

原子能和冶金工业

〔苏联〕A.M.薩馬林等著

中華全國科學技術普及協會出版

149
74
.23

科 普 小 册 子

利用原子能的化学
原子能在農業和食品工業中的利用
原子动力——未來时代的动力
核子能力学的物理基礎
原子能通俗講話
原子能及其应用
原子能
原子和原子能
物質的放射性

本 書 提 要

这本小册子包括兩篇文章，「原子能和冶金工業」，轉載自科学通報1956年2月号，是苏联科学家訪華代表团团员薩馬林院士对我國科学界所作的报告，它告訴我們原子能的利用对冶金工業的要求：制造成分很純的鎢和鉬及有特性能的高合金鋼和合金鋼，一篇「冶金工業中的原子」轉載自「知識就是力量」56年第二期，它生动的說明如何利用放射性同位素來測定高爐壁的腐損，观察熔煉过程和檢查鑄錠和鑄件的質量。

出版編号：340

原子能和冶金工業

著 者：A.M. 薩 馬 林 等

出 版 者：中華全國科学技術普及
(北京市文津街3号)

北京市書刊出版業營業許可証出字第0

發 行 者：新 華 書

印 刷 者：北 京 市 印 刷 一
(北京市西便門南大街乙1号)

开本：31×43 $\frac{1}{2}$ 印張：10,10
1956年6月第1版 字数：20,000
1956年6月第1次印刷 定价：(7)9分

原子能和冶金工業

A.M. 薩馬林通訊院士

現代科學最偉大的發現之一在技術上的應用得以實現——就是利用原子核分裂時放出的能量來發電——是物理學家和工程師們共同努力的結果。如果在探索利用核子燃料的最優良方法、需要的結構材料和自動控制綫路圖時所發生的複雜技術問題不能解決，則各種類型的核子反應堆的建立就是不可想像的了，而這些反應堆乃是原子電力站的主要設備。

原子動力工程的發展向冶金工業提出了特殊的要求。只有在利用新的製造金屬及合金的過程和應用新設備的基礎上才可能滿足這些要求。

1. 例如：在現代核子反應堆中廣泛地使用着鉛、鉍和氧化鉍。探索這些材料的製造方法是需要冶金工作者作出很大努力的，並且直到現在我們還不能認為生產過程中的某些細節已經是最后確定了的。

鉍的熔點高並且對許多腐蝕性介質具有較好的抵抗力，所以冶金工作者們早就加以注意。對鉛，在確定了它具有較小的俘獲熱中子截面，因而可以用來做中子減速劑以後，人們對它就特別注意了。

已經知道，在用鈣加熱法所得到的鉛中含有雜質，因而不

適於在核子动力工程上应用。現在，用鈣加热法所得到的鋯只用来做碘化法制造高純度鋯的原料。在这种情况下，反应区域的压力應該低於 1.10×10^{-4} 毫米水銀柱，加热要到反应温度以上 $50-60^{\circ}\text{C}$ 。因此，只有在使用真空設備时，才可能制造適於在核子反应堆中利用的鋯。精制鋯的反应的本身的速度也与反应設備中的压力有关——在压力为 0.2 毫米水銀柱时速度最大。

从鋯中除去鉛的問題（因为鉛具有較大的俘獲中子截面）也是很复雜的。由於鉛与鋯在化学性質上相近，因而难於使它們分离。只有通过氟鋯酸钾分部結晶的方法才能得到含二氧化鉛少於 0.01% 的二氧化鋯。

鍍及氧化鍍也是利用做中子減速剂的。將工業用的氧化鍍經過复雜的处理之后，才可能獲得含 0.001—0.003% 鉄，0.03—0.007% 鋁，(註¹) 0.01—0.02% 的， $<0.0003\%$ 錳， $<0.0005\%$ 銅及 0.002% 鎳的氧化鍍。这种氧化鍍適於在核子动力工程中应用。这种氧化鍍在 $1850^{\circ}-1900^{\circ}\text{C}$ 、15—20 千克/厘米² 的压力下，在真空中 (1×10^{-4} 毫米 Hg) 加压以后就可以成为致密的 (0.92 克/厘米^3) (註²) 不含多余氧的氧化鍍制品。

