

251980

有色冶金手册

第二卷 第二分册

H. H. 穆拉契 主编

冶金工业出版社

655.2

有色冶金手册

第二卷 第二分册

博士 H.H. 穆拉契教授 主編

冶金工业部专家工作办公室 譯

冶金工业出版社

有色冶金手册（第二卷·第二分册）

博士H.H. 穆拉契教授 主编

*

冶金工业出版社（北京市东黄城根45号）

北京市书刊出版业营业登记证出字第053号

中央民族印刷厂印 新华书店发行

— * —

1959年8月第一版

1959年8月 北京第一次

印数3,510册

开本850×1168·1/32·90,000字·印张9 $\frac{18}{32}$

— * —

统一书号15032·1259 定价1.20元

“有色冶金手册”第二卷第二分册包括镍、钴、锡、镉及再生重金属等有色重金属冶炼原料与成品的特性及其冶炼方法、状态图与计算数据。

本手册为有色冶金工作者，高等工业学校及中等专业学校学生的参考书。

本手册第一卷的译本分三册已在1958年出版；第二卷的译本分两册，第一分册已在1956年出版。

总 目 录

(第二卷 第二分册)

第 四 篇 镍冶金

氧化镍矿的处理.....	1
硫化镍矿的处理.....	52
镍的电解精炼.....	87

第 五 篇 钴冶金 119

第 十 篇 锡冶金 163

第十一篇 镉冶金 201

第十二篇 再生有色重金属冶金 247

第四篇 目 录

氧化镍矿的处理

第一章 氧化镍矿	1
§ 1 氧化镍矿的特征	1
第二章 处理氧化镍矿的工艺流程	3
§ 2 序論	3
§ 3 氧化镍矿的燒結	8
§ 4 氧化镍矿的鼓风熔炼法	9
§ 5 镍和銻的吹炼过程	22
§ 6 高銻的焙燒过程	23
§ 7 氧化亚镍还原成金屬镍的过程	25
§ 8 氧化镍矿的电爐熔炼法, 鍛块精炼法和氨化法	25
第三章 处理氧化镍矿的工厂的实践	27
§ 9 鼓风熔炼前物料的准备	27
§ 10 鼓风熔炼氧化镍矿的实践	33
§ 11 镍銻吹炼的实践	37
§ 12 镍高銻焙燒的实践	39
§ 13 处理氧化亚镍成金屬镍的实践	43
§ 14 采用鼓风熔炼工厂的工艺过程的控制	45
§ 15 电爐熔炼氧化镍矿成镍鉄的实践	47
§ 16 在拟定其他利用氧化镍矿方面所做之研究工作和試驗 工作及其运用結果	47

硫化镍矿的处理

第四章 硫化镍矿	52
§ 17 硫化镍矿的特性	52
第五章 硫化镍矿的处理	53
§ 18 概論	53
§ 19 水套爐熔炼	54
§ 20 反射爐熔炼	58
§ 21 电爐熔炼	64
§ 22 銅镍初銻的吹炼	68

第六章 高純的处理.....	73
§ 23 奥福德法.....	73
§ 24 希宾涅特法.....	79
§ 25 蒙德法.....	81
§ 26 专利与建議.....	85
鐳的电解精炼	
第七章 电解条件.....	87
§ 27 概論.....	87
§ 28 鐳的电化学性質.....	88
第八章 电解作业.....	96
§ 29 阳极过程.....	96
§ 30 电解液.....	99
§ 31 电解流程.....	112
参考文献.....	116

氧化鎳矿的处理

第一章 氧化鎳矿

§ 1 氧化鎳矿的特征

氧化鎳矿床可分为下列三类：

第一类——所謂“接触”矿床，位于石灰岩与蛇紋岩接触处。苏联的…些矿床（烏法里（Уфалей）与列日 Реж）和希臘的劳可里斯 Локрис 矿床均屬此类。这一类矿床的特点是化学成分极不均匀。

