

重金屬文集

(第四輯)

鼓 風 爐 煉 鋅

有色金屬研究院 編

出版者的話

几年来我国的有色冶金工业已經在生产、建設和科学研究等各个方面取得了許多成就。为了及时总结和交流这些經驗，並且随时介紹国外的先进技术，我社决定按照各个专业，有选择地汇集国内外有关生产、建設和科学研究的专题論文，以文集的形式分輯出版，以便讀者能根据各自的专业来选讀所需的資料。

我們把有色冶金专业的国内外論文分成下列四种文集出版：

- | | |
|-----------|--------------|
| 1. 重金屬文集； | 3. 稀有金屬文集； |
| 2. 輕金屬文集； | 4. 有色金屬合金文集。 |

这本第四輯專門收录了国外有关鼓风爐炼鋅方面的四篇文章和五种外国专利。用鼓风爐炼鋅有很大的优越性，含有鉛、銅的鋅矿石經鼓风爐熔炼，可直接获得金屬鋅、金屬鉛及冰銅。而且产量远远超过了橫罐、豎罐。还可以处理高鉄鋅矿，而这在橫罐与豎罐是办不到的。

我国蕴藏着大量的鉛鋅共生矿，如能成功的采用鼓风爐熔炼，将可加速提高鉛鋅的产量。为此特介紹有关鼓风爐炼鋅的几篇資料供大家参考。文集内的資料是由沈文荣、陈伟浦、张克亮等編譯的。

目 录

鼓风爐煉鋅.....	4
鼓风爐煉鋅座談會記要.....	20
阿旺茅斯煉鋅鼓风爐显示了它的优越性.....	31
鼓风爐熔煉鉛鋅矿.....	43
專利 648,529 鋅蒸汽冷凝	51
專利 682,176 鼓风爐	51
專利 682,179 鋅蒸餾	52
專利 735,043 鋅液化	53
專利 741,403 鋅精煉	54

重金屬文集

(第四輯)

鼓 風 爐 煉 鋅

有色金屬研究院 編

出版者的話

几年来我国的有色冶金工业已經在生产、建設和科学研究等各个方面取得了許多成就。为了及时总结和交流这些經驗，並且随时介紹国外的先进技术，我社决定按照各个专业，有选择地汇集国内外有关生产、建設和科学研究的专题論文，以文集的形式分輯出版，以便讀者能根据各自的专业来选讀所需的資料。

我們把有色冶金专业的国内外論文分成下列四种文集出版：

- | | |
|-----------|--------------|
| 1. 重金屬文集； | 3. 稀有金屬文集； |
| 2. 輕金屬文集； | 4. 有色金屬合金文集。 |

这本第四輯專門收录了国外有关鼓风爐炼鋅方面的四篇文章和五种外国专利。用鼓风爐炼鋅有很大的优越性，含有鉛、銅的鋅矿石經鼓风爐熔炼，可直接获得金屬鋅、金屬鉛及冰銅。而且产量远远超过了橫罐、豎罐。还可以处理高鉄鋅矿，而这在橫罐与豎罐是办不到的。

我国蕴藏着大量的鉛鋅共生矿，如能成功的采用鼓风爐熔炼，将可加速提高鉛鋅的产量。为此特介紹有关鼓风爐炼鋅的几篇資料供大家参考。文集集中的資料是由沈文荣、陈伟浦、张克亮等編譯的。

目 录

鼓风爐煉鋅.....	4
鼓风爐煉鋅座談會記要.....	20
阿旺茅斯煉鋅鼓风爐显示了它的优越性.....	31
鼓风爐熔煉鉛鋅矿.....	43
專利 648,529 鋅蒸汽冷凝	51
專利 682,176 鼓风爐	51
專利 682,179 鋅蒸餾	52
專利 735,043 鋅液化	53
專利 741,403 鋅精煉	54

