

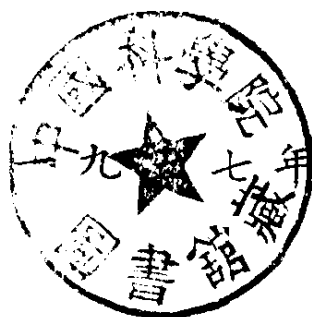
沸騰焙燒選集

有色金屬工業綜合研究所編譯

一九五七年六月

沸騰焙燒選集

有色金屬工業綜合研究所編



六月

前 言

沸騰焙燒法可用于国民經濟的許多部門，如冶金、化学、动力和石油部門等。苏联有色冶金部各企业采用新法后取得了卓越的成就，例如在鋅精矿焙燒方面，新爐的生产能力与机械爐相比，提高了4~5倍，鋅回收率也提高了2~3%，气体中二氧化硫含量增大了1倍，这就使車間和电收塵器的基建投資减少許多。焙燒其他硫化物料，如銅精矿、黃鉄矿尾矿和精矿时也可使二氧化硫的濃度增加1倍。在鉬和銻工业中采用沸騰焙燒法可使金属回收率大大地提高。此外，新法在鈷精矿、石膏、明矾石和氟化鋁等生产方面也有着很大的意义。

为配合我国在这方面的研究工作，我們特从苏联冶金出版社出版的「有关沸騰焙燒會議的報告」1956年版部分譯出，以供研究沸騰焙燒方面的人員参考。

参加本書翻譯工作的为本所技术資料研究室鄧相汉和徐珍娥兩同志。本書技术校对为于晏同志。

目 录

前言

鋅精矿的焙燒 (实驗室、半工业和工业試驗)	
Э.Я.謝列勃連尼科娃	(3)
“电鋅”工厂鋅精矿的沸騰焙燒... Г.М.施捷因加尔特	(19)
煉鋅厂焙燒車間的設計..... М.А.涅曼	(47)
国立有色金属科学研究院以大实驗規模对焙燒有色冶 金各种不同物料 (硫化銅、硫化鉄、硫化鎳、硫 化鈷和硫化鉛)研究的結果Г.Я.列捷罗維奇	(59)
关于中烏拉尔煉銅厂沸騰焙燒試驗爐的工作.....	
А.Д.施托卡列夫	(76)
国立有色金属科学研究院在扩大实驗室爐內对于硫酸 鈣分解焙燒及鎂、鉛昇华研究的結果.....	
И.В.巴賓娜	(80)

目 录

前言

鋅精矿的焙燒 (实驗室、半工业和工业試驗)	
Э.Я.謝列勃連尼科娃	(3)
“电鋅”工厂鋅精矿的沸騰焙燒... Г.М.施捷因加尔特	(19)
煉鋅厂焙燒車間的設計..... М.А.涅曼	(47)
国立有色金属科学研究院以大实驗規模对焙燒有色冶 金各种不同物料 (硫化銅、硫化鉄、硫化鎳、硫 化鈷和硫化鉛)研究的結果Г.Я.列捷罗維奇	(59)
关于中烏拉尔煉銅厂沸騰焙燒試驗爐的工作.....	
А.Д.施托卡列夫	(76)
国立有色金属科学研究院在扩大实驗室爐內对于硫酸 鈣分解焙燒及鎂、鉛昇华研究的結果.....	
И.В.巴賓娜	(80)

前 言

沸騰焙燒法可用于国民經濟的許多部門，如冶金、化学、动力和石油部門等。苏联有色冶金部各企业采用新法后取得了卓越的成就，例如在鋅精矿焙燒方面，新爐的生产能力与机械爐相比，提高了4~5倍，鋅回收率也提高了2~3%，气体中二氧化硫含量增大了1倍，这就使車間和电收塵器的基建投資减少許多。焙燒其他硫化物料，如銅精矿、黃鉄矿尾矿和精矿时也可使二氧化硫的濃度增加1倍。在鉬和銻工业中采用沸騰焙燒法可使金属回收率大大地提高。此外，新法在鈷精矿、石膏、明矾石和氟化鋁等生产方面也有着很大的意义。