金屬鍍的制造也是很复雜的：先將氯化鍍电解制得的鍍在真空中熔化，去掉揮發性雜質，再在氬气中 (20 毫米 Hg) 進行熔化，温度是 $1500-1550^{\circ}\text{C}$ 。比較更純的鍍是把工業用鍍在真空中蒸餾得到的。蒸發是在 $1300-1400^{\circ}\text{C}$ 、剩余压力約 1×10^{-5} 毫米水銀柱下進行的。

虽然如此，鑄鍍的制品是脆的，机械强度不高。为了制造適於反应堆中使用的制品，需要用粉末冶金的方法在真空中感

应加热到 1100°C ，在 50 千克/厘米²左右的压力下，在石墨压模中加压。为了除去热压以后的残余应力，采用 1100°C 真空退火，随后缓冷。

这里引述了一些制造用于核子反应堆的锆、铍及氧化铍等的工艺过程知识，目的是使大家注意，必须建立起现代的真空装置，这种装置在工业生产和进行有关的科学研究时都将用到。

2. 核子动力工程的发展要求扩大高合金钢与合金钢的生产。

首先要扩大不锈钢及高温高机械强度钢——耐热钢及热稳定钢的生产；这些钢是建筑核子反应堆及原子发电站所必需的。

发展电机钢与变压器钢的生产并改进其质量具有重要的意义。生产低瓦特损耗的电工用钢可以降低电动机和变压器的重量、大大减少在国民经济中电能的损失。

不能制造精密仪器，就不可能顺利地发展核子动力工程，而精密仪器制造的发展就要求扩大合金结构钢及具有特殊物理性能的合金的生产。因此全力地提高这些钢和合金的质量是现代冶金业的最重要的任务之一。例如，如果不能保证炼出含非金属夹杂物极低的滚珠轴承钢，便无法保证现代仪器用轴承的制造。

由于合金钢及高合金钢生产的发展，中国的冶金工作者应该注意探索那样的一些钢，它们除了能满足对它们所提出的要求，还要首先依靠在这些钢中含有中国所不缺乏的合金元素来获得这些必要的性能。利用中国的天然资源创造新的钢种及



新型合金的工作，應該是中國科學機構最基本的和首要的任務之一。

3. 由於利用核子燃料擴大電力生產的結果，保證了進一步迅速擴大人類經濟活動的動力源泉。然而，如果沒有高度發展的冶金工業，這個偉大科學發現的順利應用也就不可能了。按從前的說法，金屬是工業化及農業中決定性地提高勞動生產率的基礎。改進黑色冶金工業中現在應用的過程並探索新的過程的工作，能夠保證大規模地擴充鋼和鐵的生產，降低其生產過程中材料的消耗並提高產品的質量。

擴大生鐵的冶煉規模，就必定要引起使用含鐵較低或含雜質較高的鐵礦的問題。因此，研究國內各地鐵礦的選礦過程就是迫切需要的了。

根據鞍山鋼鐵公司的工作成績來判斷，中國的冶金工作者目前在基本冶金設備的操作方面都已達到很高的指標了。

使用高壓爐頂、應用高鹼度的燒結礦煉鐵都可以使高爐生產率進一步提高。

需要組織一些研究工作，以便確定是否可能用造塊方法來代替鐵礦燒結法。鐵礦、熔劑及還原劑很好地混合可以保證更快地還原及造渣，也就促使高爐生產率提高。在用新造塊法時可能還會降低煉焦煤的消耗量。

應用氧氣是提高平爐及其他煉鋼設備生產率的有力手段。現在應該找出在平爐、電爐及轉爐中應用氧氣煉鋼的最合理的方法。（在建立獲得氧氣的裝置時，必須考慮合理地利用氮氣的問題。例如，氮同碳化鈣可以用來製造氰氨基化鈣（肥料）。）