鼓 风 爐 炼 鋅

S. W. K. 摩尔根

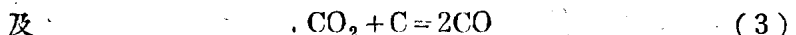
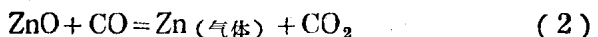
阿旺茅斯的帝国冶炼公司，在过去二十五年中，曾就鼓风爐炼鋅的問題进行过研究。在这些問題中存在着許多困难，其中一部分是能預见到的；最初的努力是从事于闡明它的反应的物理化学。到1939年，这些初期的研究已經达到了考虑建立一座試驗爐的阶段。自然，在那战争年代里，在这方面是不能进行什么工作的。但是在战后曾繼續进行試驗。虽然遭遇到了許多困难，但爐子的試驗表明这种方法基本上是正确的。不仅发现了这种方法可能从高品位鋅矿石中取得鋅，而且以后的工作表明它还能够处理鉛鋅混合矿石而直接得到金屬鋅与金屬鉛。现在，阿旺茅斯有两个爐子工作着，它們每天的鋅产量是七十吨，至于鉛的产量則随原料性質而有所不同。

鋅的冶炼过程

火法炼鋅問題的許多特点，为下述事实所决定，即氧化鋅的还原比較困难，且金屬鋅又是揮发性的。在大气压力下，只有当溫度高于鋅的沸点时氧化鋅才能被碳还原。世界上大部分的鋅都或者是用較小型平罐，或者是用大型竖罐生产。它們的主要反应是：



这两个固相間的反应分两个阶段进行，



罐內反应溫度为 950°C 以上时，反应 (2) 和 (3) 的平衡是处于二氧化碳与一氧化碳的比值非常小的情况下。所以，产生的气体中只含有少量二氧化碳 (少于 1%) 同时由于可能与碳結

合的氧只是原来化合氧化鋅的氧。所以反应（1）所表示的气体中基本上含有同体积的鋅蒸气与一氧化碳，其中鋅經冷却后而冷凝下来。

当温度降低时，反应（2）的平衡变成更向左移动。因此，气体冷凝时，那怕只有少量的二氧化碳存在，也将有鋅蒸气被氧化的趋势。

总反应（1）是两个强烈吸热的反应（2）与（3）之和。所以罐内冶炼时必须通过罐壁供应大量热能，罐壁每个单位面积所能冶炼的鋅量也就受到了限制。因而，在一段长时期内，所有的鋅都賴間歇操作的小平罐来生产，直到1929年，新澤西鋅业公司在克服了一系列巨大困难之后，首次采用了在碳化硅砖构成的大型堅罐內連續蒸餾的方法；这标志着—个很大的跃进，但已建的最大堅罐的日产量仅8~9吨。

这样，所有其他主要金屬都已采用大型鼓风爐或反射爐生产的时候，鋅却仍然用比較小型的设备生产。鋅的挥发作用阻止了它象其他金屬一样直接从炼爐中流出来。在大多数金屬所采用的各种类型的炼爐內，都是与爐料直接接触的燃料燃烧来供应反应所需的热。采用这样的炼爐来生产金屬鋅，就需从含有較大量燃烧气体的混合物中来冷凝鋅，这就造成了长期不能解决的困难。因此，当采用鼓风爐炼鋅的无效尝试还在进行时，采用其他方法来突破蒸餾罐冶炼能力限制的試驗却首先得到了成功。

第一个成功的方法，所产出的气体基本上与蒸餾罐所生产的气体成份相同，不过却是在較大型的爐中，这就是电热法，它利用爐料的电阻来供应所需的热。这个方法是1931年圣約瑟鉛业公司所发展的。在这种方法中，一組设备每天能生产50吨金屬鋅。所用的爐料先經過預热，它配备有特別設計的冷凝器，这个方法能以較高的冷凝效率連續操作。

在新澤西及圣約瑟炼鋅方法发展之前，在电解法方面就已发展了一个完全新的方法，使鋅从純淨的硫酸鋅溶液中沉积在鋁的阴极上。这个方法于1916年在安納康达、特萊尔及里斯頓第一次

使用成功，现在已被普遍地、特别是在电力便宜和丰富的地区采用了。电解法发展的速度，可从下面的事实来衡量，在1953年，全世界粗锌的消费量已有33%是用电解法生产的，62%用蒸馏法。但不管电解法如何迅速成长，世界上大部分的锌仍系用蒸馏罐所炼。