第二类——在蛇紋岩体表面上所生成的层状矿床，南烏拉尔的一些鎳矿床和新喀列多尼亚的矿产地属于这一类。通常此类矿床的特点是厚度大及含鎳量低，因此仅开采含鎳品位高的个别地区。

第一类和第二类矿石为蛇紋岩体經风化后富集而成的产物，鎳的含量約为 0.2%。

第三类——鉄鎳矿床，为高爐熔炼合金鑄鉄的原料，即黑色冶金原料，因此在这里，此类矿石不予叙述。

氧化鎳矿成分的变动范围极大（见表 1）。

表 2 所列为最主要的氧化鎳矿物。

从处理方法的观点上看，氧化鎳矿的特殊性質，可分为下列四点：

（1）水分多（达 40%），是矿石强烈凍結的原因，並在矿石的运输和处理方面造成了极大的困难；

（2）氧化鎳矿的絕大部分是带有坚硬夹石的易碎岩石；

（3）矿石中有用金屬的含量和脉石的成分极不均匀，並且不能进行化学分析，把矿石与脉石区别开来很困难；

（4）此类矿石不适于机械选矿。

大部分氧化鎳矿床，位于較浅的地层中，故可采用电鎚进行露天开采。

在新喀列多尼亚用人工开采，其开采段不大，並且仔細地把含鎳低及含脉石的矿石与合乎规格的矿石分开。

在苏联，大部分矿山均采用露天开采法，但是不用人工，而是用电鎚开采。开采段高度为 5—8 米。

表 1

氧化鐵矿石的成分, %

矿	床	Ni	Co	SiO ₂	Fe	MgO	Al ₂ O ₃	CaO	燃烧时的损失	水分
新喀利多尼亚										
同上		6.5		43.0	11.5	21.0	1.0	0.05	10.0	—
同上		4.0—10.0	—	34.6—50.62	6.0—16.0	15.4—29.4	—	0.05	5.0—9.0	22.0—23.0
同上		5.2	0.1—0.5	53.12	8.9	15.33	0—0.5	1.7	9.9	—
同上		5.0—5.5	—	40.42	17—21.5	5—8	—	—	—	—
同上		4—6.5	—	35—39	12—14	22.4	3.5	—	10.5	—
格列奇 (洛克里斯)		5.2	—	28.86	28.0	裂痕	14.64	0.15	—	—
北加罗林		0.9	—	26.5	15.4	7.2	4.1	0.5	8.4	—
同上		1.40	—	34.0	1.0	48.0	3.4	—	10.0	—
烏拉爾		—	—	50.0	16.45	2.65	7.30	2.50	10.0	—
北烏拉爾 (列日)		—	—	40—50	11—18	1—5	15—20	1—2	—	20—25
南烏拉爾 (含鐵的)		—	—	34	24	7.5	5.0	2.0	—	—
同上 (变化的)		—	—	4—53	8.5—44	1—23	1—15	1—17	—	—
同上 (含鉄及鉄氧的)		—	—	37.5	13.5	20	3	2	—	—
同上 (变化的)		—	—	19—53	4.5—31	2—24	0.6—3	0.0—18	—	—
同上 (含鉄氧的)		—	—	38	8.5	28	2	3	—	—
同上 (变化的)		—	—	32—38	6—17	14—24	0.6—4	0.2—14	—	—
同上 (含鉄高岭石的)		—	—	47.0	19	8	3	1.5	6—12	25—40
同上 (蛇紋石的)		—	—	50	10.5	16	2	2	—	—

注解: 在1939年, 新喀利多尼亚矿石的平均含铁量为3.75%。氧化鐵矿石中鐵主要是复杂的鐵錳硅酸鹽存在 (硅鐵錳矿等)。根据某些研究工作人員的意見, 矿石中大部分的鐵是呈浸漬在鹽基的氯化物存在的。矿石中的鉄錳常呈含水氯化物 $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ 存在着的。