逐漸把可傾式馬丁爐改變為固定式，可以降低煉鋼時燃料的消耗量。平爐鋼經過分叉的出鋼槽出鋼可以縮短休爐；當有一定舉重能力的吊車時，還能增大爐子的容積。

在國家迅速增大鋼的生產量時，不可避免地會感覺到廢鋼的不足。發展轉爐法生產鋼可以減小這種困難。現在由於應用了氧氣，轉爐可以生產出比平爐鋼並不遜色的鋼。

轉爐最適宜於用來部分地吹煉裝入平爐的生鐵。在這種情況下，生產鋼所需要的燃料可以減少，平爐的生產率可以提高，造渣材料的消耗可以下降，所需廢鋼的數量可以減低。

將轉爐中所得到的液態金屬供應電爐可以提高電爐生產率將近2倍，並能使電爐煉鋼時電能的消耗減少一半。這樣就可以增加電爐產鋼量，而不需要新的力量。

把以前曾經用過的設備開動起來，用來生產熟鐵塊是很合適的，因為熟鐵塊可以用來代替廢鋼，或是用做高爐爐料中的填充物。

還可以靠提高鋼的產品合格率來增加鋼的生產。因此便應該注意在工業實踐中應用連續鑄鋼方法。在生產鎮靜、脫氧鋼中採用這個方法，至少可以保證提高鋼的合格產率10%。此外，由於在過程中完全可以不用各式軋鋼機，因而也改善了鋼的加工流程。連續鑄鋼機的建造費用比軋鋼設備（初軋機或板坯機）要便宜好幾倍。在連續鑄鋼中，工人的勞動條件也大有改善。

提高鋼的質量，降低鋼生產中的廢品，這些都是增加冶金產品的重要手段。

由於改進生產過程，可以保證煉出的鋼雜質含量低，得到

的鋼錠具有均一的化學組成。應用各種方法在真空中處理各種爐子中煉出的鋼液，可以獲得性能較好的鋼。在真空中處理鋼液並不需要複雜的設備，可以在任何冶金工廠實行。

利用某些元素製成合金鋼的方法可能會大大提高鋼的質量。已經証實：鈮對深拉用沸騰鋼的性能具有良好影響。希土元素可以大大改進許多高合金鋼的工藝性能。

4. 物理學家們不只對冶金工作者提出了新的要求，而他們也用新的工具武裝了冶金工作者們，這些新的工具可以使我們迅速地解決冶金生產中的許多重要問題。

應用人造放射性同位素，即「示踪」原子，冶金工作者們就可以進行一些以前完全不可能的科學研究工作。

「示踪」原子現在已廣泛地被利用在研究冶金反應及過程的動力學上，當然，這些研究的結果都是強化冶金生產的科學根據。

目前，各種控制冶金生產的新方法都是以應用放射性的輻射為基礎的。例如，現在可以用不接觸的方法控制被軋制的厚20微米的鋼帶，而從前控制這麼薄的鋼帶根本就不可能。如果要量一下，就要停止軋制，而以後再開動機器時，鋼帶就要斷裂。

由於利用人造放射性同位素，冶金生產過程自動化的工作也容易多了。已經可以連續地控制連續鑄鋼機結晶器中鋼液的高度，以及與之相適應地以一定的速度將鋼坯自結晶器拉出，並進行二次冷卻。

在製造特純金屬時，只有利用放射性的分析方法才可能測定極小量的雜質；如利用一般的化學分析方法，這種測定是不



可能的。

随着原子动力工程的发展，在中国的冶金工作者面前摆着一些复杂的问题，但是，如果考虑到他们拥有的新工具，考虑到中华人民共和国政府对科学的发展所给予的关怀的话，我们就知道，中国的冶金工作者是一定能顺利地解决这些问题的。