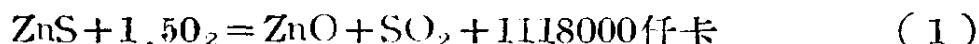
为配合我国在这方面的研究工作，我們特从苏联冶金出版社出版的「有关沸騰焙燒會議的報告」1956年版部分譯出，以供研究沸騰焙燒方面的人員参考。

参加本書翻譯工作的为本所技术資料研究室鄧相汉和徐珍娥兩同志。本書技术校对为于晏同志。

鋅精矿的焙燒(实驗室、半工业和 工业試驗)

Э.Я.謝列勃連尼科娃

为了氧化焙燒硫化鋅精矿，苏联所有各工厂均采用机械耙动的多层焙燒爐。在精矿中含有为数达 78% 的閃鋅矿 ZnS 主要按下列放热反应进行氧化：



苏联大多数煉鋅工厂都用水冶法煉鋅。采用这种方法时，对焙燒爐有如下要求：

- 1) 最大限度地脫硫，并在焙砂中留下 0.2~0.3% 硫化物状态的硫和 2~4% 硫酸鹽状态的硫；
- 2) 使所获得亞鉄酸鋅 $ZnO \cdot Fe_2O_3$ 和酸溶性夕酸的含量最小；
- 3) 避免粘結，并使全部焙砂呈粉末状态；
- 4) 取得濃度最大的二氧化硫用以生产硫酸。

根据精矿化学成分的不同，焙燒在 $650^\circ \sim 900^\circ C$ 下进行。在爐层总面积为 230 平方米的七层焙燒爐中，每晝夜焙燒 30~40 吨鋅精矿。气体中 SO_2 含量为 4.0~4.5%。煙塵排出量佔裝料量

1. 国立有色金屬科学研究所火法冶金实驗室的И.В.巴賓娜，В.К.魯波普尔，В.И.斯卡契科夫等工作人員在Г.Я.列捷羅維奇领导下进行了实驗室的研究。

国立有色金屬科学研究所的Г.Я.列捷羅維奇，И.В.巴賓娜和 Э.Я.謝列勃連尼科娃；工厂的Г.М.施捷因加尔特，А.И.阿拉維爾多夫，В.Д.阿列克謝耶夫和А.И.布留德涅夫，Ф.Г.翟采夫等进行了工厂的研究。

的 5 ~ 8 %。重油消耗量佔精矿装入量的 2.2 %。精矿約需 5 ~ 6 小时通过爐子。

用另一种較先进的焙燒方法（悬浮焙燒）时，必須將全部精矿磨碎，使 95 ~ 97 % 的精矿顆粒小于 0.07 毫米。采用此法可提高爐的生产能力 1 ~ 2 倍，并能提高气体中 SO_2 含量达 6 ~ 9 %。但是，由于必須將全部精矿細磨而使工艺复杂化，这就妨碍了此法在国外推廣。在苏联，此法經国立有色金属科学研究院研究，但未运用于工业上。

国立有色金属科学研究院同“电鋅”工厂一起研究了并运用了新的更先进的沸騰焙燒鋅精矿的方法，此法与多层焙燒爐和悬浮焙燒相比較，具有頗大的优越性：爐子構造簡單，工艺过程不甚复杂，焙砂質量較高以及爐子生产能力較大。下面將簡要地叙述一下實驗室、半工业的試驗和工业上的运用，并說明这些工作的主要过程。

實驗室試驗

1946年，在国立有色金属科学研究院火法冶金實驗室进行了关于鋅精矿采用沸騰焙燒的首次研究。为研究假液化所必需的空气临界速度，制定了气体动力学模型。

为研究硫化矿和鋅精矿氧化过程的动力学，制定了两种研究方法。这两种研究方法比經常采用的燒船內焙燒称样的方法更接近于沸騰焙燒的条件。

第一种方法在于：將密緻試样矿物磨光，并直接測定其表面，而对近似球狀的精矿块則測定其直徑。用托架將試样装入管式爐內，研究爐內在气体圍繞矿物整个表面自由流动的条件下，溫度对焙燒的影响。氧化速度可用气体分析法和氧化帶測定法測