表 2

氧化鎳礦物

礦 物	晶 系	化 学 成 分	硬 度	比 重
綠鎳礦 (氯鎳礦)	六方晶系	NiO	5.5	6.5
錫翠玉	"	$\text{NiCO}_3 \cdot 2\text{Ni}(\text{OH})_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	5.0	2.6
(翠鎳礦)				
鎳矾	"	$\text{NiSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	2.0	2.0
細粒蛇紋石	"	$2\text{NiO} \cdot 3\text{SiO}_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$	—	2.65
暗鎳蛇紋石	"	$(\text{Ni}, \text{Mg})\text{O} \cdot \text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$	2.3	2.3—2.8
油光蛇紋石	"	$(\text{Ni}, \text{Mg}, \text{Ca}, \text{Al})\text{SiO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$	—	—
硅鎳鎳鐵礦	"	" 加 FeO	—	—
鎳蛇紋石	"	$4\text{NiO} \cdot 3\text{SiO}_2 + \text{MgO} \cdot \text{SiO}_2 + 12\text{H}_2\text{O}$	—	—
鎳鐵綠泥石	"	$\text{R SiO}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ R=Ni, Mg, Fe	—	2.77

開采前，按照 12.5×12.5 米的方格，鑽探個別的水平層，取樣並分析鎳、鉍、二氧化硅、氧化鎂、鐵及氧化鋁等，並根據化學分析結果劃分成各個區段。進廠的每個裝載礦石的车廂上的說明書中，必須標明礦塊的號碼，以便冶煉人員能够依照各種類別的礦石的化學成分進行配料。

第二章 處理氧化鎳礦的工藝流程

§ 2 序 論

在各國實踐中曾經採用下列方法處理氧化鎳礦：

- (1) 將礦石與含硫熔劑（石膏、黃鐵礦）一起在鼓風爐內熔煉成初銻，然後將初銻處理成金屬鎳。
- (2) 用電爐將礦石熔煉成鎳鐵合金。
- (3) 在迴轉爐中用鍛塊法熔煉成鎳鐵。
- (4) 氮化法。

在國外，曾在基奧(Тно)和紐米亞(Нумса)（新喀列多尼亞）兩工廠中採用了上述第一種方法，這兩工廠是進行鼓風熔煉與吹煉，然後在加夫爾(Гавр)和杜費耳(Дуффел)兩工廠中把高銻處理成金屬鎳。

