

工業礦物原料叢書

鎳

博里謝維奇著

地質出版社

1955·北京

本書係根據蘇聯地質部主編的工業礦物原料叢書（Требования промышленности к качеству минерального сырья）第二十六分冊鎳（вып. 26. Никель）譯出的。原書係蘇聯博里謝維奇（П.В.Борисевич）著，蘇聯國立地質書籍出版社（Госгеолитиздат）1947年出版。由王祖蔭、成漢鈞和徐幼先合譯。

本書為我社所出工業礦物原料叢書之一分冊，書中對鎳的一般特性、性質及用途、鎳礦物、鎳礦床的工業類型都予以詳細敘述，特別詳細地敘述了鎳礦石的選礦及高溫冶煉法；最後還談到了對鎳礦石質量方面的要求和試驗，並引證了一些最重要的經濟資料。此書可作為我社1954年出版的“礦產普查勘探叢書”第四冊“鎳”的補充讀物。可供礦產研究者及一般地質工作者參考。

工業礦物原料叢書 第二十三號

書號0192 鎳 50千字

著 者 博 里 謝 維 奇
譯 者 王祖蔭 成漢鈞 徐幼先
出 版 者 地 質 出 版 社

北京宣武門外永光寺西街三號
北京市書刊出版業營業許可證出字第零伍零號

發 行 者 新 華 書 店
印 刷 者 地 質 印 刷 廠

北京廣安門內教子胡同甲32號

印數(京)1—1,300冊 一九五五年十月北京第一版
定價(9)0.49元 一九五五年十月第一次印刷
開本31"×43"1/32 印張2 5/8

原 序

這套叢書的任務，是爲了幫助地質工作者對於礦物原料質量進行評價；針對這個任務，本叢書主要是敘述各個工業部門對各種礦物原料及其加工產品所提出來的技術要求。

書中所列述的技術定額均附有說明及技術根據，這就大大地便於了解各種指標的作用及意義。

本書對於地質學、礦物學、技術樣品的取樣、加工、選礦、經濟學以及野外試驗及實驗室試驗等問題，也都約略談到。

這樣，野外地質工作者就有可能從一本小冊子中來找到他們在勘探某種礦產時，有關工業評價上的許多極重要的實際問題的答案。

本叢書擬分冊出版，共分六十冊。其中有五十冊敘述最重要的礦產，其餘十冊是對於根據工業上不同的用途而分類的各種礦物原料的綜合性的敘述。例如磨料、填料、陶瓷原料、光學礦物等。

這樣的小冊子還是初次編印出版，無論是在國內或國外的文獻中，都沒有類似的出版物。書中可能有遺漏、錯誤、含混及其他疏忽的地方。編輯部要求所有的讀者對於每一冊書都提出自己的批評和希望。我們將非常感謝，並在再版時很好地考慮這些意見。

本手冊是由蘇聯地質部委託全蘇礦物原料研究所編寫而成。

目 錄

原序.....	4
一、鎳的一般特性、性質及用途.....	5
二、鎳礦物.....	10
三、鎳礦床及鎳礦石的工業類型.....	16
硫化銅鎳礦床及其礦石	16
矽酸鎳礦床及其礦石	23
熱液礦床礦石中的鎳	32
四、鎳礦石的選礦.....	35
五、鎳礦石的高溫冶煉法.....	38
硫化銅鎳礦石及其精礦的冶煉法	38
矽酸鎳礦石的冶煉法	44
亞砷酸含鎳礦石的冶煉法	50
生產鎳使用的輔助冶金原料評述	51
六、對鎳礦石質量方面的要求.....	52
硫化銅鎳礦石	52
矽酸鎳礦石	54
七、鎳礦石的質量試驗.....	58
八、一些最重要的經濟資料.....	62
九、對鎳礦床及其礦石進行初步評價所必需的 主要地質資料及技術經濟資料.....	69
硫化銅鎳礦床	69
風化殼中的矽酸鹽礦床	70
熱液礦床	71
參考文獻.....	72