定。这些試驗的實驗室設置图示于图 1。

对小顆粒物料所采用的第二种方法几乎完全相同于沸騰焙燒，其差別只是以間断的过程代替了連續的过程；試驗系在立式陶制气密管中进行，管内部具有多孔的陶制隔板。將此管放入电爐內。达到必需的溫度时，由上向隔板裝入被研究的精矿，而由下鼓入空气。收集随气体帶走的部分精矿，根据气体和固体焙燒产品的分析求出焙燒过程的速度。

在溫度 $800 \sim 900^{\circ} \text{C}$ 下进行研究后确定：对于直徑在 0.7 毫米以下的閃鋅矿顆粒进行概算时，可以采用下列簡化公式：

$$t = 66d,$$

式中 t — 氧化時間，分鐘；

d — 矿物顆粒的等值直徑，厘米。

按照这个公式，例如，直徑为 0.05 毫米的顆粒氧化时，需要 0.33 分鐘（20 秒鐘）。对于較大的顆粒，其数据如下：直徑約 1 毫米的顆粒在 30~40 分鐘內被氧化，直徑 2.6 毫米的顆粒在 60 分鐘內被氧化，直徑 9.5 毫米的顆粒在 150 分鐘（2.5 小时）內被氧化。

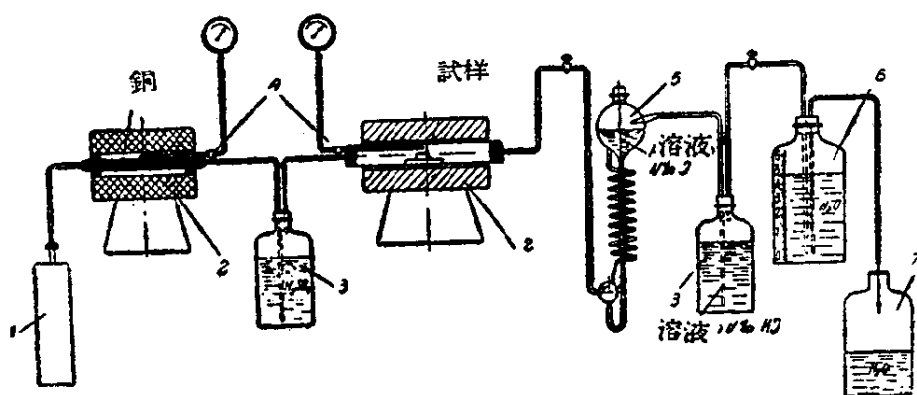


图 1 供研究焙燒速度用的設備系統图：

1 — 氮氣筒；2 — 管式爐；3 — 吸收器；4 — 帶電流計的熱電偶；5 — 吸附器；6 — 量瓶；7 — 接受瓶。

1948年設計了帶有一層底的連續操作爐。在爐的構造中必須考慮到鋅精礦焙燒的特點，就是當氧氣過剩和溫度低於 700°C 時，排除殘硫會引起很大的困難。這就須要在精礦運行的道路上即爐長上，調節空氣的供給。這樣一來，考慮到，焙燒應當是在精礦沿着平面自爐頭至爐尾的運行中進行，所以使爐膛成為最簡單的平行六面體的形狀。

