

从轉炉渣提取鈷

〔苏联〕 B. M. 斯米尔諾夫等 著

張 國 康 等 譯

本书是根据苏联冶金科技书籍出版社 1963 年出版的 В. И. Смирнов 等著 “Извлечение кобальта из конвертерных шлаков” 一书译出的。

书中叙述了转炉渣处理过程的理论基础和现代实践，以及改进现有工艺的途径。着重点放在处理转炉渣的火法冶金问题上。湿法冶金过程在单独的章节里作了叙述。书中援引了乌拉尔工业大学和苏联其他院校以及工厂的试验车间所完成的有关处理转炉渣和转炉渣的科学研究成果。

本书可供冶金生产人员、科学工作者以及高等院校学生使用。

参加本书翻译的有：那富智（序言、第三章）、唐家忠（第一章、第七章、结束语）、徐广生、史友尚（第五章）、李继云（第六章）、张国康（第二章、第四章），并由张国康、刘富如统一校订。

В. И. Смирнов, И. Ф. Хуляков, А. И. Тихонов
ИЗВЛЕЧЕНИЕ КОБАЛЬТА ИЗ КОНВЕРТЕРНЫХ ШЛАКОВ
МЕТАЛЛУРГИЗДАТ. 1963. СВЕРДЛОВСК

从 转 炉 渣 提 取 钴

张 国 康 等 译

冶金工业部科学技术情报产品标准研究所书刊编辑室编辑
(北京灯市口 71 号)

中国工业出版社出版 (北京德胜门内大街 12 号)

北京市书刊出版业营业登记证出字第 113 号

中国工业出版社第三印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行，各地新华书店经售

开本 $850 \times 1168 \frac{1}{32}$ · 印张 $4 \frac{3}{4}$ · 字数 106,000
1965 年 3 月北京第一版 · 1965 年 3 月北京第一次印刷
印数 0001—1,670 · 定价 (科六) 0.75 元

统一书号：15165 · 3764 (冶金-600)

序 言

用火法冶炼镍矿石和精矿、铜矿石和精矿以及铜镍矿石和精矿时，轉炉渣是生产中返回处理的主要副产品之一。轉炉渣中含有大量的有色金属，如镍、钴和有时也含有铜，以及含有大量的铁。

因此，轉炉渣的处理必须考虑所有这些组分的综合回收。

现有的处理轉炉渣的各种方法还只能回收其中的镍、钴和铜。沒有疑問，将来能回收的组分的数量是应当增加的。

在苏联，钴工业是在处理镍和铜镍生产中的轉炉渣的基础上建立起来的。

元素钴是瑞典化学家布兰德（Брандт）于1735年发现的，而馬克耶（Марке）于1781年首先对它进行了詳細的研究和記述。在元素钴被发现以前，钴的化合物已經被用来制造顏料。在过去几乎三百年的时期內，德国是唯一的用以制造顏料的钴矿供应者。后来，在十九世紀才在挪威、瑞典、西班牙和新卡列多尼亚开始开采钴矿，在二十世紀初期又在加拿大开采。在第一次世界大战以前，钴的主要用途仍是用钴的化合物制造顏料。

在二十世紀初期，深入研究钴和钴合金的物理-化学性质之后，发现钴在制造合金方面的用途，并发现了許多对于机械制造业、电机工程和其它工业部門的发展起巨大作用的重要的钴合金。

在这些合金中应当指出的有：高速切削鋼（这种鋼是1907年发明的，钴在这种合金中是一种补充的合金元素）和某些超硬质合金（例如司太立特硬质合金、碳化钨）、磁性合金（Магнитный сплав）、耐酸合金和耐热合金。

由于各种重要合金生产中出现了許多新的应用钴的地方，从第一次世界战争开始之后，金属钴的消耗量乃逐年增加。

IV

世界钴生产量的增长情况大致如下：在二十年代初期，每年生产金属状态和化合物状态的钴 500~700 吨（全世界所有国家的总产量），在二十年代末期和三十年代初期生产出 1000~1500 吨钴，在三十年代末期，即在第二次世界大战开始之前，每年生产的钴量增长到 4500~5000 吨，而在战争期间，钴的年产量则增长到 7000~10000 吨。