蘇聯的某些工廠採用鼓風熔煉。

採用鼓風熔煉的工廠的工藝流程見圖 1—5。

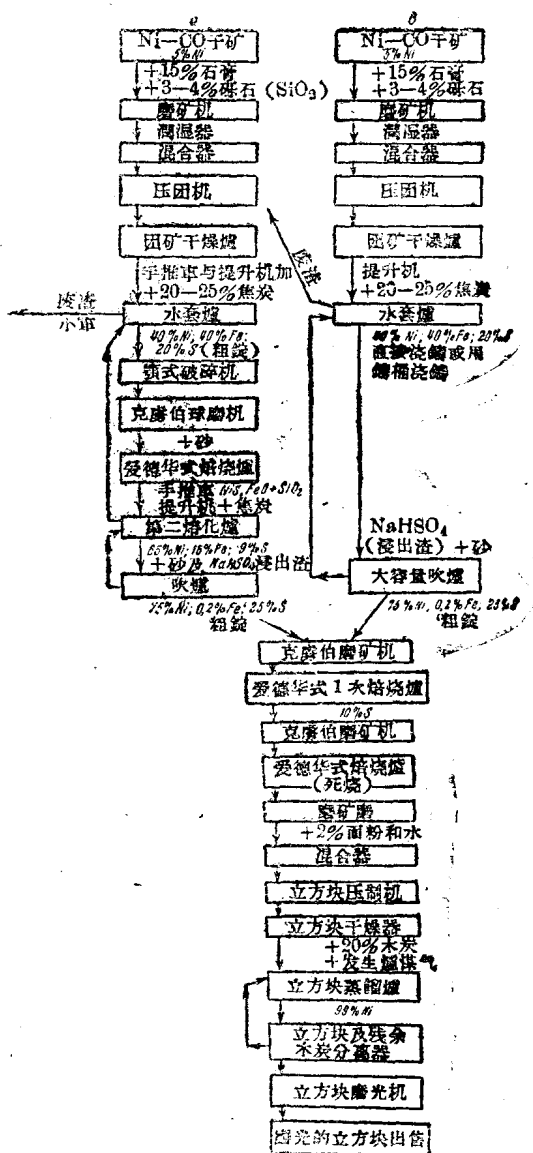


图 1 新喀列多尼亚的镍矿处理流程图

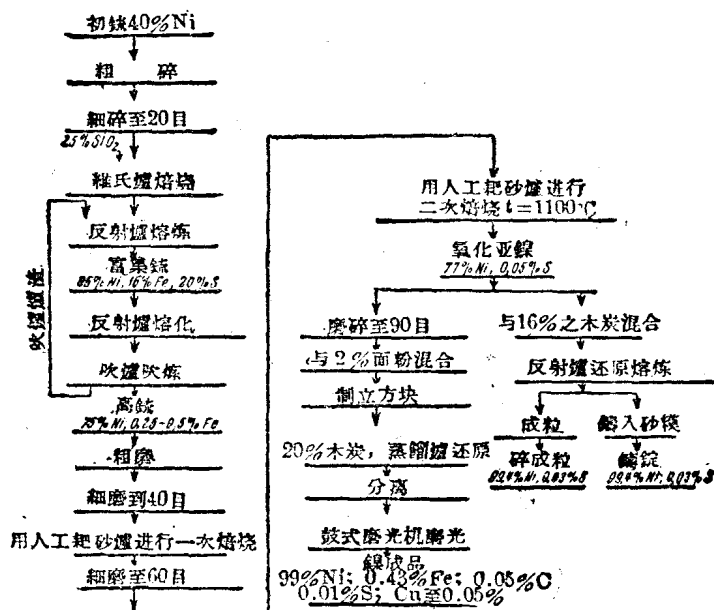


图 2 新布仑斯维克处理镍矿的流程图

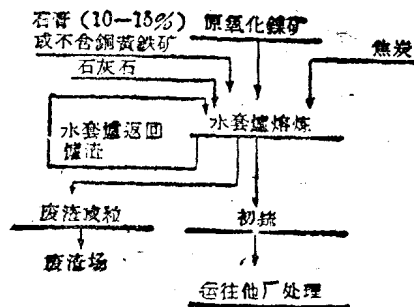


图 3 小型矿床镍矿的处理流程图

图 1 所示为新喀列多尼亚的矿石熔炼成金属镍的流程。

图 1 流程中的方案 a（经过磨细、焙烧、将一次初镍经富集熔炼成为高镍的二次初镍——富集镍）已因逐渐掌握了吹炼方法而被放棄，最近新喀列多尼亚仅用图 1 所示的方案 b，即直接吹炼一次初镍。此流程中所示用团矿办法作为熔炼前准备矿石的方法，以及焙烧法和氧化亚镍还原法均已落后。

图 2 所示流程为新布仑斯维克（Нью-брунсвик）厂用求精炼含 40% Ni 的镍初镍，此初镍乃是新喀列多尼亚矿石经鼓风熔炼后所得的。该厂业已全部拆除，而列举其流程主要是为了指出镍初镍精炼方法发展的道路。

