知试样上放射性同位素的分布情况。

电离室是记录射线用的最简单的仪器，但是在冶金研究中却很少使用。

充气式粒子计数器很普遍地用于记录射线。这种计数器由一根中空的管子，中间有一条金属丝构成。根据计数器的具体用途，其直径为8~33毫米，长度为60~370毫米^[13]。金属丝和计数器外壳要相互绝缘。计数器内充入压力为50~200毫米汞柱的气体。在金属丝和计数器外壳之间加上400~1600伏的电压（对于每一种计数器有一个合适的电压）。阳极金属丝和阴极管壳的厚度，随着射线的能量和种类而有所变化。记录 α -射线和软 β -射线时，计数管管壳内小窗材料应当做成最薄的。常采用厚度为0.2~0.3毫克/厘米²的云母作为计数管小窗的材料。探测硬 β -射线和 γ -射线时，阴极厚度可加大。

记录 β -射线的方法如下。将带放射性同位素的试样放在计数器附近。试样射出的 β -粒子落入计数器范围内，阴、阳两极间的电场之中。在静电引力作用下， β -粒子向阳极移动，在它走过的路径上使气体电离。由于管内产生此种过程，结果造成了放电（电流脉冲）。落入计数器范围以内的电子，几乎全部产生放电现象。 γ -射线最难记录。它打到阴极管壁时，从管壁射出电子，电子落入计数器的工作范围内并受到记录。射进管内的 γ -射线总数当中，只有0.1~2.5%受到记录。由计数器把电流脉冲送给特殊的计数装置（“Флокс” Б型装置等^[13]）进行计数。这种装置以脉冲/分数计量放射性辐射强度。

近来，在冶金工业中开始使用閃爍計数器^[14]。此种計数器的灵敏度远大于粒子計数器。在使用时，此种計数器是利用某些物质（萘、蒽、硫化錫、硫化鋅及其他等）能把 γ -射綫能变成光子的能力（产生閃光作用），然后再經過光电倍增器用專門的系統把閃光信号記錄下来。

在工业研究中，記錄放射性同位素具有某些特点。

把鋼板或切片仔細准备好以便进行射綫照相：磨好，用酒精或丙酮进行脫脂。在某些研究中，在給具有硬射綫同位素的鋼样进行射綫照相时，鋼板不磨，而是鉋下。射綫照片在此种情况下比較不好：低倍图象如旧，但是高倍图象（同位素在枝晶間的分布）却非常不清楚。射綫照相时，一定要作如下的无載試驗。将不含同位素的金属切片以及射綫照相时通常使用的其他材料都放进不透光的盒子。曝光后进行显象，即可解决假效应問題。在某些情况下，木材或油脂能够使底片变黑（假效应）^[69]。因此必須采取防止假效应的措施。

为了减少每次試驗的同位素用量，在冶金工业中很少使用一个計数管来探測試样的射綫强度。使用較广的是将几个計数管并联成組的办法。例如計数管組可以包括2根^[11]、4根^[15, 71]或12根粒子計数管^[16]。試样在計数管組內的放置，应考虑尽量使每个計数管能均匀地将射綫記錄下来。图3^[16]表示由12根計数管組成两个同心圓、而将鋼样放在中心的計数管組。图4是四联式計数管組^[15, 123]。計数管都水平放置，鋼样或渣样則水平地放在管下。图4中管組构造的某些改变，見示意图5。在这种管組里是在計数管上下各放一个鋼样。这时，計数管的灵敏度增加一倍（因由兩側接受射綫）。此种計数管組現在亞速鋼厂使用。还可以提出試样与計数管相对配置的其他种方法。例如，可以使一个方試样上下各有4根計数管；如为12个計数管，則可水平地排成三层，将两个試样摆在第一层与第二层及第二层与第三层之間。

选择計数管組时，要考虑能从平炉取出来的（或能够由試驗

室准备出来的) 试样尺寸。假如, 只能取出圆柱体试样 (参阅图 1), 则必须使用同心配置的计数管组进行射线记录 (图 3); 若可以做成板状的钢样或渣样, 则使用四联式 (图 4) 或八联式计数管组。假如能够同时取得两个钢样, 则其射线用图 5 所示管组记录, 如能取得三个钢样, 则可利用八联式管组。