1960 年资本主义各国钴的总生产量为 16300 吨。

几乎全部钴的 75% 是从非洲矿产地的矿石中提炼出来的，首先是刚果（利）的加丹加矿产地（氧化钴铜矿和硫化钴铜矿），其次是罗德西亚和尼亚萨兰联邦^①的铜钴硫化矿产地和摩洛哥的磷钴矿产地。很大数量的钴是在加拿大（从钴砷矿和硫化镍铜矿）和新卡列多尼亚（从氧化钴镍矿）提炼出来的。

只有少量的钴是日本、澳大利亚、挪威、芬兰、美国和其它国家产出的。

最初钴的冶炼过程实质上是制造大青——紫色钴颜料的工艺过程，生产规模也比较小。

十九世纪七十年代发现的新卡列多尼亚的氧化钴矿，是运往欧洲以湿法冶金方法处理成氢氧化钴；氢氧化钴最初是用来制造颜料，而现在则用来生产金属钴。

从二十世纪初期开始，加拿大的砷化矿是先熔炼成砷冰铜，再以焙烧和熔炼方法将砷冰铜加以富集，然后送去进行湿法冶金处理。

刚果（利）以及原罗德西亚和尼亚萨兰联邦的各企业中，钴的生产最初是在铜熔炼生产的基础上开始的。在鼓风炉和反射炉熔炼铜矿石和铜精矿时，钴最终富集在转炉渣中。当初转炉渣也就成了生产金属钴的主要原料。后来，发现了富的钴铜矿，并且开始用电炉熔炼法将其处理成白合金和红合金。同时研究出用湿法冶金方法从铜矿石中提取钴的一些方法。刚果（利）以及原罗

^① 该联邦现已分立，尼亚萨兰在 1961 年 7 月 6 日宣布独立并定名为马拉维；北罗德西亚在 1964 年 10 月 24 日宣布独立并定名为赞比亚（下同）。——校注

德西亚和尼亚薩兰联邦的大部分鋇是用下西的方法生产出来的：将矿石进行选矿，并将所得鋇-銅精矿作綜合的湿法冶金处理。

在革命前的俄国，只知道有一个达什格山（Дашкесан）鋇矿床。这一矿床的矿石曾小量地从十九世紀末叶开始开采直到1915年止，这时由于預計產出量已尽，因而完全停止了采掘。

从达什格山采出的矿石，鋇和砷的含量很高。这种矿石在采矿场就地用小反射炉冶炼成含鋇达28%的仲冰銅，仲冰銅当时是运往德国去处理成鋇盐顏料，在革命前的俄国是没有自己的鋇工业的。

苏联必須組織鋇的生产，这是早已非常明显的事，但苏联国内缺乏大型的鋇矿（达什格山矿床被认为已經采尽）曾使这个重要的工业部門在很長時間內未能开始建立。

同那些以处理富鋇矿石作为鋇冶金基础的国家不同，苏联的鋇冶金是以綜合处理含鋇很貧的鎳厂廢渣为基础的。

第一批金属鋇是1937年在烏发列炼鎳厂生产出来的，是在处理鎳球（Никелевые рондели）成硫酸鎳时生产出来的。后来才开始从吹炼鎳冰銅和銅鎳冰銅时得到的轉炉渣中回收鋇。以回收鋇为目的的处理轉炉渣的工艺，在苏联各厂逐步得到改善，現在从回收鋇和鎳的角度来看，它已成为頗有成效的了。

近些年来，除提高回收率外，也在降低化学葯剂的消耗量、簡化湿法冶金流程、生产过程的机械化和自动化、以及降低产品成本方面給予了很大注意。

新的更加完善的湿法冶金設備，使得生产过程得以加速进行。

現在，正以半工业規模进行着萃取淨液流程的試驗，这个流程可使我們得到更純淨的鋇，而消耗葯剂却較少。除了从轉炉渣中回收鋇外，也部分地从其它产品（鋅生产和一系列別的生产过程的含鋇濾渣）中，以及从硫砷化矿石中回收鋇。