工業礦物原料叢書

鎳

博里謝維奇著

地質出版社

1955·北京

本書係根據蘇聯地質部主編的工業礦物原料叢書（Требования промышленности к качеству минерального сырья）第二十六分冊鎳（вып. 26. Никель）譯出的。原書係蘇聯博里謝維奇（П.В.Борисевич）著，蘇聯國立地質書籍出版社（Госгеолитиздат）1947年出版。由王祖蔭、成漢鈞和徐幼先合譯。

本書為我社所出工業礦物原料叢書之一分冊，書中對鎳的一般特性、性質及用途、鎳礦物、鎳礦床的工業類型都予以詳細敘述，特別詳細地敘述了鎳礦石的選礦及高溫冶煉法；最後還談到了對鎳礦石質量方面的要求和試驗，並引證了一些最重要的經濟資料。此書可作為我社1954年出版的“礦產普查勘探叢書”第四冊“鎳”的補充讀物。可供礦產研究者及一般地質工作者參考。

工業礦物原料叢書 第二十三號

書號0192 鎳 50千字

著 者 博 里 謝 維 奇
譯 者 王祖蔭 成漢鈞 徐幼先
出 版 者 地 質 出 版 社

北京宣武門外永光寺西街三號
北京市書刊出版業營業許可證出字第零伍零號

發 行 者 新 華 書 店
印 刷 者 地 質 印 刷 廠

北京廣安門內教子胡同甲32號

印數(京)1—1,300冊 一九五五年十月北京第一版
定價(9)0.49元 一九五五年十月第一次印刷
開本31"×43"1/32 印張2 5/8

目 錄

原序.....	4
一、鎳的一般特性、性質及用途.....	5
二、鎳礦物.....	10
三、鎳礦床及鎳礦石的工業類型.....	16
硫化銅鎳礦床及其礦石	16
矽酸鎳礦床及其礦石	23
熱液礦床礦石中的鎳	32
四、鎳礦石的選礦.....	35
五、鎳礦石的高溫冶煉法.....	38
硫化銅鎳礦石及其精礦的冶煉法	38
矽酸鎳礦石的冶煉法	44
亞砷酸含鎳礦石的冶煉法	50
生產鎳使用的輔助冶金原料評述	51
六、對鎳礦石質量方面的要求.....	52
硫化銅鎳礦石	52
矽酸鎳礦石	54
七、鎳礦石的質量試驗.....	58
八、一些最重要的經濟資料.....	62
九、對鎳礦床及其礦石進行初步評價所必需的 主要地質資料及技術經濟資料.....	69
硫化銅鎳礦床	69
風化殼中的矽酸鹽礦床	70
熱液礦床	71
參考文獻.....	72

原 序

這套叢書的任務，是爲了幫助地質工作者對於礦物原料質量進行評價；針對這個任務，本叢書主要是敘述各個工業部門對各種礦物原料及其加工產品所提出來的技術要求。

書中所列述的技術定額均附有說明及技術根據，這就大大地便於了解各種指標的作用及意義。

本書對於地質學、礦物學、技術樣品的取樣、加工、選礦、經濟學以及野外試驗及實驗室試驗等問題，也都約略談到。

這樣，野外地質工作者就有可能從一本小冊子中來找到他們在勘探某種礦產時，有關工業評價上的許多極重要的實際問題的答案。

本叢書擬分冊出版，共分六十冊。其中有五十冊敘述最重要的礦產，其餘十冊是對於根據工業上不同的用途而分類的各種礦物原料的綜合性的敘述。例如磨料、填料、陶瓷原料、光學礦物等。

這樣的小冊子還是初次編印出版，無論是在國內或國外的文獻中，都沒有類似的出版物，書中可能有遺漏、錯誤、含混及其他疏忽的地方。編輯部要求所有的讀者對於每一冊書都提出自己的批評和希望。我們將非常感謝，並在再版時很好地考慮這些意見。