各种蒸馏罐炼锌法都受到下述事实的一些影响；即氧化锌还原所需大量的热，必须通过耐火材料的墙壁供给。圣约瑟法用电加热爐料的办法克服了这种困难。在平罐炼锌法中，通常采用的最大尺寸的蒸馏罐容积约2立方呎，每24小时产金属锌50~70磅。一座新式的平罐爐要包括500个这样的蒸馏罐，每个罐必须分别地装料和出料。即使新澤西炼锌法也仍然不能克服所有蒸馏罐法所存在的缺点——必须采用间接加热法，以及建立一组由许多分开的小单体所组成的生产设备。

直接熔炼成熔态锌

与其他金属比较，虽然锌的挥发作用给它的冶炼带来了麻烦，但从另一种观点上看它也带来了好处，它能有效地与很多能还原但不挥发的金属，特别是混在矿石中的铁彻底分离，这一点是其他难于还原的金属，例如锰所不及的。在压力下使氧化锌直接还原成为液体锌，这在热力学上是可能的，但是纵使这样的方法能付诸实施，它也达不到目的，因为所有的铁都将还原，所得到的的是锌铁合金，需要再重新进行蒸馏来分离锌。过去锌鼓风爐在压力下进行操作来防止锌挥发的各种努力都没有获得成功；长时期没有成功是由于他们的目标是错误的。

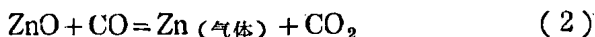
· 阿旺茅斯早期工作的基础

极力主张发展鼓风爐炼锌法是想建立投资及生产费用都比较低的大型爐子设备，此外，它不象蒸馏罐炼锌法那样，只限于处理含铁少的高品位精矿，它能处理低品位的混合矿石并同时回收铅、银、铜等其他金属。

鋅鼓風爐在節省燃料方面的優點最初不很明顯。1943年以前所知道的各种冷凝器都只能从确实不含二氧化碳的气体中来冷凝鋅。如果有这个限制存在，就只能把碳燃烧成为一氧化碳来供給所需的全部热能。这样，碳的发热量就只能有一部分得到利用，縱然一部分气体后来燃烧而可以用来預热鼓风空气及爐料，但爐料中碳与氧化鋅的比例仍需提高。在这种情况下，只有那种能同时当作煤气发生爐和鋅蒸气发生爐的爐子才能以高的热效率操作。对这一问题的研究結果指出，只有在所发生的气体中含有相当数量的二氧化碳，鋅鼓風爐在它的作业中才能获得良好的热效率。这里首先要解决的问题是如何从含有低浓度的鋅蒸气和大量二氧化碳的气体中把鋅冷凝下来。

阿旺茅斯最初試驗工作

在阿旺茅斯第一次試驗中主要考虑的是要从爐内流出含鉄渣来，故最初所产生的气体中将含有一些二氧化碳：氧化鋅按下列反应还原：



因之最后所产生的气体中，二氧化碳含量将超过鋅蒸气。反应(2)是可逆的，温度的降低使方程式的平衡向左进行。于是，必須采取特別的預防措施，以避免鋅蒸气在从爐内产生时起直至冷凝的各阶段中被二氧化碳所氧化：

(一) 防止鋅蒸气在爐内再度氧化，整个爐料必須保持高于鋅再氧化的温度。

(二) 防止鋅蒸气由煉爐进至冷凝器的过程中再度氧化，混合气体不能降低到它們的再氧化温度以下。

(三) 防止鋅蒸气在冷凝器内再度氧化，混合气体必須迅速冷却。

为适应第一点要求所采取的设计是在一个竖爐中装入預热过的焦炭及燒結鋅精矿的混合物，从它的上部及底部鼓入空气，并从它的中部导出混合气体。为了满足第二点要求，爐内出来的混

合气体通过一个用电加热的焦炭柱。根据上述办法，曾修建了一个很小的爐子，它的规模使它不可能連續出渣，因之，它只能存为期 12 小时的作业中处理有限的料量。

这个设备所产生的气体中，含有 2 ~ 3 % 的鋅蒸气及 6 ~ 8 % 的二氧化碳。在第一次試驗时，曾将这种气体导入狭小的水冷管中激烈冷却来生产鋅尘，并引至布袋室加以收集。鋅尘中含有 98 % 金屬鋅的事实証明所采取的措施可以充分地防止鋅蒸气在进入水冷管以前受到氧化。下一步的問題是采用某种型式的冷凝器代替水冷管以产出液体鋅。