从砷化矿石中生产的鋇的数量，将逐漸增加，它将一定会在金属鋇的生产中占有一定的比重。然而即使在将来，鋇的主要部

分也将是在生产镍的同时从氧化矿和硫化矿石中附带回收得来。

在外国，镍冶炼厂和铜镍冶炼厂的转炉渣没有被利用来回收钴；仅仅在最近期间，加拿大国际镍公司才开始进行从转炉渣回收钴的试验。因此，建立在镍生产基础上的苏联钴工业乃是冶金生产中、比外国进步的部门。

目 录

序 言

第一章 镍生产和铜镍生产中的轉炉渣	1
炉渣的一般性质	1
炉渣物相组成的研究	4
第一章参考文献	8
第二章 处理镍厂轉炉渣的一些老方法	9
由镍厂中間产品中回收镍和钴的方法的发展簡史	9
轉炉渣的鼓风炉熔炼	19
轉炉渣在电炉中熔炼成合金	21
第二章参考文献	29
第三章 处理轉炉渣的现代方法	31
液体轉炉渣贫化过程的理論基础	31
轉炉贫化液体轉炉渣的实践	43
电炉贫化液体轉炉渣的实践	49
镍冶炼厂轉炉渣的处理	49
銅镍冶炼厂轉炉渣的处理	55
由銅冶炼厂轉炉渣回收钴的研究	61
第三章参考文献	67
第四章 镍-钴冰銅的火冶处理法	70
冰銅的硫酸化氯化焙烧	70
冰銅的吹炼与阳极合金的制取	78
第四章参考文献	84
第五章 含钴合金的湿法冶金处理	86
概論	86
阳极在食盐溶液中的电溶	87
阳极在硫酸溶液中电溶	92
溶解合金的一些新方法	96
由硫酸盐溶液中分离钴	100
由硫酸盐溶液中分离镍	110

VI

第五章参考文献.....	114
第六章 从阳极镍中回收钴.....	116
钴精矿的制取.....	116
钴精矿处理成氧化钴.....	117
处理含钴溶液的萃取法.....	122
第六章参考文献.....	126
第七章 氧化钴还原成金属钴.....	127
过程的一般特征.....	127
过程的实践.....	133
第七章参考文献.....	140
结束语.....	141

第一章 鎳生产和銅鎳生产中的轉炉渣

炉渣的一般性质

氧化鎳矿和硫化銅鎳矿以火法冶金处理时，鎳以及与之伴生的鈷都富集在熔炼矿石所得的冰銅中。

氧化鎳矿鼓风炉还原硫化熔炼过程中，金属在冰銅中的回收率：鎳达 70~75%，鈷达 50~60%；熔炼时得到的冰銅含鎳 15~20%，硫 18~20%，鉄 55~60%，鈷 0.5~0.8% [1,2,8]。

所达到的鼓风炉熔炼指标不是极限值。当操作中得金属化程度較高的冰銅或采用专门的方法处理鼓风炉熔炼的炉渣时，这些指标可以得到某些改善。

目前，相当大量的硫化銅鎳矿石是在电弧炉中熔炼。这时，金属在冰銅中的回收率随着原矿组成的不同而波动：鎳 92~96.5%，銅 92~95%，鈷 79~82%。冰銅含鎳 8~12%，銅 3~6%，鈷 0.3~0.4% 和鉄約为 54% [3,4]。

部分銅鎳矿石至今仍在鼓风炉中熔炼，熔炼时金属进入冰銅中的回收率为：鎳 87~88%，銅 87%，鈷 63~64%。鼓风炉熔炼的冰銅含鎳 9~11%，銅 5~6%，鈷 0.4~0.5% [3]。

鎳和鈷在冰銅吹炼过程中分布在轉炉渣与高錳之間。鎳主要进入高錳。鈷在吹炼产品之間的分配情况取决于过程的操作条件，而操作条件本身又取决于下一步处理高錳的工艺流程。

由于熔炼氧化鎳矿得到的鎳一般不进行电解精炼，鈷从高錳进入鎳而损失于鎳中。所以，为了提高鈷的回收率，人們在力图使鈷在高錳中含量最小的同时，使鈷尽可能富集在轉炉渣中。这是用从高錳中除鈷的专门的精炼作业达到的，这种附加的作业包括将快要吹成的高錳和一部分新鮮矿石冰銅一起吹炼两三次。精炼后，高錳中鈷的含量降低到 0.35~0.4%，而大部分鈷 (60~