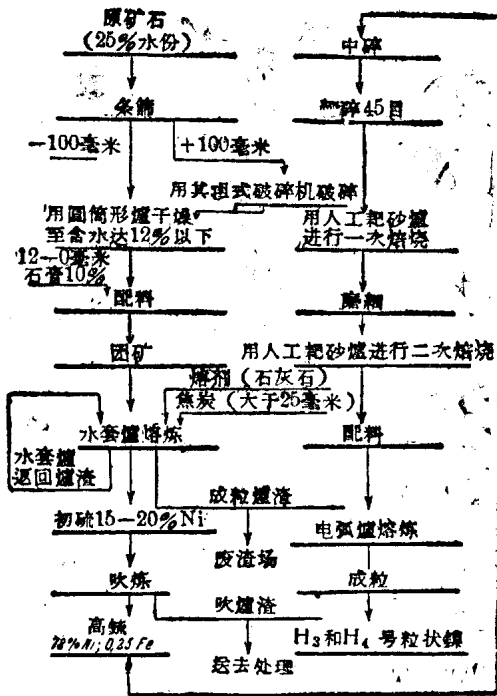


图 4 用机械干燥炉干燥矿石，并用已改进之方法处理氧化亚镍的镍矿处理流程图

图 3——5 所示之流程为图 1 之派生流程。

图 3 所示流程颇为简单，仅用于处理薄矿床镍矿的小厂。

图 4 为介于图 1 与图 5 之间的流程。此流程仅在将氧化亚镍处理成金属

鍊的方法上，以及采用机械化方法干燥矿石方面较为完善。

图5所示流程与图1及图4之流程很不相同。在图5之流程中，利用较完善的烧结法在熔炼前准备矿石代替了团矿法；高铈是在机械炉而不是在坩式炉中焙烧；氧化亚铈则在电炉中处理成金属铈。

新喀列多尼亚亚台 (Haro) 工厂，曾采用电炉将矿石熔炼成铈铁。根据现有资料，为了保障纽米亚厂鼓风熔炼生产较为经济的作业，在苏联卫国战争的前数年亚台厂业已关闭。

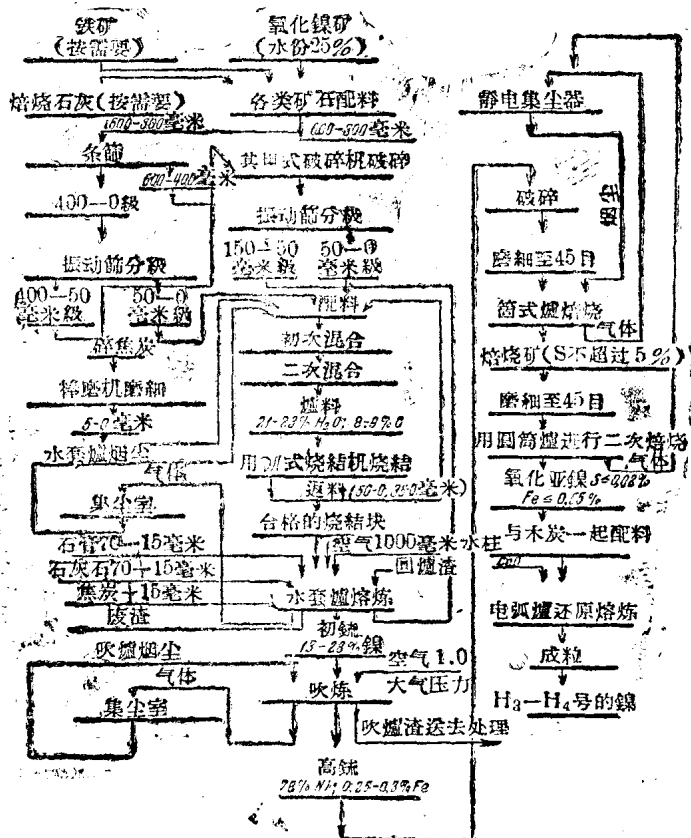


图5 包括烧结，在机械炉中焙烧高铈，以及在电炉中还原氧化亚铈的铈矿处理流程图

- 在迴轉爐中將氧化鎳礦煉成鎳鐵的鍛塊法，曾在德國工業中應用。
- 在古巴島尼加拉鎳業公司的工廠中，曾於1943年實行過新的氮化法。

§ 3 氧化鎳礦的燒結

各類礦石的混合物、水套爐煙塵、回爐產物及作為燃料的碎焦炭送去燒結。燒結時，定時地將鐵礦加入爐料中。

鎳礦的燒結是在爐料各組成交互作用的條件下進行，有這些組成的反應放熱、惰性和吸熱的〔4〕。屬於放熱反應的組成主要是燃料和硫化物（當有其存在時）；惰性的組成是返回產物、水套爐煙塵、某些氧化物及硅酸鹽；吸熱組成為石灰石與其他碳酸鹽、含水氧化鐵及水分。

