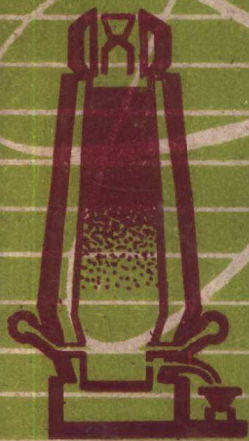


原子能知識小丛书

上海市科学技术协会主編



原子能与冶金工业

科技卫生出版社

原子能与冶金工业

朱添樑編写

*

科技卫生出版社出版

(上海南京西路2004号)

上海市书刊出版业营业许可证出093号

上海市印刷五厂印刷 新华书店上海发行所总經售

*

开本787×1092 1/42 印张1/3 字数7,000

1958年12月第1版 1959年1月第2次印刷

印数2,001—12,000

統一書号: T. 13119·224

定价: (七) 0.04 元

怎样使用放射性同位素

近年来由于原子能技术的高度发展，放射性同位素的种类和数量迅速地增加了。这些同位素可以放出不同能量的甲种射线、乙种射线（即电子）、正电子、和丙种射线。

但是这些射线我们用肉眼是观察不到的。如果我们用电子仪器或其他方法就可以发现和记录这些放射性同位素。测量放射性最常用的设备是计数器和放射性照相术。

计数器种类很多，一般最常用的是盖革计数器，

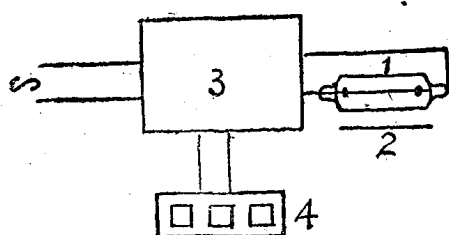


圖1 (1) 計數管 (2) 被檢驗的样品
(3) 電子綫路 (4) 脈冲机械記錄器

它主要是由三个部分组成：

第一部分是計數管，第二部分是电子脈衝綫路，第三部分是脈衝机械

記錄器。計數管的主要部分是由一個作為負極的圓柱形金屬外套和二端中間的金屬綫正極所組成。金屬外套可以由不同種類的金屬製成。如銅、鋁、不銹鋼等等，某些計數管外套外面還有玻璃層。計數管的內部充有氬氣和有機氣體的混合物，或者另一種充以鹵族元素的气体以增加計數管的壽命。計數管的正負二極可以加上數百至一千伏左右的電壓。如果有放射性樣品在計數管周圍時，這時在計數管內部就有一瞬時脈衝產生，經過電子綫路放大後由氖燈指示讀數，最後再從氖燈進位至脈衝機械記錄器進行記錄。利用計數器可以發現 10^{-13} 至 10^{-14} 克數量級的放射性同位素。一般夜光手表的放射性也可由計數器測出。計數器的靈敏度超過普通天平數萬萬倍，而又超過一般的光譜分析。

另一種測量同位素的方法是利用放射性同位素的射綫和乳膠發生作用的原理來確定同位素存在的。測量放射性同位素的照相底片必須具有特別細的鹵化銀微粒和感受射綫的高度靈敏性。含有放射性的金屬樣品，經過磨光後直接和照相底片進行接觸，曝光適當時間取走樣品，把底片沖洗後，就可以看到由於射綫照射所產生的黑點，這種黑點的位置和濃度是和樣品中放射性物質的位置與多少相適應的。利用這種方法就可以看出放射性物質在試驗

样品中的分布情况。

电离室也是测量放射性的一种常用仪器(图2)。它利用放射性元素的射线对气体的电离作用原理来测量放射性的。它的主要部分是一个导电体的外壳和被绝缘了的电极所组成。在二极之间加上一个电压,使它们造成一定的电位差,在周围没有射线作用时电离几乎不存在,若有放射线的微粒进入二极的空间时,周围的气体被电离了。这时电离室就有电流通过。根据电离室所通过电流的强弱,就可以确定样品放射性的强弱。