65%)进入轉炉渣。

处理硫化銅鎳矿时，全部鎳都制成电解鎳。鈷在鎳电解过程中进入溶液。淨液时鈷相当完全地进入鈷渣或鉄鈷渣中，鈷渣或鉄鈷渣再处理成金属鈷。因此，吹炼銅鎳冰銅时，使大部分鈷（达60%和更多）进入高錳。方法是縮短所謂“单吹”（《Холостая》 продувка）（即不添加新鮮冰銅的吹炼）作业，以及使高錳留达3%的鉄。吹炼鎳冰銅时，即在力求使鈷尽可能进入轉炉渣时，实行《单吹》作业，并使高錳的含鉄量降低到0.3%。

專門的研究查明，轉炉渣的成分是随着吹炼过程的进展而有很大变化的〔4~8〕。

吹炼鎳冰銅时生成的炉渣成分的变化示于图1。

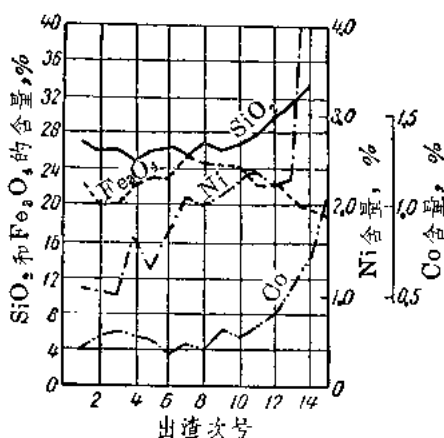


图1 鎳冰銅吹炼过程中轉炉渣成分的变化

从图1可以看出，炉渣中二氧化硅的含量，在吹炼作业的初期和中期平均变化在25~27%范围内，作业的末期则升高到30~32%。炉渣成分的这种变化，是由于轉炉中的硫化物熔体随着过程的进展而逐渐富集了鎳和貧化了鉄的原因所致。

在吹炼作业的中期，轉炉渣中磁性氧化鉄的含量最大（24~26%）。作业初期和末期，炉渣中磁性氧化鉄的含量平均为18~22%，个别情况则低到为炉渣重量的12~17%。

后期倒出的炉渣，磁性氧化鉄的含量显著降低，显然，这与鉄的氧化速度大大減低和轉炉熔池中有石英熔剂过剩、进入渣中的鎳增多有密切关系。

吹炼初期的炉渣中磁性氧化鉄的含量之所以低，可以解释为

冰銅中有大量的鎳鉄存在，而鎳鉄对磁性氧化鉄起还原作用。此外，炉渣中磁性氧化鉄的含量也取决于鼓风时间的长短。

轉炉渣含鎳量随着吹炼过程进展的变化，一般說来，可以用一条逐步上升的曲綫来表示，也有个别与之出入不大的例外。最后三次出渣中的含鎳量急剧增高，这与炉内硫化物熔体中鉄的浓度降低完全相对应。

初期倒出的轉炉渣，由于溶解了上一炉次在炉壁上形成的富鈷渣瘤，因而鈷的含量有某种程度的增高。在吹炼的中期，炉渣中鈷的含量降低到占炉渣重量的 0.1~0.15%，但吹炼末期显著增加，后期倒出的炉渣含鈷高达 0.6~0.7% 或者更高。因此，吹炼鎳冰銅时，鈷在液体熔炼产品之间的分布情况，主要取决于轉炉熔池中硫化物熔体的含鉄量。

在吹炼的初期和中期，当硫化物熔体中鉄的浓度高时，与氧的亲合力比鉄低的鈷和鎳，不会大量氧化和造渣。吹炼末期，随着熔体中鉄浓度的降低，鈷开始激烈地氧化和造渣，而鎳氧化和造渣作用则不太激烈。

試驗証明，当硫化物熔体中含鉄約 10% 或稍低于此值时，鈷就开始激烈氧化。熔体中含鉄小于 1% 时，鈷就非常激烈地氧化。

处理銅鎳冰銅时，随着吹炼过程的进展，轉炉渣的成分也有相类似的变化。

鎳生产和銅鎳生产的轉炉渣平均成分见表 1。

鎳厂和銅鎳厂的轉炉渣成分，%

表 1

炉渣种类	Ni	Co	Cu	Fe	SiO ₂	CaO	Al ₂ O ₃	S
鎳厂轉炉渣	1~1.5	0.25~0.35	—	45~48	28~32	5~8	3~5	0.5~1.5
銅鎳厂轉炉渣	1~1.2	0.28~0.35	0.7~0.9	10~50	23~27	1~2	1~3	0.5~1.5