按照物相分析，由氧化鎳礦燒成的燒結塊中有下列四種組成：

- （1）鐵、主要是成磁性氧化鐵（在礦石中呈含水氧化鐵），以及一部分成鐵橄欖石；
- （2）大量的多水海泡石——含水硅酸鎂；
- （3）鎳、大多數成复合硅酸鹽，及氧化亞鎳與燒結塊中，其他組成所生成的固溶體存在；也確定有金屬鎳存在；
- （4）確定有：呈石髓狀的游离二氧化硅，鎂鐵礦、碳酸鹽、暗鎳蛇紋石、方鎂石夾雜物、鈣橄欖石。

在燒結過程中礦石的主要變化如下：吸附水完全蒸發，結構水幾乎完全蒸發，氧化鐵還原成磁性氧化鐵和鐵橄欖石，碳酸鹽分解，某些氧化物部分造渣和極少量的鎳還原。

在燒結過程中由於吸入空氣而燃燒，起先是爐料的表面着火，其後即隨着氣流的方向移動。必須將過程進行的下列四種垂直速度區別開來：干燥、着火、吸熱和放熱反應。

這些速度應該有一定的相互關係。干燥的速度不應超過着火的速度太大；着火的垂直速度應儘可能等於而不超過各種反應速度；吸熱過程開展的垂直速度（碳酸鹽的分解，水分的蒸發等等）。必須大於放熱反應的垂直速度。

干燥、着火、吸熱及放熱反應的進行速度，以及也是整個的燒結速度，在頗大程度內取決於鼓風強度：鼓風強度愈大，則碳的燃燒愈猛烈（即放熱反應速度愈快），因而在單位時間內，隨着吸入爐氣通過料層所放出的熱量也愈多，故干燥、着火和吸熱反應展開的速度也愈大。

燒結時，爐料的物理變化決定於爐料熔化的開始；生成的爐渣黏結了欲

燒結的物質而成為燒結塊。燒結塊應多孔，使能夠在熔煉時為氣體所通過，即不應過度地熔化，同時燒結塊應該有足夠的強度。熔化不足則又會產生強度不夠的燒結塊。

為燒結過程造成適當條件的基本辦法如下：

(1) 精心配料，使爐料的全部組成（具有最適當的粒度）與燃料均勻混合，防止爐料在送往燒結機途中發生偏析；

(2) 爐料中的含碳量及其粒度要按照已得出的合適數值保持不變，（碳量過多會大大減慢作業過程，因為液相析出過多，這就減低了透氣性能，及迫使消耗更多的時間將碳燒盡；如碳不足，則導至燒結塊強度不夠；

(3) 在下列情況下能保證爐料具有良好透氣性能：爐料最適宜的水分與粒度；以及加入足量返料（混合時加入水有助於使細小爐料凝聚成團，而燒結時水分蒸發，形成氣孔促使燃燒產物滲透爐料）；

(4) 保證着火的最好條件（應按點火室所有面積均勻地着火；點火溫度應足以使爐料中的碳着火，同時不能引起爐料表層過度熔化；爐料表層過度熔化，則會大大地減低燒結過程；