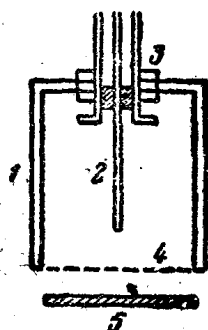


图2 电离室简图

- 1—外壳;
- 2—电极;
- 3—绝缘物;
- 4—薄片;
- 5—被检查的样品

同位素在高炉中的应用

在冶金中应用放射性同位素最常用的一种是利用它作为标记原子,来解决我们肉眼看不见摸不到的问题。苏联在很久以前就利用标记原子来研究高炉中的情况了。苏联成功地测定了高炉炉气的运行速度,以及检查炉底、炉体衬砖磨损情况(图3),这对改进高炉冶炼操作是非常重要的。用放射性氢和少量炸药放在玻璃瓶内,玻璃瓶由高炉的风口送

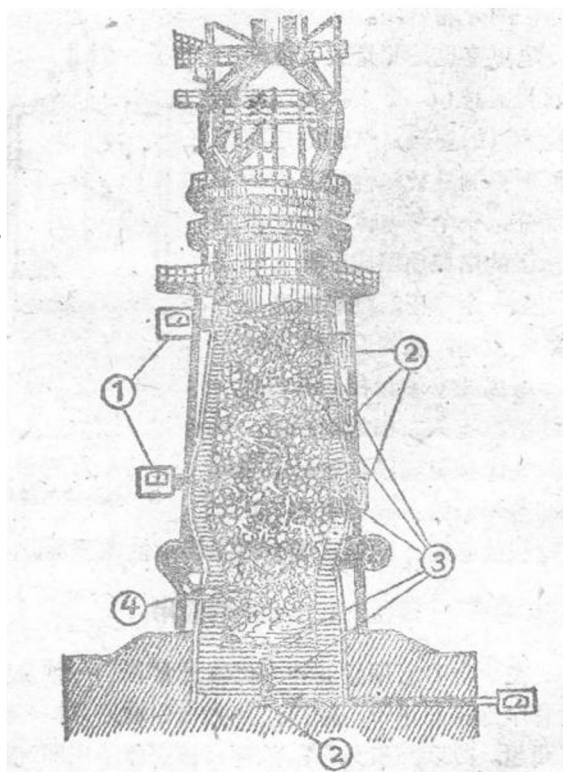


圖3、用放射性同位素檢查高爐的情況圖

- | | |
|--------|-------------|
| 1—电离室; | 3—射線源鈾60 |
| 2—計數器 | 4—放射性氣體氦的加入 |

入炉內，在預定的時間內通电使它爆炸。同时在

高炉各个部分每隔一秒钟取样测它的放射性。结果表明：在2.78秒后炉顶的气体开始有放射性了，而在4.5秒钟时它的放射性为最强，经过计算，确定了1145立方米的高炉，它的气流速度为每秒22—24米。

如果同位素混合在石灰石或者焦炭里时还可以测定炉料的运行速度。

在高炉中另一常用的地方，是利用放射性同位素钴60的两种射线的穿透能力，来了解高炉耐火材料的侵蚀情况。高炉中由于炉渣在高温下不断侵蚀着炉襯的耐火材料，过去因为无法确定炉襯的损坏情况，因而采取定期大修的办法，这对发挥高炉的潜力影响很大。每年因修炉而带来生铁的损失是很大的。现在用放射性同位素钴60装入钢玉制的小瓶里，砌在炉襯中不同深度的砖层中，而在炉子的外面放一些计数器。当炉襯被侵蚀后，一定深度内的钴60就被铁水带走，这

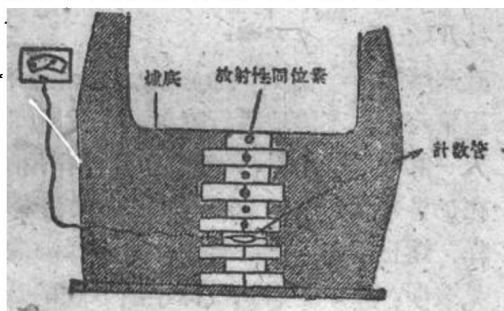


圖4、利用放射性同位素測定炉底磨損

时在外面的計數器就可以发现計數值的突然变化，精确地测定了炉襯的侵蝕情况(图4)。这样就很容易地决定高炉必須进行大修的日期。我国在苏联的帮助下这方面也已取得了很大的成就。