根据表 1 数据，鎳厂轉炉渣与炼銅厂轉炉渣的区别是它含有較高的二氧化硅（28~32% 与 23~27% 之比）、氧化鈣和氧化鋁。此外，炼鎳厂轉炉渣的特点是含鎳量比銅厂轉炉渣含銅量較

低（鎳 1.2~1.5%，而銅 1.5~2.5%）。

煉鎳轉爐渣中二氧化矽和其他造岩成分的含量之所以高，是由于总有一定数量矿石熔炼的炉渣随冰銅一起加入了轉爐。这是因为煉鎳鼓風爐沒有前床——沉淀池，因而液体熔炼产品不能达到足够完全的分离，也就不可避免地有某些数量的废渣与冰銅一起从爐子放入了包子。氧化鎳矿的矿石熔炼的冰銅中含炉渣达 10%，而且炉渣中所含二氧化矽（达 44~46%）和氧化鈣（达 20~24%）很高，因而使这些組分在轉爐渣中的含量增高。

煉鎳厂轉爐渣含鎳比煉銅厂轉爐渣含銅低，是由于硫化鎳几乎完全不溶于亚鉄硅酸盐，而硫化亚銅在亚鉄硅酸盐中有明显的溶解度。銅鎳冶炼厂的轉爐渣与煉銅厂轉爐渣的不同点是其中有鎳、鈷和含量低的銅。

在造岩成分的含量上該两种炉渣沒有重大的区别，这是因为銅矿石和銅鎳矿石熔炼的产品，能够在各自的鼓風爐前床中很好地分离，因而銅厂和銅鎳厂用以吹炼的冰銅，一般不含有明显数量的废渣。

銅鎳冶炼厂轉爐渣的含銅量較低，这是因为轉爐熔池中，即炉内冰銅的硫化物熔体中，含銅量比吹炼銅冰銅时低一些，而且在吹炼的最終产品中的含銅量也比較低。的确，粗銅含銅达 99.0~99.3%，白冰銅含銅約 79%，而高純含銅最多为 30~40%。

爐渣物相組成的研究

为了研究处理轉爐渣的新方法和改进老的方法，以回收其中的全部有价金属，必須詳細研究各种有价金属在爐渣中存在的形式。

在文献 [4,5,6] 中列有研究鎳冶炼厂轉爐渣物相組成的詳細資料。对这种爐渣作了显微鏡观察、液态沉淀、固态浮选、以及物相分析，以确定其中的鉄、鈷、鎳的形态 [10]。对鎳冶炼厂的熔融爐渣还曾用黄鉄矿和冰銅加以硫化，并将所得到的冰銅在試驗室条件下进行沸騰层硫酸化焙烧，以确定綜合回收鎳、鈷

和鉄的可能性〔9〕。

显微鏡研究查明，在冷凝的鋅厂轉炉渣中，鉄主要呈鉄橄欖石和磁性氧化鉄两种形式存在，少量的鉄呈硫化亞鉄、鎂鉄矿和金属鉄存在。

鋅在炉渣中呈低价硫化物和已渣化的鋅状态存在。在冷凝渣的試样中，硫化物状态的鋅主要是机械夹带的冰銅，以及有少量不多的溶解在炉渣的高鉄硅酸盐中的硫化亞鋅。

因为在氧化鋅矿还原硫化熔炼所得的冰銅中，經常含有金属鋅（占总含鋅量的8~15%），所以，少量的金属鋅和金属鉄就与炉渣中夹带的冰銅一起存在于炉渣中。

轉炉渣中所含已渣化的鋅，呈复合硅酸盐形式（例如鉄橄欖石形式，鋅和鎂可能同晶形地（изоморфно）取代了鉄而进入其組成中）存在，以及呈鉄酸盐、尖晶石型的化合物、其他化合物和共溶体等形式存在。