(5) 保證料層最適宜的厚度和燒結時間，（即調整燒結帶的速度，時間不足會使料層產生不燒結部分，時間過長則會產生機械性能低的“過氧化燒結塊”）；

(6) 保證強烈的鼓風，因而碳也強烈燃燒，這須依靠仔細密封燒結機的抽氣系統，最大的利用抽風機的能力和將爐料裝到燒結帶時須按其粒度正確分配。

對於蘇聯一些錳礦床礦石的混合物最適合的條件如下：

1) 爐料中碳含量為 7.5—9%；

2) 爐料水分 21—23%；

3) 爐料中返料含量不低於 20%；

4) 碎焦炭的粒度為 3—1 毫米；

5) 在點火室內爐料表層的溫度為 1100—1150°。

這些礦石的許多關係，見圖 6—13。

這些關係的同樣特性對於其他礦床的錳礦來講也是如此，但數值不同。

§ 4 錳化錳礦的鼓風熔煉法

送去鼓風熔煉的有以下几种物料：呈团矿或燒結塊（有时为生矿）的錳矿，硫化添加剂（通常为石膏、有时为不含銅的黃鉄矿），熔剂（通常为石

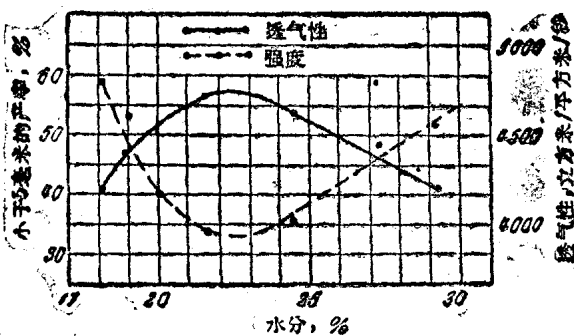


图 6 烧結时水分的影响

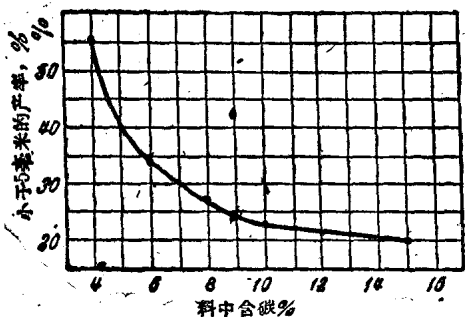


图 7 碳对燒結块質量的影响

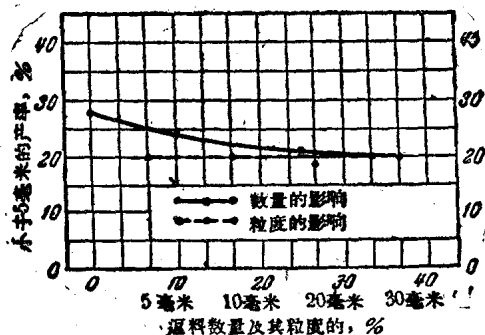


图 8 返料对燒結块質量的影响

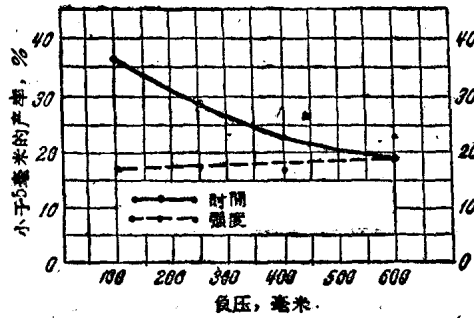


图 9. 负压对烧结时间及烧结块质量的影响

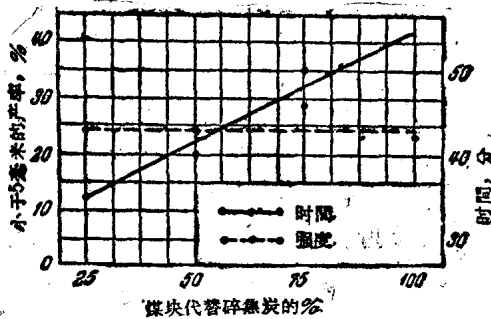


图 10 以煤屑代替碎焦炭对烧结块质量及对燃烧完全的时间的影响

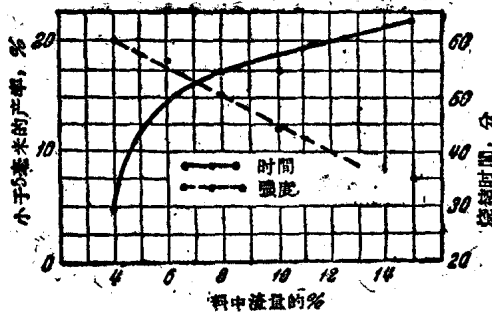


图 11 水套渣对烧结时间及烧结块质量的影响