一种成功的冷凝器得到发展的关键，是因为发现了用液体鉛作传热及收集鋅的循环介质，使鋅蒸气的氧化达到最小限度。那怕是含鋅 2 ~ 3 % 的液体鉛仍能容易地用泵抽动和处理，因此，就有可能采用那种以液体洗滌气体的許多常用的設計。爐气被导入具有鉛液池的室内，鉛液由于带槽輪的轉动而形成鉛雨噴入爐气中，采用这种設計获得了良好的結果。离开冷凝器的鉛經過冷却，使液体鋅分离出来；鉛則用泵送回由冷凝室、一个外部冷却套和一个鋅的分离槽构成的循环；以便連續不断地从爐气中把热吸收，把鋅移出。并使鋅成为液体层浮于液体鉛槽上面而連續分离出来。

根据第一次用很小的爐子进行的試驗，就可能进行一个連續操作的小豎爐的設計。

試驗型鋅鼓風爐的发展

用以进一步发展这一方法的試驗爐具有尺寸为 2 呎 3 吋 × 3 呎 6 吋的爐身，料柱高 10 呎，装入預热过的焦炭及燒結焙燒的鋅精矿，并从爐頂及爐底吹入預热空气。爐气由中部放出，进入用电加热的焦炭柱，然后再引至内部成高低阶段的冷凝器，在連續阶段內，由于带槽轉子的轉动而保持着液体鉛雨。鉛雨射出的方向与冷凝器中气流方向相反，在冷凝室外通过一个冷却器和鋅的分离槽。

这个試驗设备的实际操作，在設計及程序方面，使許多最初的概念都发生了改变。某些改变使問題簡單化了。試驗中发现，取消气体净化用的焦炭柱以及仅由爐底部的风口鼓风，这样从所产生的气体来冷凝鋅是完全可能的。这样一来，堅爐就可用十分近似一般鼓风爐的操作方法来进行操作。但爐頂的溫度需保持在 1000°C 左右。

当然，为了防止氧化鋅在爐頂及气流至冷凝器的通道上大量沉积，在結構上及操作上都发生过問題，为了解决这些問題曾找到了許多方法。其中值得注意的是讓足够的空气在爐气中燃烧，使它在通向冷凝器的过道中保持高于再氧化的溫度。

冷凝器的进一步发展是設計了一个带有垂直軸的鉛液扬雨装置，軸通过冷凝器頂部，这样就可以在短暫的停歇時間內从頂部將軸更換或拆卸。最后出現的轉子式扬雨装置是一个强有力的备，能够合理地供給多量而分散的鉛雨。由于利用了水的冷却作用成功地完成了一套鉛的冷却循环装置。水是在鉛液流槽的牆壁上或在浸入式冷却套中进行冷却的。这个系統所担負的散热任务是非常巨大的。

在这个試驗中，对处理焙燒鋅精矿曾进行过詳細研究。以后曾將試驗推广到对其他类型的爐料进行試驗。至于含鉛及鋅两种有用金屬的爐料的熔煉，在研究鋅精矿的处理时，就已遇到这个問題，因为采用液体鉛作洗涤剂，冷凝器中产生的浮渣及蓝粉就是一种鋅鉛混合物。它們返回到爐料中，便成显著的含鉛物料而加入爐內。

因处理鉛鋅矿石或鋅精矿与鉛精矿的混合物而增高了爐料中的鉛含量，于是在冷凝方面及对含有粗鉛，冰銅与爐渣的爐底产物的处理中发生了新的問題。这些問題都得到了解决，并达到这样程度，即同时进行鉛的熔煉并不使煉鋅作业增加額外的負擔。試驗中发现，爐料熔煉所需焦炭的分配量，可以按照鋅蒸发及爐渣熔煉的需要来計算，所处理的鉛并不需要額外的焦炭，且鋅的蒸发及冷凝效率与处理焙燒精矿时一样高。对这个問題的解釋就