鈷在炉渣中大多呈已渣化的状态。鈷主要是在鉄橄欖石和磁性氧化鉄中同晶形地取代了鉄。

大約占全部鈷的20~25%（初期倒出的炉渣中更多一些）呈硫化物状态，显然，鈷硫化物的存在是由于冰銅被机械地夹带入了炉渣。在炉渣中夹杂的鈷硫化物中，也发现有少量金属鈷——占炉渣总含鈷量的3~7%。

除列举的組成以外，还在轉炉渣中查出有玻璃以乳浊液夹杂物状存在于針状鉄橄欖石中。显然，它主要是由二氧化硅和少量的其他氧化物所組成。

物相分析查明，轉炉渣中含有60~70%的鉄橄欖石和达25~26%的磁性氧化鉄。前面已經指出，炉渣中磁性氧化鉄的含量，随着吹炼过程的进展而有很大的变化。

用在約1200°C溫度下沉淀液体轉炉渣的方法和在对固体轉炉渣进行的浮选試驗中，以及通过炉渣試样的物相分析，发现在吹炼过程前期倒出的轉炉渣中，硫化鋅的含量为炉渣总含鋅量的60~70%，在后期倒出的炉渣中为30~40%。

已渣化的鎳的数量，随着冰銅吹炼过程的进展从占总含鎳量的 30~40%（前期渣）增加到 50~65%（后期渣）。

轉炉渣中各种物相形式的鈷的比例关系，也随着吹炼过程的进展而变化。但在所有不同时期倒出的炉渣試样中，渣化了的鈷始終是占多数。

根据物相分析資料和其他測定方法的資料，前期炉渣中氧化了的鈷的含量为炉渣总含鈷量的 50~60%，而在后期炉渣中則达到 75~85%。

因此，前期渣中鈷的硫化物和金属鈷占炉渣总含鈷量 40~50%，后期渣中仅占 15~25%。

关于鎳、鈷和銅在銅鎳冶炼厂的轉炉渣中的物相状态，文献中缺乏专门的研究資料。但是由文献〔4、7〕我們知道了銅冶炼厂轉炉渣的物相組成研究結果，其中有中烏拉尔炼銅厂的炉渣。

所研究的中烏拉尔厂的炉渣成分如下：23~29% SiO_2 ；2~3% Al_2O_3 ；47~52% Fe ；0.02~0.03% CaO ；0.3~0.4% MgO ；1.3~4.7% S ；1.1~1.15% Cu 和 3~3.5% Zn 。炉渣試样在 1200~1250°C 溫度下熔化后进行了靜置沉淀，固体渣試样进行了化学物相分析、显微鏡研究，并进行了浮选試驗。

在斯維尔德洛夫斯克矿冶学院讲师 А.К. 波德諾金（Подногин）领导下进行的显微鏡研究查明，在冷凝的炉渣中，也和鎳冶炼厂轉炉渣的試样一样，存在有两种主要成分——鉄橄欖石和磁性氧化鉄。炉渣中还存在着少量的玻璃、硫化亞鉄和冰銅。

炉渣試样在显微鏡下发现有斑銅矿、黃銅矿型的化合物和金属銅。

按用各种不同的有选择作用的溶剂順序处理炉渣試样的方法进行的化学物相分析証明，冷凝渣中銅的各种化合物之間的比例关系如下：

銅的化合物

占炉渣中总含銅量的%

氧化銅(游离的氧化亚銅和硅酸盐)	5.82~9.69
硫化亚銅	59.1~67.0
溶于盐酸的复合硫化銅	6.55~17.55
黄銅矿型化合物	3.3~27.6

物相分析还查明，轉炉渣的主要組成之一是磁性氧化鉄，其含量占轉炉渣重量的 26% 或更多。

在所有被研究的炉渣試样中，磁性氧化鉄的含量与二氧化硅的含量有着密切的关系：随着二氧化硅的含量增高，磁性氧化鉄的含量就減少，相反，磁性氧化鉄的含量增高，二氧化硅的含量就減少。

同时，当炉渣中二氧化硅的含量相应降低时，磁性氧化鉄的含量就增高，这就导致炉渣的含銅量增高。

将熔融轉炉渣在約 1200°C 溫度下进行沉淀的試驗証明，磁性氧化鉄的含量有某些降低，沉淀渣中銅的含量大大減少；沉淀时銅从炉渣进入冰銅的数量取决于沉淀条件（時間和溫度等），而为原炉渣含銅量的 10~35%。