同位素在平爐中的应用

在苏联也利用放射性硫 ^{35}S (S-35) 研究了平炉煉鋼中硫从气体中轉移的問題(图5)。用含有放射性硫 ^{35}S 的稀硫酸溶液以噴霧的方法噴到煤气上升道里去。从裝料开始一直到熔化

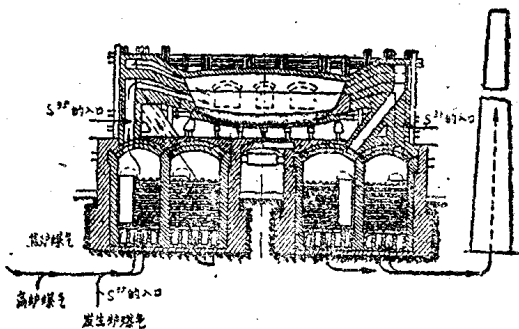


圖5，用放射性硫 ^{35}S 引入平爐时的位置圖。

沸騰为止，不停地进行噴射。在这时期中，炉料加入一部分屑狀小料，以增加和气体作用的接触面积。在炉料熔化期中每20分鐘取一次燃燒后的气体試样，熔化后每隔20分鐘取一次鋼样和渣样。研究結果表明：平炉炉料从气体中所吸收的硫和炉料中原有的含硫量相比較，炉气中的硫只有10%~11%左

右轉移到鋼液中。但是在這一問題上由于還沒有考慮到硫在氣體、爐渣同金屬之間的同位素交換問題，所以在这个工作中所得到的數據不可能是完全可靠的。

蘇聯利用放射性同位素鈷60對平爐中的流體動力學方面進行了研究。得出的結果，對解決平爐煉鋼中的很多問題有決定性的意義。他們把鈷60從中間裝料口加到350噸的平爐里，經過8—15分鐘後，鈷60就均勻地分布在鋼水里了。如果從側面裝料口加入，那麼要經過40—45分鐘後才能在熔池中散布均勻。這樣，經過計算就可以確定了鋼水在350噸平爐內的流動方向和速度，（每小時約100米左右）。此外，蘇聯還對攪拌強度與熔池中脫炭的影響利用放射性同位素進行了研究。這些資料對改善平爐的操作和提高鋼的產量和質量都是很有意義的。

同位素在電爐中的應用

電爐一般多是用來煉制高質鋼的。我們對高質鋼里的非金屬夾雜的含量要求很嚴格，因為它們會降低鋼的質量，影響鋼的機械性能。關於電爐鋼里非金屬夾雜物的來源，可能是爐體襯磚，也可能是爐渣、盛鋼桶和下鑄法的臆道磚，或者都有一

些。但是这些夹杂物各佔多少呢？过去是很难测定的，现在利用放射性同位素，就可以很容易地解决这个问题了。

只拿盛鋼桶襯磚帶到鋼里的非金属夹杂的數量为例来加以說明，在制作盛桶鋼时，可以在它內层襯磚的表面加入一些放射性同位素。当一次出鋼以后，由于鋼水对盛鋼桶內襯磚冲击的結果，使一定量的非金属物質（耐火材料），跑到鋼液里来。因为这些非金属物質都是从襯磚表面掉下来的，所以都帶有一定的放射强度。把这些从襯磚表面掉下来的物質的放射强度測量出来，就能知道由盛鋼桶內襯帶給鋼液多少杂质。因为夹杂的數量是和放射性的强度成正比的。

同样的方法，也能測定电炉別部分的襯磚所帶給鋼液的非金属夹杂物的數量。

在20噸的电炉中，出鋼和澆鑄时从各面方帶到鋼里非金属夹杂物的數量，曾做过研究，由下鑄法脫道磚来的非金属夹杂物的數量是4.6%，从盛鋼桶內襯来的有20%，来自出鋼嘴的有0.4%，而来自其他部分的佔75%。