是由于物料中存在有氧化鉛，因而在气体中生成較高的二氧化碳，这就不至使爐渣中鋅含量提高。所得粗鉛中，富集了原料中的銀以及一大部分的鋅。

对低品位原料，特别是对鉛鼓風爐的含鋅爐渣及各种低品位鋅或鉛鋅混合矿石的处理也都进行过研究。所有这些物料都成功地炼出了金屬鋅。

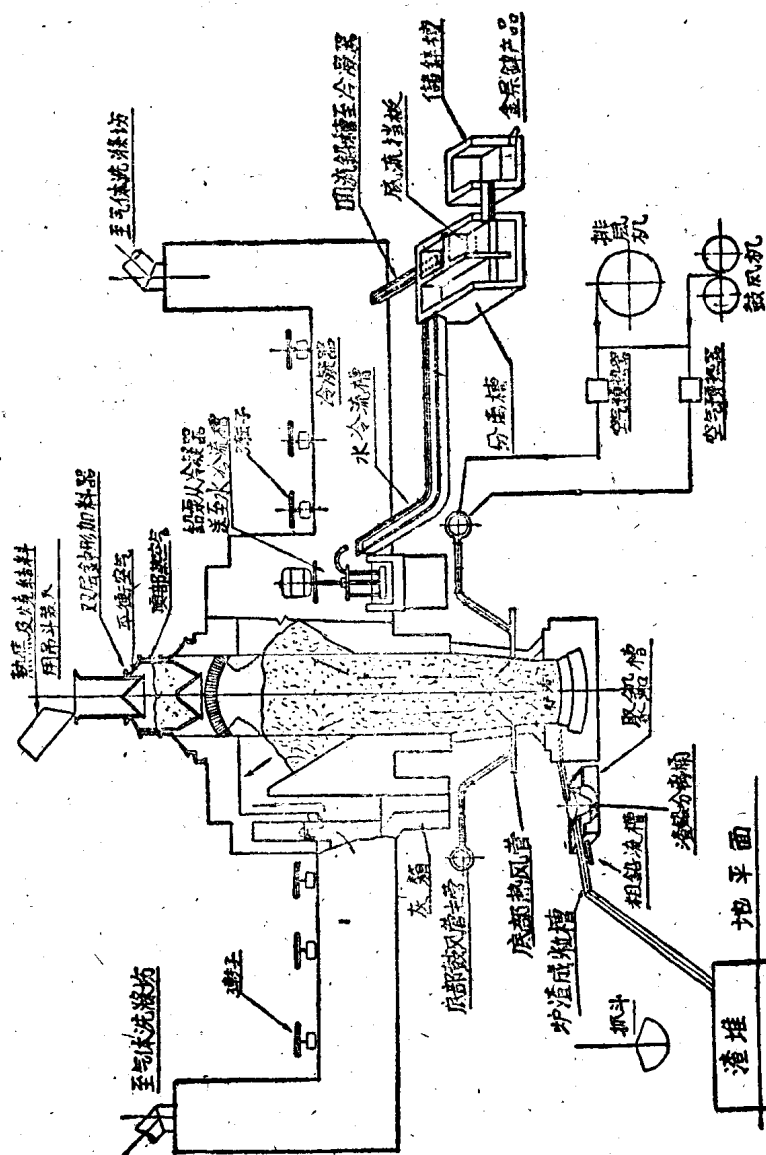
现在的設備

在阿旺茅斯已經建立了两座生产試驗爐，一座設計能力是每天产鋅 20 吨，另一座是 25 吨。这两个爐子的設計、在小型試驗爐发展的較早阶段即已着手，在試驗进程中有了許多重大改变，因而設計也随着加以改变。結果爐子的生产能力，现在分别达到每天 30 吨及 40 吨，在爐子設計的某些方面及某些附屬設備上，这个工厂受到了为早期所决定的設計的局限性。然而这两个爐子到现在所产的鋅已超过七万吨（附图）。

爐子底部具有一个帶有风管的水套，上部有衬砖的竖爐爐身。較小的一座爐子有 16 个风管和 55 呎²的爐膛面积，較大的一座有 20 个风管和 69 呎²的爐膛面积。爐子所排出的爐渣制成粒状。随着鉛鋅熔炼的进一步发展，增加了外部沉淀池设备以收集冰銅和粗鉛。爐內的含鋅热气流自爐料上部引出；爐子的頂部完全密封，每批爐料經過双层鐘形系統进入爐內。

每座爐出来的气体导入两个冷凝器，冷凝器分布在爐的兩側。每个冷凝器內有三个带垂直軸的串联的轉子，它們以不同深度浸入冷凝器底部的鉛池中。轉子造成强烈的鉛雨将气体冷却至与鉛液相近的溫度。按高低阶段装設成的轉子发出与气流方向相反的鉛流，使离开爐子后的气体，被迅速冷却至 600°C 以下 在其离开冷凝器之前又进一步冷却至 450°C 左右。由冷凝器出来的气流中，未冷凝的鋅减少到进入冷凝器时的总鋅量的 5% 以下。