本手冊是由蘇聯地質部委託全蘇礦物原料研究所編寫而成。

一 鎳的一般特性、性質及用途

鎳 (Ni) 是門德雷耶夫元素週期表第八族中的一種化學元素。表中最靠近它的元素，一面是鐵和鈷，另一面是銅。這些元素甚至在鎳的整個地球化學歷史中來看也是與鎳最近似。鎳的原子量等於 58.69，已知鎳有五種同位素，其原子量分別為：58 (66.4%)、60 (26.7%)、61 (1.6%)、62 (3.7%)、64 (1.6%)。

鎳的原子序數是28。原子價一般為兩價，偶而為4價和6價。

純鎳是銀白色的金屬，光澤很強，在空氣中亦不失其光澤。鎳很硬，難熔，易於磨光。如無雜質（特別是硫），則柔韌、可鍛、可延、能軋成很薄的片和抽成細線。鎳的晶形是立方體。比重8.8—8.9，產品的比重8.5—9.2。摩氏硬度5，布氏硬度70。熔點約1455°，沸點2900°。極限抗張強度為45—50公斤/公厘²，延伸率為25—45%。20°時線膨脹係數等於0.0000128。導電率等於12.9。

鎳屬於鐵磁性物質類。在357.6°（居里點）時，鎳就失去磁性。

鎳在化學方面是不大活潑的元素，其性質接近貴金屬。鎳在空氣中不氧化，因此廣泛地用來鍍在鐵、銅及其他金屬製品的表面。要是在空氣中灼熱至500°時，鎳稍被氧化，但僅在表面且氧化也不深。鹽酸及硫酸對鎳侵蝕極慢，甚至氫氟酸對它的腐蝕也較其他金屬為差。只有稀硝酸是鎳的強烈

作用劑。在稀硝酸中，鎳易於溶解，但在濃硝酸中則困難得多。鎳對蒸餾水和海水、鹼溶液和熔鹼、氨和絕大多數無機鹽類、石炭酸、許多有機物、染料溶液、肥皂液、糖酸和有機酸的作用可說是完全穩定的。

市場上的主要商品鎳有兩種：一種是用電解鎳鹽的水溶液的方法取得的電解鎳，另一種是用純氧化鎳與木炭混合進行還原熔煉的方法製得的“火煉”鎳。商品鎳也可按孟德法製取。

電解鎳和孟德碎屑的特徵是非常純淨，用來製造高鎳鋼和有色金屬合金。火煉鎳含雜質較多，只供大量製造合金鋼之用。

按照1941年6月12日全蘇標準制定委員會批准的全蘇標準（國定全蘇標準 849-41），根據鎳和雜質的含量商品鎳分為四種標號：H-1；H-2；H-3；H-4（表1）。

各種標號商品鎳的化學成分

表1

標 號 標 記	化 學 成 分 (%)							用 途
	鎳 (Ni) 與 鈷 (Co) 之 不 少 和 於	其 中 多 鈷 於 (Co)	鐵 (Fe)	矽 (Si)	碳 (C)	硫 (S)	銅 (Cu)	
H-1	99.5	0.6	0.25	痕跡	0.10	0.02	0.10	製造高級可鍛合金
H-2	98.9	1.0	0.6	0.15	0.15	0.03	0.25	製造有色金屬的合金及高鎳鋼
H-3	98.5	1.0	—	—	0.30	0.03	0.60	製造合金鋼
H-4	97.5	1.0	—	—	0.30	0.05	0.60	製造合金鋼

標號H-1和H-2的鎳（電解鎳）製成陰極和切成小方塊的陰極片，標號H-2的鎳有時製成鎳塊和小粒，這種鎳是用標號H-1陰極鎳再熔化的方法取得的。標號H-3和H-4的鎳（火煉鎳）僅製成鎳塊和小粒。

表中所示雜質中危害性最大的是硫。硫的加入，即使其量甚少，也會引起鎳的熱脆性。鈷的性質與鎳近似，因此鈷的含量在標準規定的範圍內時不影響鎳的質量。沒有鈷參雜的較純的鎳僅用來製造熱電合金，但此級鎳需要的量不多，故在國定全蘇標準中沒有單獨分出這一級。少量鐵的參入根本不影響鎳的性質。使用鎳生產優質鋼時，作為鎳中雜質的鐵的含量的變化實際上不起多大作用，因此標號H-3和H-4的鎳中鐵的含量國定全蘇標準沒加規定。然而對於許多鎳與銅及其他有色金屬的合金來說，鐵的量應當最少。