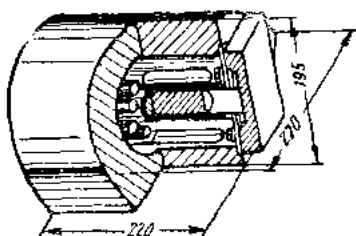


图 3 记录同位素射线用的
十二联式计数管组

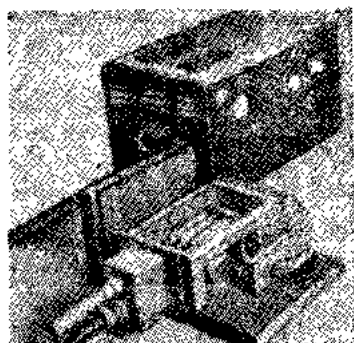


图 4 四联式计数管组及同位
素射线记录装置

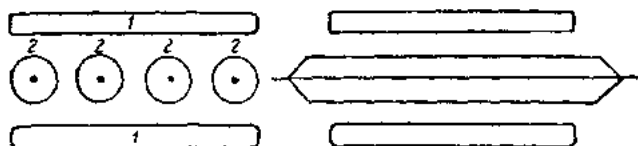


图 5 四根计数管在管组内的配置图及两个钢样的配置图
1—钢样; 2—计数管

在某些研究工作[17、23]中, 渣样和钢样的射线用一根计数管记录。为此, 在直径40毫米、高70毫米的圆柱体钢样上钻一个直径16毫米的孔, 将计数管放在孔内。对于渣样, 试样盒子是由两个同心的圆筒组成, 渣样放在圆筒之间, 计数管放在半径较小的圆筒里面。使用一个计数管进行记录时, 将渣样环绕计数管配置十分有效。此种方法对于钢样用的甚少, 因为取样和备样都很麻烦。对于具有 γ -射线同位素的渣样, 这种方法用得很成功。

在很少的情况下, 例如在由钢中析出非金属夹杂时, 试样的重量很小 (以毫克计)。这样的试样可用一个计数管测量其射线。

通常，所有試樣的放射性都要力求在同樣的條件下測量（同樣的計數管組、同樣尺寸的試樣及其他等）。將測得的數值互相比較。關於試樣放射性測定條件標準化問題的解決，對於 β -和 γ -射線的同位素是各自不同的。 β -射線在試樣內易被吸收（自吸收）。這就使鋼樣和渣樣只能由頂層放射出電子，由該試樣底層放射出的電子又被試樣自身吸收，未能逸出表面。這種記錄射線的方法稱為厚層法。用此種方法時，只要保證朝向計數管的試樣表面光滑即可；試樣厚度所起的作用不大。

在工廠研究中記錄 γ -射線時，整個試樣放射出射線，射入粒子計數器。由試樣頂層單位體積發射到計數器的射線數，比由試樣底層單位體積射出的多。這是因為一部分射線在試樣內已被吸收。因此，此時必須嚴格保證試樣的標準尺寸。如果做不到這一點，則應找出在試樣放射性比度相同條件下的射線強度與試樣重量的關係。在以後的測量中，應利用所獲得的關係，按試樣重量進行校正。

重量小的試樣（重量約幾十克者），測量其放射性強度時必須要考慮出已獲知的射線強度與重量之間的關係。有時，在這樣的測量里利用變態的厚層法^[24]。在研究工作^[24]中，把含有 Ca^{45} 的非金屬夾雜和成分相同、但無放射性的材料混在一起。然後測量射線強度，且將所得結果換算成單位非金屬夾雜的重量。利用此種方法時，效果良好，但試驗耗用的同位素較多是個不利因素。

利用放射性指示劑進行定量測量時（測量爐內渣子和鋼水的重量等），應注意以下因素：

1. 計數裝置的工作穩定性。欲檢驗計數管組和記錄系統的工作穩定性，可利用含有 Co^{60} 或其他半衰期長的同位素的放射性輻射標準樣件。標準樣件總是放在一定的地方，與計數管的相對位置不變。計數裝置測量標準樣件所得讀數在一日以內穩定不變，就證明它工作可靠。計數管的性能隨時在變化，因此由外形尺寸相同、放射性相等的試樣可能會記錄下來不同的射線強度。