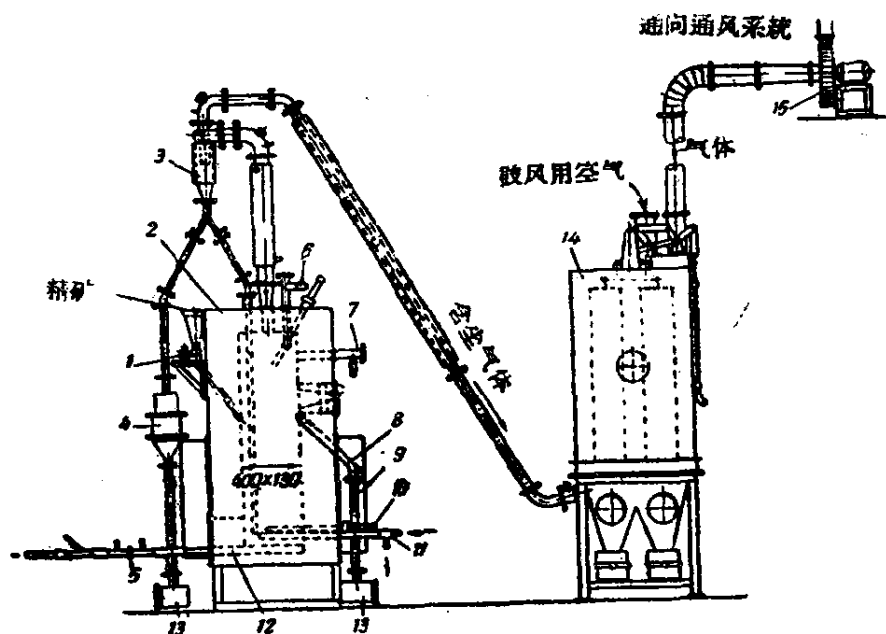


圖 2 實驗室連續操作爐：

1—帶有傳動裝置的給料器；2—焙燒爐；3—旋渦收塵器；4—貯礦槽；5—銳孔流速計；6—取氣體的管接头；7—取壓力的管接头；8—排料管；9—電熱器；10—熱電偶；11—冷卻器；12—空氣分佈底；13—承受槽；14—布袋收塵器；15—排風機。

圖 2 所示為大型試驗室用的連續操作爐。爐膛寬 130 毫米，高 1370 毫米，長 400 毫米，容積 0.085 立方米。爐壁用耐火板砌制。爐底用鋼板制成箱形；爐底寬 130 毫米，長 410 毫米，箱高 80 毫米，爐床面積 530 平方厘米。

為了使爐預熱，在爐壁上插入幾個金鋼砂制棒。在一側爐壁

上安裝一个給料器，精矿由給料器經過漏斗和通道裝入爐內。焙砂經過对面壁上的爐坎排入承受槽內。煤气和烟塵上昇到爐的上部，然后进入旋渦收塵器、布袋收塵器、排风机和排气系統。为了研究沸騰层高度以及沸騰层上方爐膛高度对焙燒的影响，改变了卸料爐坎的高度和爐頂的高度。在試驗过程中，爐膛容积可由 0.018 立方米变化至 0.05 立方米。

为研究爐底的結構，試驗了各种不同的空气分佈箱。曾試驗过多孔的陶制板和金属板（帶有圓孔的鋼板）。使用帶有 1.0~1.5 毫米圓孔的金属板时，获得了良好的結果。

在 1948 与 1949 年內的實驗中，每晝夜爐的生产能力达 70~120 公斤鋅精矿，即 24 小时內每平方米爐床面积达 2400 公斤。在 700~900°C 溫度下，用各种不同的鋅精矿进行了試驗。編制了完整的物料平衡表。藉安裝在沸騰层內的水管或冷却器排出硫化物氧化放热反应所放出的过量热，就可以調节焙燒溫度。

在大型實驗室爐中精矿送入爐內，溫度的調节以及抽力制度均为自动化。

半工业試驗

1949 年，国立有色金属科学研究院設計了一种每晝夜生产能力为 5 吨的試驗爐。此爐于 1951 年 3 月建成。試驗爐的構造原則上与上述連續操作的大型實驗室爐沒有区别。試驗爐的形狀是平行六面体形。爐膛內部尺寸如下：長 3280 毫米，寬 940 毫米，爐床面积 3.1 平方米，爐膛总高 2900 毫米。为研究爐膛各种不同高度对于焙燒过程的影响，第一批試驗时，曾用爐頂將爐膛分为 3 个單独的室。室的高度相应地为 970，2090 和 2900 毫米。

在 1951 年六個月內，国立有色金属科学研究院的工作組与

工厂的工作人员在密切合作之下进行了取样，調整裝置和实验操作。在这一时间内，爐子及其它設備进行了多次改建。

在各种不同条件下进行了 17 次試驗，处理了 340 吨鋅精矿和 20 吨黃鉄矿。在探索最合宜的规范中，每次試驗的延續時間介于 1 ~ 5 晝夜之間，試驗在适宜规范下連續进行了 10 晝夜。爐的生产能力为 9 吨或每晝夜每平方米爐床面积 2.9 吨精矿。为了保持焙燒规范不变，未进行更高的爐生产能力的試驗。

由于沸騰层上方爐膛高度的变化以及决定沸騰层高度的爐坎高度变化的結果，查明，爐坎上方爐膛高度由 1950 改变至 2600 毫米对烟塵的吹出量无显著的影响。关于爐膛高度对于鋅精矿焙燒时烟塵中硫含量影响的数据列示于表 1。