滾珠鋼是一种对于質量要求很高的鋼，苏联科学家曾对电炉中熔煉滾珠鋼被杂质沾污的原因进行了研究。他們第一步用放射性鈣45对渣和坩埚跟

滾珠鋼夾雜的關係進行了測定，分別在感應爐和電弧爐進行熔煉，鈣45加在爐渣里的結果表明鋼液中並沒有放射性鈣出現。另一些試驗，把放射性鈣加入坩堝的內襯里，在沒有加鐵礦石的爐號中，分析滾珠鋼的電解夾雜中並沒有放射性存在；而在加鐵礦石的爐號中，卻發現有少量的放射性。經過研究，確定祇有8%—10%的雜質來自坩堝內襯。為了進一步確定非金屬雜質的來源，研究工作者曾經製備了一整套加有放射性鈣的流鋼磚和中心注管，經過一系列的研究試驗，結果證明，滾珠鋼中非金屬雜質的來源主要是由於鋼水對下鑄設備的沖刷作用。并用同樣的辦法研究了盛鋼桶使滾珠鋼的沾染雜質的關係。試驗結果知道大約有18%的非金屬雜質來自盛鋼桶內襯。所有這些研究結果，對於怎樣提高滾珠鋼的質量起有很大的指導作用。

同位素在連續鑄錠中的應用

近年來連續鑄錠已經廣泛地被工業所採用了。因為它不但提高產品的數量和質量，並且降低了鋼材的成本。在連續鑄錠中最困難的一些問題是澆注時鋼液面的控制和鋼液凝固情況的了解，因為祇有了解這些才能很好地確定拉錠速度和切斷時間，以及其它影響鋼質量的因素。由於應用了放射性同

位素，便可順利地解決以上兩個問題。鋼液在結晶器中的凝固過程，可以用放射性磷 ^{32}P 來解決。加入的放射性磷停留在未凝固部分。最後割錠磨光利用放射性照相就能很清楚觀察到那一時刻的液體和固體的分界面。關於結晶器中液面的高度，可以把放射性鈷 ^{60}Co 放在結晶器的一面，在另一面放上計數器。當液面高於指定位置時，射綫就被鋼液吸收。計數器所測到的脈衝很少，如果低於指定位置時，由於射綫沒有吸收，計數器測到的脈衝較多。如果把這一套設備和自動控制盛鋼桶塞桿的設備聯繫起來，那麼就可以對連續鑄錠的液面進行自動調節了。

這種自動調節鋼水液面的原理，從解釋圖6的具體過程中可以看得很清楚：只有鋼水液面界於射綫源鈷 60 （圖中①）和計數器（圖中②）中間的某一定的位置時，即本圖所表示的位置時，整個機構的系統才是平衡的。當金屬液面下降的時候，計數器②從射綫源①接受過多的射綫，迫使電子放大部分③向電力傳動裝置④的繼電器發出信號，並借助電力傳動裝置提起陶塞桿，增大下部的開口，鋼水下鑄也就增加；當金屬液面高於正常液面的時候，計數器②從射綫源①接受的射綫被遮斷而減少，迫使電子放大部分③向電力傳動裝置④的繼電器發出另

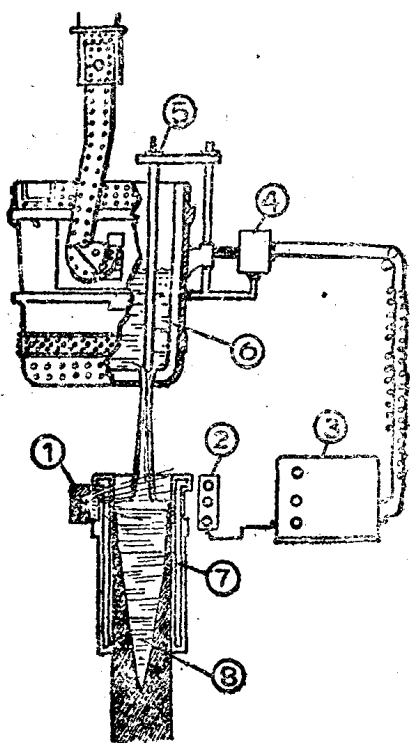


圖 6、結晶器中的金屬液面自動調節原理。

- | | |
|------------------|------------|
| ①射綫源鈷60; | ⑤陶塞杆; |
| ②計數器; | ⑥裝有鋼水的盛鋼桶; |
| ③电子放大部分; | ⑦結晶器; |
| ④調節陶塞杆開啓的電力傳動裝置; | ⑧連續鋼錠 |