〔王景韞译〕

冶金工業中的示踪原子

C. 伊克尼科娃

C. 卡普蘭 繪圖

大約从十年以前开始，在寄往苏联各地的邮包中，經常可以發現細心包扎的、不太大的但是很重的鉛制容器。每个容器的漆黑的內部，密封着一个不平常的物品，虽然它們的重量常常並不超过十分之几克，可是研究工作者們和实际工作者們、冶金学家們和医学家們、紡織工作者們和生物学家們……却全都迫不及待地等候着它們。

这是些什么样的物品呢？为什么要用鉛盒子把它密封起來呢？

这里面有着不断向外面放射出危險的射綫的人造放射性物質。鉛能够阻擋这种射綫，不讓它們随意地放射出來。

目前，人造放射性物質主要是由原子反应堆來供应的。原子反应堆是一种「奇怪的爐子」，它能使鈾原子核在中子的作用下釋放出內部儲藏的巨大的能量。大而重的鈾原子核在分裂的时候被击成碎片。可是，原子核由於本身的結構而被击中得很恰当：每个碎片成为了某一种化学元素的原子核。这样，在原子反应堆里就可以得到門捷列夫周期表中的許多种元素。

然而，这个数百年來人們企圖實現的「奇蹟」——元素間的



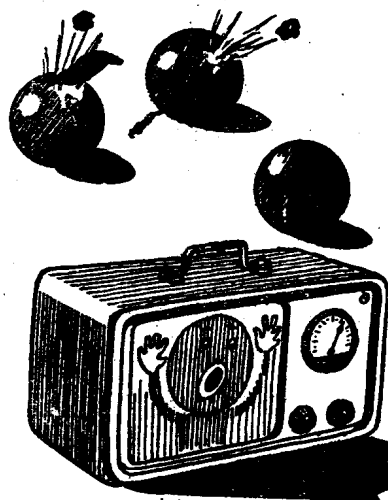
相互转变——却未必能有什么实际的意义，因为由这种转变所得到的新物质的数量是太少了。但是，它却以一个独有的特征引起了我们的注意：这些刚刚在原子堆里生成的元素的原子核全都是不稳定的。它们迟早要蜕变，蜕变的结果它们又变成了别的物质的原子核。科学家把这种现象叫做放射性。

在蜕变的时候，原子核仿佛是要向外界报告它要遭到不幸似的，放射出一种甲种粒子（即氦的原子核）或乙种射线（即电子流）。同时还常常发射出丙种射线（无数种电磁波中的一种）。我们可以用一种仪器非常灵敏地觉察到这种从原子深处发出来的「灾难信号」。这种仪器叫做电子计数器。

在功率较小的反应堆中，每晝夜能积累一克多的放射性碎片，这种放射性碎片叫做放射性同位素。在功率最大的反应堆中每晝夜可以生成数百克——如果回想一下：从发现天然放射性到建立第一个原子反应堆的五十多年间，全人类所储藏的镭仅仅只有一公斤多一些，那么，就会觉得这个数目是大得惊人的了。

当然，放射性同位素的大规模积累就提出了以下的

问题：寻求它们的用途，就是把它们广泛地运用到科学和生产



有一种特殊的仪器，能够很灵敏地觉察从原子深处发出来的「灾难信号」，这种仪器就是电子计数器。

實踐中去。這就需要不斷地研究了。研究工作打開了這種應用的驚人的可能性和優越性，保證了對放射性同位素的廣泛的需要和供應。

在原子反應堆中生成的物質，無論它的外表或化學性質都與同類的天然物質沒有什麼區別。它們具有同樣的特性、同樣的化學親和力和反親和力。因此，當放射性同位素滲入到和它同類的但沒有放射性的物質的原子羣裏的時候，它將和其他原子完全一樣地行動，而唯一的區別就是它老是不停地發出信號，好像時時刻刻在提醒着研究者：「我這裡！我這裡！」