从表中看出，半工业条件下获得的烟塵中的硫含量大大低于实验室試驗时获得烟塵中的硫含量。这就証实了沸騰层上方爐膛的高度对于烟塵中硫化物氧化的影响。

爐膛高度对于烟塵帶走物中硫含量的影响 表 1

爐	沸騰层上方 爐 膛 高 度 (毫 米)	硫 含 量, (%)	
		总 的	硫化物的
实验室的	500	10.0	8.0
半工业的	2200	6.4	1.6
工业的	2700	4.0	1.6

进一步的試驗系用返回烟塵进行。此时，焙砂的質量不但沒有变坏，而且焙砂自爐內的排出量增加了。因此，返回爐內的烟塵并非完全重新随气体吹出，而是部分地同焙砂一起从爐中排出。

改变沸騰层的高度于 300 ~ 700 毫米之間，对于焙燒質量及

烟塵的吹出量沒有影响，而对于爐子的热慣量却有显著的影响：停止鼓风或改变精矿的供給量时，料层愈高，即层中热量愈大，則爐中焙砂的溫度改变得愈慢。在工厂条件下，提高过程中热的稳定性就可使操作容易，因此，使层变厚从而在較大压力下送入空气是有益的。根据这一点，在下步試驗中采取层高 700 毫米，此高度要求空气室內鼓风压力約为 900 毫米水柱。

單位生产能力及焙燒質量在試驗过的長与寬之比为 3—4 範圍內同爐的長与寬之比无关。

决定焙燒过程整个过程的假液化的質量取决于爐底上空气分佈的均匀程度。因此，在研究和拟制空气分佈爐底的構造上化費了許多時間。必須解决的問題如下：選擇物料，求出孔的形狀和尺寸，測定孔的間距，保證爐底不落料地工作。

結果，建議并拟制了不落料的空气分佈板的結構（图 3）。爐底由兩块平行鋼板制成，鋼板上有直徑为 2~3 毫米的圓孔，圓孔在兩块鋼板上呈棋盤狀排列着，其間距为 22~25 毫米。这种簡單的結構保證了空气均匀分佈以及获得优質焙砂的，并可避

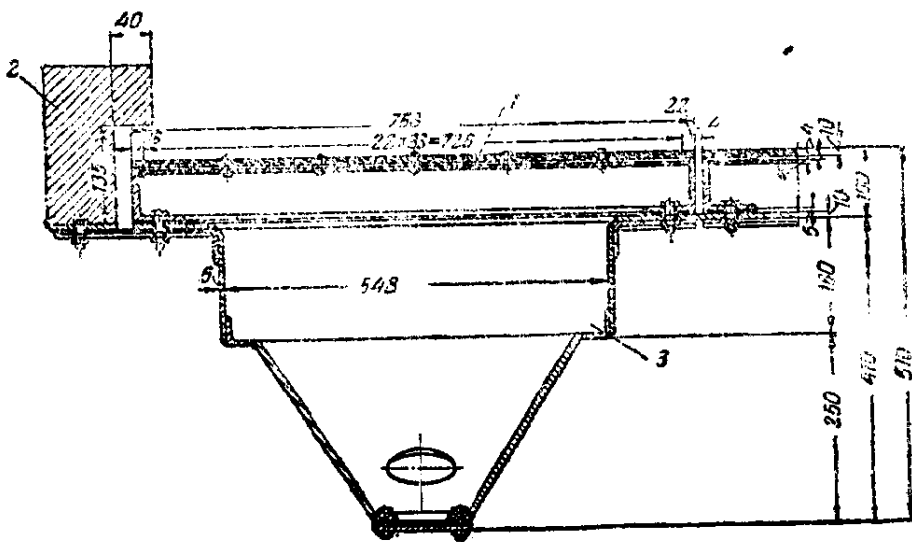


图 3 空气分佈底

1—鋼制空气分佈板；2—爐壁；3—空气箱

免爐瘤的生成以及焙砂漏入空氣箱內。空氣分佈板雖然有彎曲現象，但能令人滿意地連續工作數月。

為保持規定的溫度，必須藉冷卻器冷卻沸騰層，試驗了各種不同結構的冷卻器後確定，必需同時採用固定式和非固定式的冷卻器。固定式冷卻器製成水冷外套形狀，安裝在沸騰層區域的工業爐側壁上。非固定式冷卻器乃是通過爐頂的水冷卻管。將冷卻器自動上升或將其放入沸騰層就可改變它的受熱面。