較大量的矽會降低鎳的延展性。碳在普通含量下（不到0.3%）略可增加鎳的硬度和堅固性，但相應地降低鎳的延展性。銅是不良的雜質，但在礦石和煉出的鎳中常有其存在。其他雜質中鉛對鎳起特別壞的作用，甚至鎳中有十萬分之幾的鉛也能引起鎳的熱脆性，因為鉛不溶於鎳，當凝固時就在鎳的晶面上析出。

鎳生產的其他種商業產品較之金屬鎳其出產是太有限了。

氧化亞鎳係燃燒純硫化鎳得來。

鎳鹽係純鎳粉末溶在適當的酸中而得。

應用最廣的鎳鹽是硫酸鎳 $\text{NiSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 、蟻酸鎳 $\text{Ni}(\text{CH}_3\text{O}_2)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 和氫氧化亞鎳 $\text{Ni}(\text{OH})_2$ 。在國外市場上所售之鎳，也有製成各種高百分率合金的，含鎳20%到70%。

85%以上的鎳用於與其他金屬製成合金，其中主要的有鎳鋼和鎳與鐵、鉻、銅、鋅及鋁的合金。

絕大部分的鎳用作製造合金鋼。鎳鋼分為低鎳鋼和高鎳鋼兩種：低鎳鋼含鎳0.5%—7%，高鎳鋼含鎳7%—35%。

在非軍事生產中，第一類鎳合金鋼用於汽車和拖拉機工業以及許多重型機器製造部門（機車製造、車床製造、礦山裝備生產等），第二類合金鋼，包括防蝕鋼和耐火鋼，廣泛地應用在化學工業和食品工業中，應用在儀表製造中、電工技術裝備及其他工業中。

戰時，坦克製造、軍艦、飛機零件、穿甲砲彈、子彈、鋼甲及其他軍事裝備的生產需要大量的鎳鋼。

最近所有的工業部門更廣泛地應用複雜的合金鋼，其中除少量的鎳（0.2—0.6%）外，還含有鉻、錳、鉬、鎢、和鈾。

含0.5—3%；3—5%；10—15%及20—30%鎳的特種鑄鐵具有良好的鑄造性、堅固性，容易加工，因而能有效地應用此種鑄鐵來製造汽車發動機、柴油機、各種軸、汽缸及其他零件。

可以製成具有各種磁性、電性和溫度的鐵鎳合金。

含鎳10—25%的非磁性合金廣泛地應用在電氣工業上製造發電機、變壓器等。含鎳45—80%的強磁性合金用作水底電纜的外覆綫，用在無線電工程中及特種變壓器中。溫度膨脹係數低的合金（含鎳35—45%）用作製造長度標準尺、捲尺、精確工具，用在鐘錶製造及其他製造業中。