放射性是一種十分牢固的標志。水洗不掉，火燒不掉。任憑研究者把它扔到什麼地方：不論是在高爐的火舌裏，還是在植物的無數的毛細管中，也不論是在液體的潮流裏，還是在氣體的煙霧中，都可以找到它。

放射性同位素的特性幫助科學家和生產工作者解決了幾十年來沒有能夠解決的問題。正是它們，把以前要延續數小時之久的分析縮短到幾秒鐘。正是它們引導着科學家去探明那些在不久以前還好像是難以設想的複雜的化學反應的過程。

利用放射性同位素所進行的研究工作，具有最高的精確度。計數器能指示單個原子的蛻變，它的靈敏度比敏感的天平還要高出幾萬萬倍。放射性方法的靈敏度比光譜分析也要高上千倍。

某些放射性同位素能放射出同X射綫相似的射綫，但是它的能量卻比X射綫大幾十倍。

放射性同位素所有這些特點為它在冶金工業中的應用開辟



了道路。人們还应当榮幸地說：放射性同位素以令人驚喜的速度証明着人們大胆的預測，开辟了走向自动化的道路，有时候还摧毀了几十年來根深蒂固的傳統，

……在巨大的高爐中，一刻也不停地熔煉着礦石。猛烈的火焰和熔化了的金屬考驗着用几十層耐火磚砌成的爐壁的堅固性。爐壁漸漸地損壞、磨耗、熔化。如果不及时地采取措施的話，事故將是不可避免的。

可是，怎样才能不停爐就知道爐壁的情況呢？冶煉过程是不是可以再繼續下去，还是必須停爐大修呢？每一次停爐都要使國家少生產数百噸的金屬。所以，必須極其精確地確定損耗的程度。

这里，可靠的信号員便是放射性同位素了。在爐壁中，在距离內表面一定深度的地方，封入一些特制的、裝有放射性鈷的小瓶子。1.5公尺厚的爐壁並不能遮住射綫，因而，裝在爐子外面的計數器就記錄出它們的恒定的強度。可是，这时候那無休止的火焰一連燒穿了好几層的耐火磚，遇到了第一个小瓶子。小瓶子滾入到爐料或金屬中，也就在这时候，計數器报告了射綫的減少。在高爐的許多地方都布置上这样的「檢查哨」。高爐工人根据它們發出的每一个信号，就能随时精確地判明爐壁的情況。

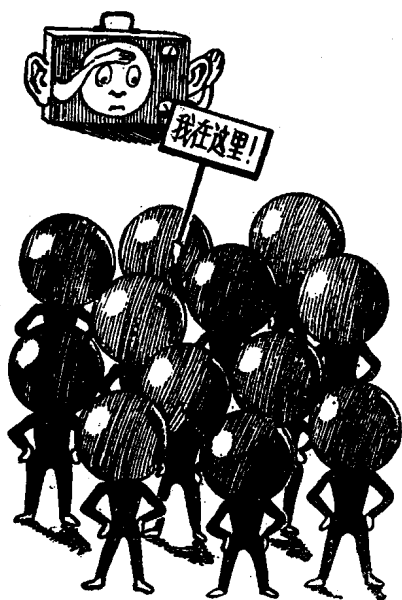
这些信号也使我們确定高爐爐底的最合式的形狀。过去認為，为了增加爐底的耐久性，必須使它具有复雜的、弯曲的断面。放射性同位素証明了熔化的金屬並不「关心」爐底的形狀。原來，弯曲的爐底和平直的爐底的損耗是同样地快。

为了順利地進行熔煉和为了得到高質量的生鐵，知道气体



以多大的速度流过高爐中的各点是非常重要的。在什么情况下能加速气体的流动，在什么情况下妨碍了它，以致拖長了熔煉的時間。

在采用放射性同位素以前，要在猛烈燃燒的地方進行这种研究是不可能的。可是放射性标记不怕火，在火焰中，它仍旧安然無恙。把放在彈藥筒中的裝有放射性氫的瓶子放入高爐的



当放射性同位素滲入非放射性的同类物質的原子中的时候，它將和其他原子完全一样地行动，而唯一的区别就是它老是不停地發出信号，好像时时刻刻在提醒着研究者：「我在这里！我在这里！」