冷凝后的废气再进行洗滌，先是在噴霧塔內，然后是在泰森式 (Theissen) 液洗气器內，經洗滌后的废气（热值为 70~80



B, T, U/呎³) 在工厂内用于预热空气及爐料, 剩余的用于鍋爐。由噴霧塔及洗气器出来的水引至一个道尔濃縮槽来回收藍粉, 在那里过滤出来的藍粉送到燒結机作原料。

每个冷凝器內的鉛液用泵以每小时 300~400 吨的速率不断循环着, 循环系統包括一个冷凝器、一个泵池、一个长的水冷流槽和一个分离槽。改变浸入鉛液中的水冷面积就可控制传出的热量, 并改变鉛液的泵出速度来調节冷凝器冷热兩端的溫度差。水冷流槽使鉛流冷至約 450°C; 在分离槽中完成鉛液的冷却过程, 在那里, 液体鋅成为上部液层而分离。适当安排鋅与鉛的溢

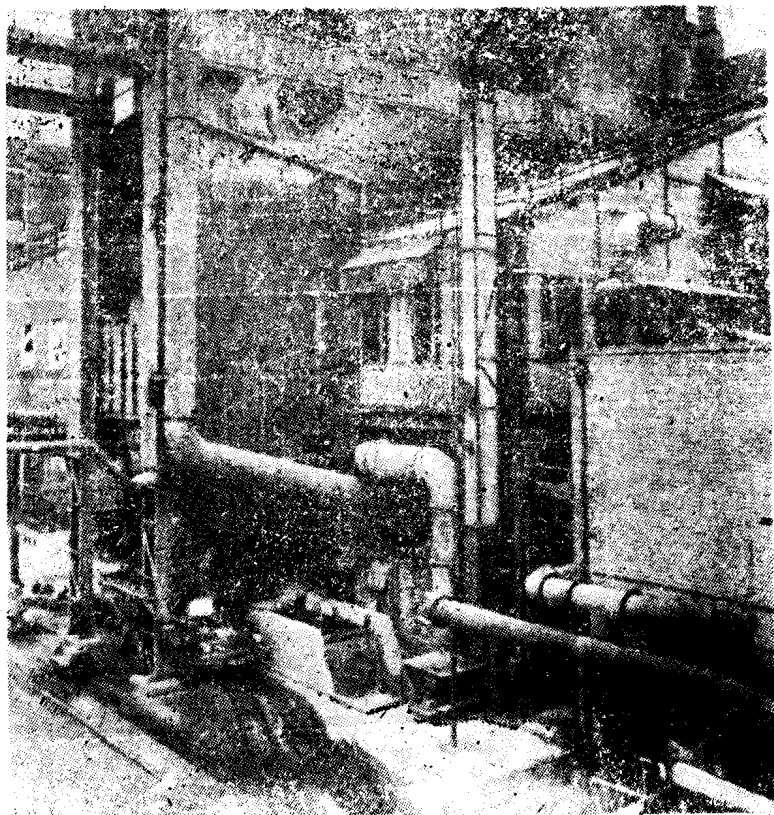


图 2 2号爐——爐渣成粒

流面，使分离槽中保持一个深度为 15 吋的鋅层，这样，液体鋅就能不断地流至一个再加热池以便加鈉除砷。冷却了的鉛液則不断返回到冷凝器去。

所产出的鋅属于 G.O.B. 号 (Good ordinary brand) 或初級西方鋅，其分析百分数如下：

Pb, 1.2%; Fe, 0.024%; Cd, 0.07%; As, 0.001%。爐渣、冰銅及粗鉛定期从爐內排出，冰銅及粗鉛停留在外部沉淀池內，爐渣則通过制粒系統。爐渣的成份，随所处理的精矿中的脉石类型而有某些不同。渣中含鋅 1 ~ 5 %，但如能严格地控制爐料成份及比例时，可使鋅的含量經常地稳定在 2 ~ 3 % 之間。渣中含鉛約 0.5%，它主要决定于前床的分离效率。