假如需要将数月或者甚至一、两年内所做的射线强度测量结果进行对比，则应将在同样时间内对标准样件进行的射线强度测量结果考虑进去。

2. 分装瓶内放射性同位素的数量。放射性同位素成批制造（每批分装10~20瓶）。交货时标明每个分装瓶的公称放射性，例如，10毫居里^①。瓶内放射性物质的数量实际上有±15%的波动。为了考虑这种数量上的波动，应当使用特设的校准装置。此种装置包括一个计数管和记录打到管内的射线的电子系统。将每个小瓶放在特制台架上的钢筒里，离开计数管60~80厘米。

例如，测量的结果得出了表示各瓶内放射性同位素数量的数字如下：8000、7500、8300、9300、9000脉冲/分。

显然，放射性最大的是第四个小瓶，最小的是第二个小瓶。任取某瓶的放射性为一个单位，例如是第三瓶，则不难以相对单位表示出每个瓶内放射性同位素的数量，即分别为：0.96、0.90、1.00、1.13、1.09。

可见，使用相对单位不仅可以比较同一批瓶装内同位素的数量，而且可以比较一年内生产出的各批的数量。使用校准装置的工作经验表明，如此则能在测定钢水和炉渣数量时使定量计算得到重要的校正。

3. 试样化学成分不同时，同位素射线的记录。放射性射线（ α -粒子、 β -粒子和 γ -量子）能被不同材料反射和滤过。物质的原子序数愈大，上述过程进行得愈为剧烈。这种现象在含有放射性同位素的试样内也可以看到。试样材料向各方向均匀地发出射线。从计数管以原方向散发的射线，一部分会以相反的方向反射在试样内，并被计数管记录。反射的程度随试样材料的原子量增加而增加。由于有此现象，在 P^{32} 浓度相同的情况下，所记录的钢样的放射性约比碱性渣样高4%^[12]，而比酸性渣样高15%^[25]。

① 1毫居里 $\approx 1 \times 10^{-3}$ 居里；居里——放射性强度单位。

在比較鋼或渣樣的放射性時，必須考慮 β -粒子和 γ -量子在渣樣和鋼樣內的反射。爐渣（或鋼水）化學成分在煉鋼生產的一般範圍內波動，實際上不會影響所測量的輻射強度。

4. 用計數管組記錄 γ -射綫。此時可能由於計數管性能不同和試樣厚度不等而產生誤差。舉例解釋如下。有一個水平放置的四聯式計數管組（參看圖4）。朝向計數管的鋼樣表面為 100×100 毫米²，試樣厚度在5~6毫米內波動。在正常的工作條件下，測量 Co^{60} 標準樣件的輻射強度時，第一個計數管的記錄是980脈沖/分，第二個是960脈沖/分，第三個是970脈沖/分，第四個是950脈沖/分。

由上述數據看出，第一根計數管對輻射最為靈敏，第四根管的靈敏度最差。另一方面，厚度大的試樣邊緣處發射的輻射強度較大；厚度較小處，其輻射強度則較小。假如將在試樣處於四種位置時分別測量其輻射強度，即每測一次將試樣在計數管下順時針扭轉90度。顯然，如此可以做到這樣的配合：較為靈敏的計數管被置於試樣最厚的邊緣之上，靈敏度較差的計數管則被置於試樣薄的邊緣之上等等。或許應當以四次測量的平均值作為試樣的真正放射性。在某些情況下，對於厚度特別不均勻的試樣，測定試樣的輻射強度必須求兩次測定的平均值（將所記錄的最大和最小輻射強度都去掉）。

當用厚層法測量含有 β -射綫同位素試樣時不存在上述現象。將試樣在計數管下扭轉90度，並沒有改變所記錄的計數率。

第二章 造渣過程的動力學

爐渣在煉鋼生產中的作用很大，這一點在 K.Γ.特魯賓和 Γ.Н.奧依克斯的著作^[55]中已經講得很完全了。在冶金工作者當中從來就流行着這樣的諺語：“努力造好渣，好鋼自然來”。平爐爐渣由火焰向熔池傳熱傳得愈好，熔池提溫就愈快。爐渣數