精礦裝入爐內的均勻性和連續性是遵守規定的焙燒規範的重要條件。為裝入精礦，依次地向爐上安裝了和試驗了下列各種類型的給料機：單螺旋的，雙螺旋的，流槽的和盤式的。盤式給料機的效果最好。

沸騰焙燒各種精礦時（和懸浮焙燒一樣），用旋渦收塵器捕集自爐內吹出的煙塵量佔裝料量的 40~50%。被氣體帶出的煙塵應返回到爐內重新進行焙燒。

用半工業爐焙燒鋅精礦的結果與用爐底面積小 60 倍的大型實驗室爐的試驗結果非常相近，並且發現，轉入較大的規模時，指標好轉，同時發現焙燒的結果與爐底面積的大小關係不大。

根據所獲得的數據提出了設計一種每晝夜生產能力為 100 噸鋅精礦的新型工業爐的任務。

工業運用

半工業試驗的第二年（1952年），每晝夜生產能力為 10~12 噸鋅精礦的爐，事實上已經開始工業操作了；這就幫助了工廠完成鋅和硫酸的計劃。

根據半工業試驗的優良結果，採取了使試驗爐適應於工業操作的決定。

工业爐的基本尺寸：寬—1.4 米，長—5.3 米，爐底面积—7.4 平方米，爐膛高—3.4 米，爐膛容积—21.2 立方米。

爐的下部—爐底—是空气分佈板，它与四面豎立的磚牆紧密地連接着，牆上盖有磚頂。

精矿通过爐頂或通过爐首的端牆裝入，而焙砂經過高 700 毫米的爐坎卸于料仓內。焙燒气体經過位于爐頂的豎管从爐內逸出。

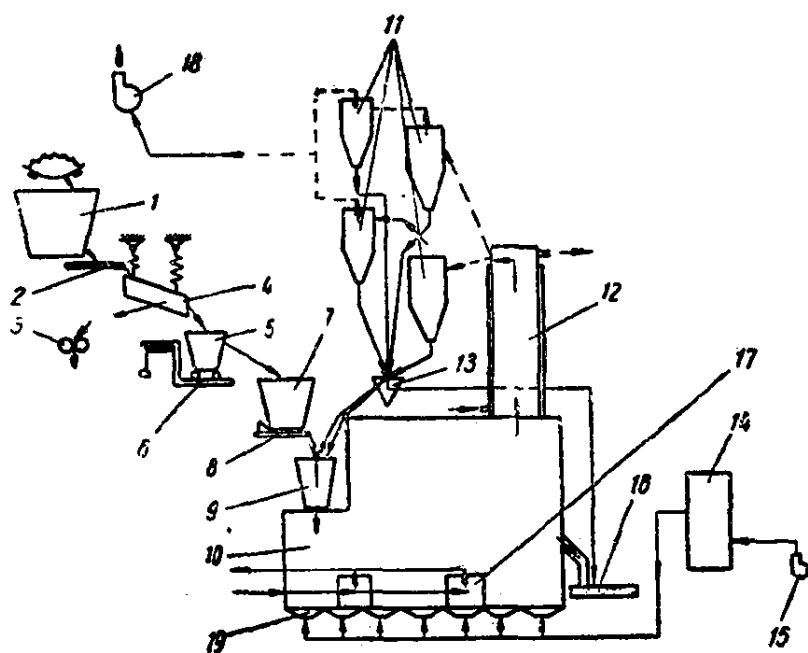


图 4 “电鋅”工厂工业試驗爐設備系統图

1—容納 50 吨精矿的料仓；2—运输机；3—对輥碎矿机；4—振动篩；5—料車；6—磅秤；7—料仓；8—盤式給料机；9—流嘴；10—焙燒爐；11—旋渦收尘器；12—帶有水套的烟道；13—儲尘槽；14—压力調整罐；15—透平鼓风机；16—溜槽；17—水箱；18—排风机；19—爐底。