鼓风用的空气是在合金管换热器中，利用洗涤过的爐气的热来預热。預热的最高温度为 550°C。爐料在一个竖爐中用逆流的废爐气来加热。自动控制装置保証将煤气与空气的中性混合物供

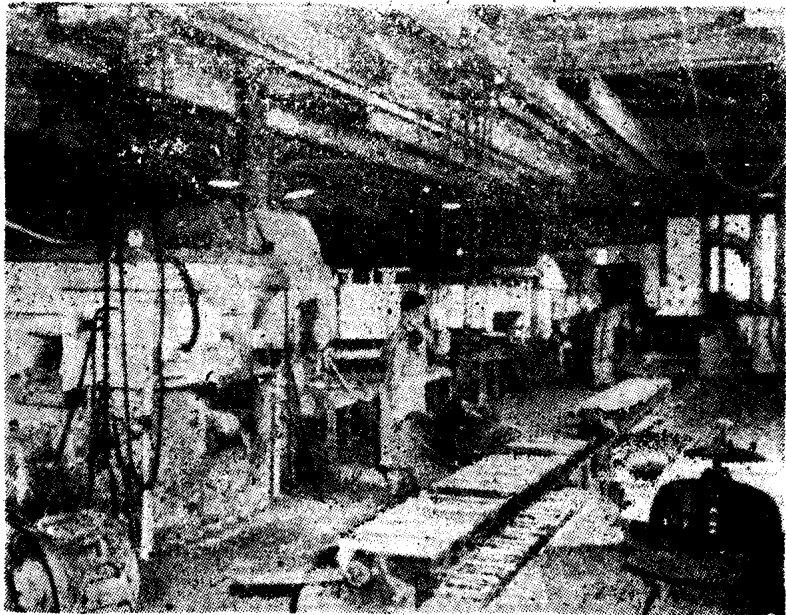


图 3 2 号爐冷凝工段——浇鑄鋅錠

应爐內。离开爐料預热室的气体具有足够的再循环来防止底部发生过热及造渣。

这个熔炼方法本身要求机械化与自动化的控制。关于这方面现在已经广泛地采用了。爐子是在稳定控制着的鼓风速度下进行工作，离开爐子的气体则用自动化挡板来控制 and 分配到两个冷凝器。空气預热室的加热采用自动控制以达到固定的空气温度，爐料預热室也采取同样方法以达到固定的进料温度和供应中性气体。

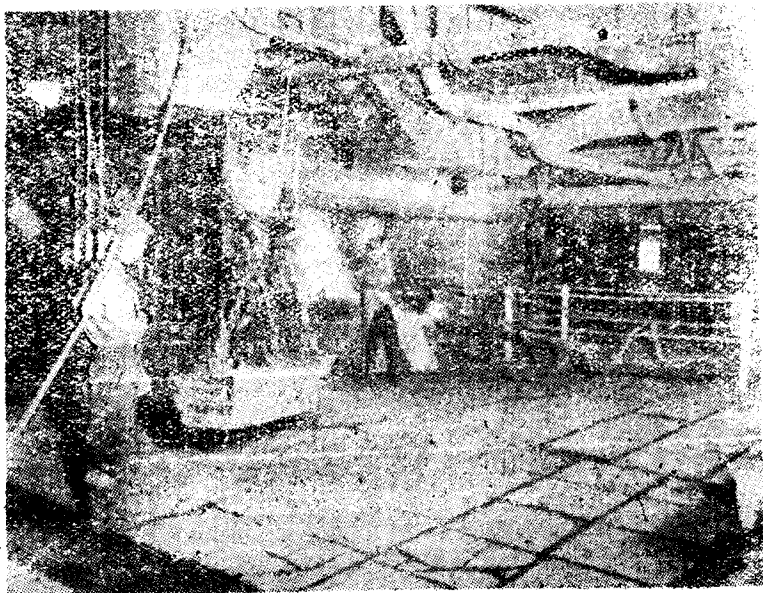


图 4 2号爐爐渣工段——1 吨的鉛錠

这个方法的理論

首先考虑爐料中鋅的蒸发，每单位碳燃烧所产出的鋅量受热平衡的制约。收入的热是下列各項之和：

- (一) 一部分碳变成 CO ，一部分变成 CO_2 的燃烧热。
- (二) 預热过的空气及爐料中的显热。

消耗的热如下：