鎳與鉻、錳、銅及其他金屬的最主要的合金及其使用範圍列入表2中：

最重要的鎳合金的成分、性質和應用範圍① 表 2

名 稱	成 分 (%)	最 主 要 的 性 質	主 要 應 用 範 圍
1. 鎳鉻合金	Ni —67.5 Cr —15 Fe —16 Mn —1.5	耐熱性高，電阻係數很大	製造加熱儀表、加熱器、加熱爐及其他
2. 鎳錳銅合金	Ni —3 Mn —12 Cu —85	電阻及熱電動力的溫度係數很小	製造精確測量電器（電阻箱等）
3. 鎳錳合金	Ni —97.5 Mn —2.5	高溫度下，火花放電時，具有堅固性	製造航空發動機等的電火栓
4. 蒙氏金屬	Ni —68 Cu —28 Mn —1.5 Fe —2.5	堅固，高溫下能抵抗大氣、鹽溶液、鹼、氣體的作用	化學器材製造、航空工業（油槽、襯套、浮具）、造船工業、軍事工程（汽車發動機零件及其他）
5. 德國銀（鎳、鋅、銅合金）	Ni —15 Zn —20 Cu —65	在冷寒處有可塑性、切削加工時有韌性	鎳絲、鎳帶、鎳片可用於儀表和器材製造業中
6. 白 銅	Ni —20 Cu —80	可塑性、適於深印模壓	製造日用品及首飾品、製造照明設備、製造建築上的裝飾品
7. 康 銅（銅鎳合金）	Ni —40 Cu —58.8 Mn —1.2	電阻極小	製造精確測量儀器；主要的電工電阻合金
8. 鎳鋁合金	Al —主要部分 Ni —不到5.0 (Cu, Fe, Si, Mn, Ti)	輕而堅固	航空工業（發動機、螺旋槳及其他）
9. 鎳鉬鐵合金	Ni, Mo, Fe	高抗蝕力	專門機器製造業
10. 鐵鈷鎳合金	Fe, Si, Ni	對冷熱酸溶液的穩定性	化學機器製造業
11. 金鎳（白金）	Au, Ni	化學穩定性	鉑的代用品

① 1—7的合金材料係摘自有色金屬全蘇標準107。

金屬鎳（可鍛鎳）應用在化學、牛奶及罐頭工業中，以及用來鑄造貨幣。

鎳陽極及硫酸鎳廣泛用來將金屬成品鍍鎳，以美化物品之外觀，保護物品不受空氣的侵蝕。

鎳粉末在許多化學反應中作為催化劑，例如用來作為氫化脂肪和石油的催化劑。

硫酸鎳是製造鹼性蓄電池的最重要的材料。

主要由硫酸鎳製得的各種鎳的化學藥品可供實驗之用。

在合金鋼的生產中經常以錳和鉻做鎳的代用品，因為它們是廉價金屬，而在特種鋼中則以鉬、鎢、鈳代替鎳。近些年來，鈳也單獨地或與其他金屬一起用來代替鎳。經過特殊加工的矽錳鋼、矽鋼及碳鋼也可代替鎳鋼。

在電鍍方面，鎳早已被鉻代替（鍍鉻），也可能被鎳代替，而在某些情況下甚至被琺瑯代替了。

二 鎳 礦 物

自然界中約有四十五種鎳礦物，此外，還有幾十種含鎳（類質同像混合物）礦物（費爾斯曼“地球化學”）。

表3中列舉出在工業鎳礦石中最常見的礦物。

鎳礦石中，很少遇到以下這些礦物：紅錒鎳礦 NiSb 、斜方砷鎳礦 NiAs_2 、砷鎳礦（маухерит） Ni_3As_2 或 Ni_4As_3 、輝鉑鎳礦（ Pt, Pd, Ni ） S 、翠鎳礦 $\text{NiCo}_3 \cdot 2\text{Ni}(\text{OH})_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ 、矽鎳石 $2\text{NiO} \cdot 2\text{MgO} \cdot 3\text{SiO}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 、矽鎳礦 $\text{H}_4\text{Ni}_2\text{Si}_3\text{O}_{10}$ 、碧礬 $\text{NiSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 。