一种信号，并借助电力傳动裝置降下陶塞杆，縮小下部的开口，鋼水下鑄也就減少。

同位素在軋鋼和鍛造中的應用

在苏联鋼材的軋制和鍛造方面也广泛地应用放射性同位素。选择一种适当能量的放射性元素作为放射源放在軋件的一面，在相对的另一面裝置一計數器或者电离室。如果軋件成品的厚度低于規定时，那么电离室或計數器的电流就会增加，相反則电流降低。因此利用它迅速地确定連續生产中軋件的厚度，以备进行必要的調整，这样就可以順利而完美地軋出規定規格的鋼材（图7）。

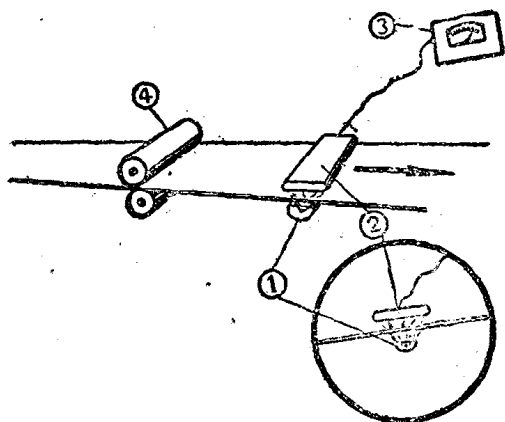


圖7 鋼材厚度測量儀的原理圖

1—射線源 2—調節儀 3—电离室 4—軋鋼機

用放射性同位素还可以研究金属的鍛造和冷加工过程。把帶有放射性的材料做成很細的圓柱，而

在被研究的金属材料上钻以小孔，然后把这些小圆柱压入所研究的金属中。经过加工变形后，可用放射性照相的办法测定出压力加工过程中金属的塑性流动。

利用放射性还可以帮助冶金工业获得工业上迫切需要的纯金属。

金属中的硫是使金属质量变坏的最有害的杂质。在熔炼的时候不让硫混到金属中去，这是非常重要的，特别是在冶金的时候由于有很多的硫存留在炉滓中，而炉滓又在高炉或平炉的钢水上厚厚地盖了一层，硫便免不了要从炉滓转到钢水中来。要有效的控制这种转移过程，也需要利用测量放射性方法。把放射性硫放到炉滓中，当放射性硫和普通硫一起转移到钢水中来的时候，就增加了钢水的放射性。用计数器测量钢水的放射性，就知道了硫从炉滓转到钢水中去的速度，冶金工人就能够及时地采取办法把炉滓从炉内放走，与钢水隔离开来。

利用放射性甚至于可以发现合金中含量不超过百万分之一的元素。譬如我们想要判明合金中的磷的分布，可以把放射性磷放到合金中去，然后把合金的薄片放到照相胶片上，在胶片显影之后得到射线在胶片上作用的痕迹，这些痕迹表明了合金中磷分布的情况。根据胶片上黑点的密度，就可以判定

磷在所檢查的样品中的數量。

在冶金中常常要求在生产过程中很快的查明在鋼中混合的极微量的其他金属。鋼的品种是根据这些混合物的含量来决定的。这里就可以采用射線照射的分析方法。譬如我們需要从工厂倉庫存放的很多鋼种中分出含有大量錳的錳鋼来，而在这些鋼上又事先沒有作出記号，我們可以用从一种專門裝置中得到的中子流来照射鋼的样品，鋼內所含有的元素的原子便吸收中子而变成了放射性元素。但并不是所有的原子都一样容易与中子发生作用，錳原子比鉄原子就容易得多。因此照射了含有錳的一块鋼，中子与錳原子起作用，便产生了放射性錳，然后用計數器就可以測量出来。錳在鋼中的含量愈多，計數器所測出来的射線的强度也愈大。

总之放射性同位素在冶金中应用的范围是非常广泛的。这里所說的仅仅是这方面的一小部分。同位素应用的发展会推动冶金工业向自动化和連續化方面迈进。

現在，我国已开始自己生产放射性同位素了。在冶金工业中使用放射性同位素是不难办到的事。原子能并不神祕，使用起来更是簡單，所以我們相信在大眾大搞原子能以后，我們的冶金工业一定也会更快更好地飞速发展。