的加入剂，在什么时候加入才是最合理的呢？为了提高產品的

送風口。彈藥筒一爆炸，氫被总气流所卷帶，就急速地進入高爐。放射性标记不会在漩渦中消失，因而氫就不能不声不响地溜出高爐。在气流的途中及其出口处也就是在爐喉处，計数器在監視着，它一出現，計数器就会报告。从爆炸到氫在爐喉处出現的这段时间，可以用特殊的表來确定。途程（即高爐的高度）是已經知道了。这样用普通的算術就可以絕對准确地确定出气流的速度來。

放射性同位素對於馬丁爐生產的作用也是难以估計的。例如，能改善鋼的性能

質量，重要的是要使它們均勻地分布在金屬的熔池的各個地方。為了縮短冶煉的時間，要使這種摻加工作儘快地進行。煉鋼工作者的每一分鐘都是要計算的：一晝夜節省十分鐘就能多生產成噸的鋼。

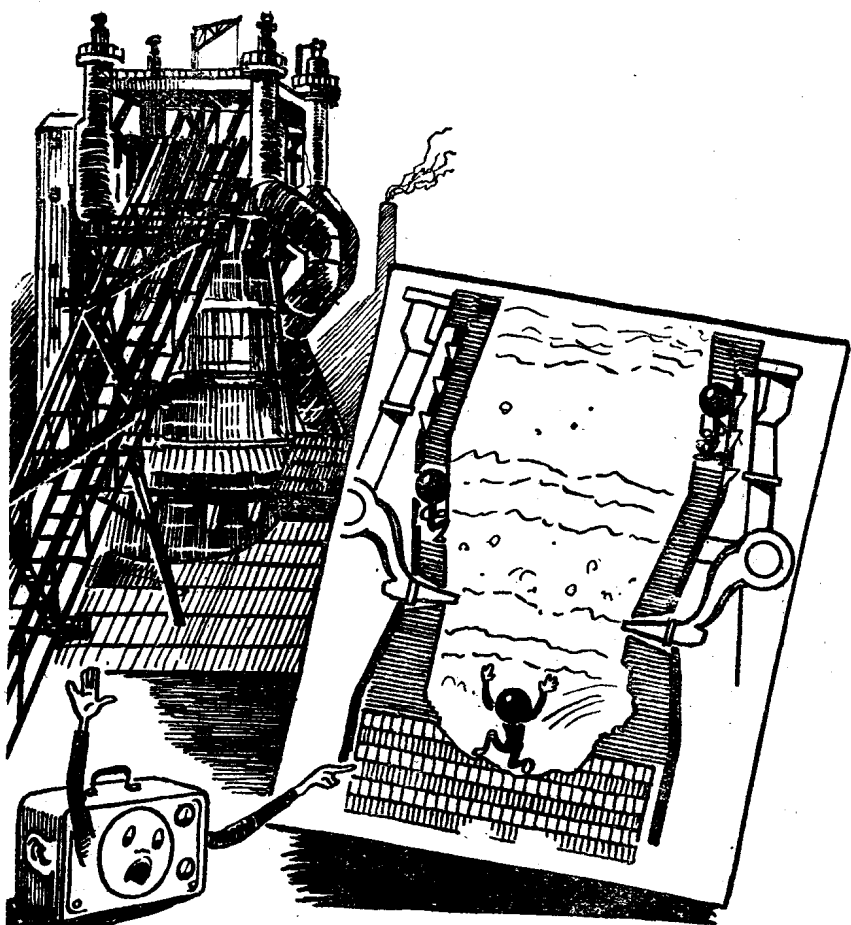
為了選擇最有利的冶煉制度，必須注意各種元素——鉻、鎳、銅等等——在液態鋼中的分配過程。從前，煉鋼工人要取出幾十個試樣，費了很多時間和勞動去識別它們，可是仍然看不到一個全面的情景。