量、粘度、受热情况以及化学成分的每一改变，对于决定冶炼时间和钢质量的许多重要过程立即有所影响。这里所说的那些过程是指金属降碳、脱磷、去硫、脱气诸反应的速度和非金属夹杂浮入炉渣的动力学过程。

利用放射性同位素研究造渣过程颇有成效，主要表现在以下两方面：

- 1) 测定造渣过程的速度，即炉内渣子重量随时间的变化；
- 2) 在废钢矿石法的熔化期，测定装炉材料（石灰石、矿石等）和熔融金属发生作用或转入熔渣的顺序、时间及速度。

炉内熔渣重量的测定

熔化期平炉内渣量可以根据熔池内磷（或锰）的平衡求得[108]。为此，必须知道液态金属的重量、其中所含磷（或锰）的始末含量和渣内磷（或锰）的氧化物含量。这种方法很不精确，因为不一定都能得知准确的物料化学成分。例如，装入炉内的废钢，其平均化学成分就很难求知。从炉内放出一部分炉渣给熔池渣量平衡计算增添很大的麻烦。

利用放射性指示剂方法，或者所谓的同位素稀释法[45]，能够很容易地算出来任意时期的炉渣重量。

通常是利用在平炉熔炼条件下存在于渣内，而不进入金属相和气相的元素的同位素。在这类同位素中，有以化合物 Ca^{45}O 存在的放射性 Ca^{45} [26]、以化合物 $\text{Ba}^{131}\text{CO}_3$ 存在的 Ba^{131} 、或以化合物 La^{140}O 存在的 La^{140} [57]。按我们的看法，前两种同位素最适于解决提出的课题，因为它们和平炉内的行径业经研究，情况很清楚。

在实践中，炉渣重量的求法如下[26]。往炉内（某一定点渣内）加入同位素 Ca^{45} 。过几分钟以后（对于350吨炉子为30~35分钟[58]）同位素即均匀分布于渣内。然后取样来求炉渣重量。此法的基本观点如下：在放射性 Ca^{45} 加入量相同的情况下，炉内渣量愈多，则渣内同位素浓度愈小，标准渣样的辐射强度也愈小。

在熔化期內，炉內渣量不断增加，因此渣样的放射性不断减小（因渣中同位素被稀释）。

做定量計算时，应将一定数量的 Ca^{45} 和一份平炉渣（0.5 公斤）放在一起仔细地混合均匀。将所得的标准渣样放在炉內重新熔化，然后取出破碎再测定其放射性强度。

采用的符号如下：

G_i —— 平炉內渣重，公斤；

a_i —— 平炉內氧化鈣的放射性，毫居里；

I_i —— 平炉渣样的放射性测量計数率，脉冲/分；

G_0, a_0, I_0 —— 分别表示标准渣样的相应值。

計算是根据与单位数量 Ca^{45} 相当的渣样放射性（脉冲/分）的平衡进行的。显然，对于两炉鋼，在其他条件相同的情况下，相当于一毫居里 Ca^{45} 的平衡放射性测量計数率与渣重的乘积（ $I \cdot G$ ）必相等，亦即下列等式成立：

$$\frac{I_i G_i}{a_i} = \frac{I_0 G_0}{a_0} \quad (1)$$

由方程式（1）可以得出：

$$G_i = \frac{I_0 G_0}{a_0} \cdot \frac{a_i}{I_i} \quad (2)$$

公式（2）是适用于由加入 Ca^{45} 直到测量炉渣放射性并未放渣这一情况的計算式。

假如，在往熔池內加入 Ca^{45} 后由炉內放出一部分炉渣，其重量为 $G_{放}$ ，平均放射性测量計数率为 $I_{放}$ ，則平衡放射性方程式（1）可写成如下形式：

$$\frac{I_0 G_0}{a_0} = \frac{I_i G_i + I_{放} G_{放}}{a_i} \quad (3)$$

由（3）式可以求出：

$$G_i = \frac{I_0 G_0}{a_0} \times \frac{a_i}{I_i} - \frac{I_{放} G_{放}}{I_i} \quad (4)$$

公式（4）与（2）式相对照，其第二項是考虑放渣带走了一部分放射性鈣而加入的校正值。

文献[26]的作者指出，利用放射性 Ca^{45} 测定炉渣重量非常可靠，这与按照鋼和渣的化学分析进行的渣量計算相差无几。使用