图 4 所示为工业裝置的設備系統图。在1953~1954年期間，在这个工业爐內处理了 10000 吨各种品級的鋅精矿，每晝夜每平方米爐底面积的單位生产能力达到 5 吨精矿。

在工业爐的操作过程中，曾进一步檢查了爐的某些構造部件

沸騰焙燒产品的化学成分

表 2

爐底面积	精	焙 燒 产 品	Zn	ZnH ₂ SO ₄	ZnH ₂ SO ₄ 的 佔量的%	燒	S	S	Pb	Ca	Fe	As	Se	SiO ₂ 的 佔量的%	SiO ₂ 的 佔量的%	SiO ₂ 的 佔量的%
平方米	矿															
3	A	精矿	52.26	—	—	29.62	—	—	2.14	0.16	6.66	—	—	3.38	—	—
		焙砂	55.50	52.72	95.1	4.28	3.98	0.30	3.03	—	6.61	0.015	0.037	3.47	0.45	12.9
		旋渦收尘器烟尘	54.75	47.95	87.7	6.43	4.83	1.60	2.79	0.20	6.93	0.085	0.025	1.67	—	—
		电收尘器烟尘	37.6	33.3	88.5	11.2	11.1	0.1	3.60	0.32	—	0.019	0.015	—	—	—
7.4	B	精矿	50.17	—	—	31.2	—	—	1.06	0.23	0.39	—	—	—	—	—
		焙砂	55.4	49.5	89.5	1.95	1.37	0.58	—	—	—	—	—	—	—	—
		旋渦收尘器烟尘	53.1	46.4	87.2	3.91	2.73	1.18	—	—	—	—	—	—	—	—
3	B	精矿	49.67	—	—	30.88	—	—	2.89	0.26	5.73	—	0.24	2.40	—	—
		焙砂	54.9	50.85	92.7	3.21	2.90	0.31	3.2	—	—	—	—	—	—	—
		旋渦收尘器烟尘	47.9	37.1	75.7	9.9	6.2	3.7	2.32	0.31	—	—	—	—	—	—
		电收尘器烟尘	36.7	32.0	87.4	11.7	11.7	0.2	3.32	0.32	—	—	—	—	—	—

并查出：

1) 盤式給料机可保証湿度不超过 6.5% 的精矿均匀地裝入爐內。

2) 兩对串联的旋渦收塵裝置在正常抽力制度下保証烟塵順利地捕集。

由于实验以及半工业运用新方法的結果，确定了沸騰焙燒鋅精矿工艺过程中全部阶段的参数。

精矿的准备，焙燒产品的成分。用以进行試驗的精矿最大的湿度为 8~10%。“电鋅”工厂为了更好地准备精矿，曾規定了下列条件：湿度 6.5~8%，团块的大小不超过 5~6 毫米。只有篩分才使沸騰焙燒精矿的准备复杂化，因为这与机械焙燒爐一样，將精矿烘乾至 5~6% 湿度并將其耙松也是必需的，但与悬浮焙燒相比較，后者需要用球磨机將所有精矿磨碎至不超过 0.07 毫米的粒度，因此，按照新方法准备工作极其簡單。

为了保証最优越的焙燒規范，需要严格遵守精矿和空气向爐內送入的比例。沸騰焙燒各种精矿的产品的化学成分列于表 2。

焙砂所含的酸溶鋅比多层机械爐获得的焙砂多 3%。在“电鋅”工厂中，多层焙燒爐焙燒精矿 A 和 Г 的混合物时，焙砂中含 88.05% 的酸溶 Zn，而采用沸騰焙燒这些精矿的混合物时，焙砂中酸溶鋅为 91.8%。沸騰焙燒的酸溶硅酸的数量不超过二氧化硅总含量的 15%，但是用多层机械爐焙燒时，酸溶硅酸的数量达到 35%。

从爐內排出的焙砂沒有小块，粒度 2~3 毫米的数量不超过 3~4%。所获得焙砂的粒度特征的变化列于表 3。

因此，由焙燒所获得的全部焙砂，不經過篩分，分級和大块磨碎等作业，而直接送去浸出，这正如用多层机械爐焙燒等所作的一样。

国立有色金属科学研究所火法冶金实验室研究了鋅精矿 (A)