現在，人們把放射性同位素和加入劑一起加入馬丁爐。幾分鐘以後，就可以取出試樣。特設的計數器在車間里立刻就可以作出答案：放射性同位素是不是已經摻入在試樣中。而放射性同位素及與其相應的元素是按照同樣的道路行進的，因此前者的存在無疑地也就說明了後者的存在。這個計數器以驚人的精確度確定試樣中加入劑的含量。加入的金屬的放射性是已經知道的，根據試樣放射性的減少就能知道溶解它的非放射性的金屬（鋼）的數量。這樣的試樣隔很短的時間就可以取出一次，所以能夠不斷地看到加入劑在熔池中的分布情況。

煉鋼工作者也很想知道金屬中除去有害雜質之一的磷的程度。從前，分析磷幾乎要半小時，為了等待分析結果，金屬往往在爐中就擱了半小時以上，這樣就降低了生產率。如果在熔池中加入一些放射性磷，那麼根據爐渣內磷的放射性，就不難計算出金屬的提純程度。用同樣的辦法也可以檢查出那些想從爐渣中溜到金屬里去的硫的含量。

金屬在馬丁爐中煉好以後，放射性同位素還可以繼續為冶金工作者服務。





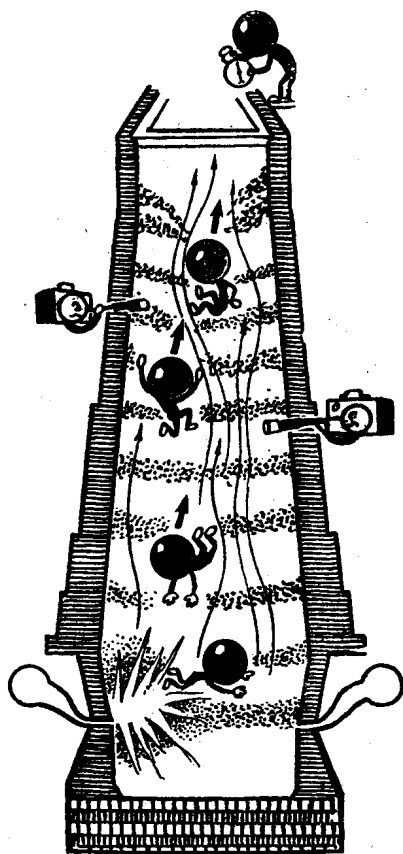
在高爐的厚壁和爐底內封置着裝有放射性物質的小瓶子。根據計數器所記錄的放射性變化，高爐工人就可以判斷爐體的損耗。

為了得到優質的鑄件必須準確地知道盛鋼罐內鋼的數量。

要稱量好幾噸重的裝滿了熾熱的鋼水的盛鋼罐是不可能的。其實，要知道金屬的數量，也不一定要用秤來稱。

在澆鑄的時候，往盛鋼罐里添加一分準確地測定了放射性同位素含量的金屬。它在澆注時就迅速而均勻地傳布到鋼里面。盛鋼罐裝得越滿，射綫就越弱。這樣，按射綫強度成比例的減弱，就可以計算金屬的重量，像根據被水沖淡了的酒精的濃度來計算水分一樣。

用某些方法澆鑄金屬時，鋼錠模子中的液體金屬水平面的位置使操作者擔心。金屬上面的爐渣直接妨礙着我們對金屬水平面的觀察。光學儀器又不適用，它們會被弄髒而產生誤差。人們只得採用耐火磚制成的浮標，可是浮標也很快地變成爐渣，同時它們的使用期限極



放在彈藥筒內的氦在高爐送風口內被總氣流所卷帶。特制的計數器不斷地監視着它在高爐內流過的情形。