如果在炉渣沉淀时往熔融炉渣中加入黄鉄矿，大大有利于磁性氧化鉄的破坏，降低沉淀渣中的含銅量。这时，回收到冰銅中的銅达到原炉渣所含銅的 80%。

磨碎的炉渣进行浮选，能回收到浮选产品中的銅达 83%。这說明炉渣中的銅主要是以夹带的冰銅(易于浮选的复合硫化物)和也能够很好地浮选的金属銅的状态存在的。

很明显，銅鎳生产的轉炉渣的特点，就是其中銅的化合物与此相类似。

至于这些炉渣中鎳和鈷的形式，大概除了呈硫化物形式以外，大量的以氧化物形式存在的，特别是鈷，它在冶金过程中的行为介于鉄与鎳之間。

鎳生产和銅鎳生产轉炉渣的整个物相組成說明，破坏磁性氧化鉄、使鎳与鈷的氧化物硫化或者使之还原的过程，乃是处理轉

炉渣以回收镍和钴的方法的基础。

第一章参考文献

[1] Береговский В.И., Гудима Н.В. Металлургия никеля. Металлургиздат, 1956.

[2] Люмис С.Е. Сборник работ по металлургии никеля и кобальта. Изд. НТО и БТИ комбината Южуралникель, вып. 1, 1957.

[3] Захаров М.И. Опыт работы комбината Североникель. ЦИИН цветмет, 1958.

[4] Смирнов В.И. Металлургия меди и никеля. Металлургиздат, 1950.

[5] Смирнов В.И., Мишин В.Д. Труды УПИ им. С.М. Кирова, сб. 21, Металлургиздат, 1945.

[6] Смирнов В.И., Мишин В.Д. Цветная металлургия, 1941, № 5.

[7] Смирнов В.И., Мишин В.Д. Труды УПИ им. С.М. Кирова, сб. 21. Металлургиздат, 1945.

[8] Цейдлер А.А. Металлургия никеля. Металлургиздат, 1947.

[9] Сяо Чжи-цайц, Смирнов В.И. Цветные металлы, 1961, № 1.

[10] Смирнов В.И., Мишин В.Д. Заводская лаборатория, 1945, № 1.

第二章 处理镍厂轉炉渣的一些老方法

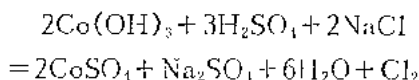
由镍厂中间产品中回收镍和钴的 方法的发展简史

如上所述，到目前为止，苏联主要是在处理镍厂半产品的基础上生产钴。第一批钴是在由烏发列厂的镍球制取硫酸镍时，順便回收的。以后該厂又着手在蒸餾炉內用木炭还原純氧化镍而得到的镍粉中回收钴（图2）。

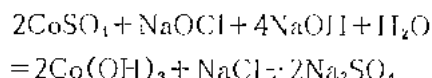
将含镍80~85%、含钴0.7~1%的镍粉在温度約90°C、时间为40~48小时（用直接蒸汽加热）等条件下，在衬有耐酸砖的溶解槽內溶于硫酸。

得到的硫酸盐溶液用过量的镍粉添加剂除銅，用綠色的氢氧化亚镍浆液中和到溶液中游离硫酸的含量为1克/升，然后用粗氢氧化镍浆液处理，以净化除去鉄和钴。滤出氢氧化鉄和氢氧化钴的沉淀物，滤液蒸发到比重为1.53~1.54后送入結晶器，进行硫酸镍的結晶，含钴約4%的滤渣則經专门的处理以回收钴。

滤渣在有作为还原剂的食盐或盐酸存在时，按下列反应溶于硫酸：



所得溶液經石灰石粉处理除鉄后，在有碱存在的情况下，用次氯酸钠沉淀出一次氢氧化钴：



为了得到比較純的氢氧化物沉淀，不要溶液中的钴完全沉淀出来，而仅仅沉淀出約为其总含量的75%。

含钴35~40%的一次氢氧化钴溶于盐酸，再由得到的氯化物