最 主 要 的 鎳 礦 物 表 3

No. 順序	礦物及礦物 組的名稱	化學成分	晶 系	含鎳量 %	硬 度	比 重	含該礦物的主要礦床	礦床的成因類型
1	2	3	4	5	6	7	8	9
	I. 硫化鎳							
1.	針鎳礦	NiS	三斜晶系	64.7	3.5	5.2—5.9	約希姆斯塔爾 (捷克 斯洛伐克)	熱液型, 而只是岩 漿熔離礦床中鎳黃 鐵礦分解的產物
2.	鎳黃鐵礦	(Fe, Ni)S 或 (Fe, Ni) ₉ S ₈	等軸晶系	22—42	3—4	4.6—5	滿德貝里 (加拿大), 諾里爾斯克, 彼汗加, 蒙突若原	岩漿熔離型
3.	鎳磁黃鐵礦	Fe ₁₁ S ₈ 通常是 Fe ₇ S ₅	六方晶系	不到0.6	4	4.5—4.6	滿德貝里 (加拿大), 諾里爾斯克, 彼汗加, 蒙突若原	岩漿熔離型
	II. 硫鹽							
4.	輝鎳鐵礦	Ni ₃ S ₄	等軸晶系	41.96— 54.30	4—5	4.54—4.81	格留拉烏 (德國), 滿德貝里 (加拿大) 有少量	熱液型, 並在岩漿 熔離礦床中代替鎳 黃鐵礦
5.	淡紅輝鎳鐵礦	(Ni, Fe) ₉ S ₈ 或可能為 (Ni, Fe) ₃ S ₅	等軸晶系	36.68	4—4.5	4.8	開魏斯特蘭山 (美國, 內華達), 滿德貝里 (加拿大), 南斯拉 夫	代替鎳黃鐵礦

No. 順序	礦物及礦物 組的名稱	化學成分	晶 系	含鐵量 %	硬 度	比 重	含該礦物的主要礦床	礦床的成因類型
1		3	4	5	6	7	8	9
	III. 砷化物							
6.	紅砷鐵礦	NiAs	六方晶系	39—45	5—5.5	7.3—7.7	礦山(德國), 科巴 耳特—安大略(加拿 大)	熱液型
	IV. 二硫化物 鹽、砷硫化物、 硫銻化物							
7.	鉍鐵黃鐵礦	(Co, Ni, Fe)S ₂	等軸晶系	Co+Ni 不到20	6	4.9—5.2		在某些接觸交代礦 床及浸成熱液礦床 中
8.	粒狀輝鐵礦	(Fe, Ni) S ₂	等軸晶系	約20	3.5—6	4.3—4.6	第一: Mechernich 礦床(埃非爾); 第二: 綠黃鐵礦的膠結帶	熱液型
9.	輝砷鐵礦	NiAsS	等軸晶系	26—40	5.5	5.6—6.2	科巴耳特—安大略(加 拿大)	熱液型
10.	鈹硫鐵礦	NiSbS	等軸晶系	27.81	5—5.5	6.2—6.7	卡林提亞(奧地利)	熱液型
11.	砷鐵礦	NiAs ₂	等軸晶系	9—28	5	6.3—7	礦山(德國)科巴爾 特—安大略(加拿大)	熱液型

№ 順號 序數	礦物及礦物 組的名稱	化學成分	晶系	含鎳量 %	硬 度	比 重	含該礦物的主要礦床	礦床的成壤類型
1	2	3	4	5	6	7	8	9
V. 鎳鎳含水矽酸鹽								
12.	矽鎳鎳礦 (鎳綠泥石)	(Ni, Mg) O·SiO ₃ H ₂ O	矽鎳鎳礦 結晶體, 滑石鎳鎳礦 非晶質變 種	21.8— 28.8	2.0—3.5	2.3—2.8	烏拉爾, 新喀列多尼 亞	風化型(風化作用)
13.	鎳綠泥石(鎳 鎳綠泥石)	3(Ni, Mg) O·2SiO ₃ ·2H ₂ O	鎳綠泥石 結晶質, 鎳綠綠泥 石非晶質	41.8— 50.0 (NiO)	2.5—3.0	2.5—3.0	烏拉爾, 新喀列多尼 亞	風化型(風化作用)
VI. 鎳鎳鎳含 水矽酸鹽								
14.	阿依迪爾林石 (Айдырлит)	2NiO· 2Al ₂ O ₃ · 3SiO ₂ ·7.5H ₂ O	Айдыр- лит似膠 狀	變化甚 大	2—3	2.5	烏拉爾, 阿依迪爾林 礦床	風化型(風化作用)
15.	綠高嶺石 (鎳膠嶺石和 鎳拜來石)	mR ₂ O(Al, Fe) ₂ O ₃ ·4SiO ₂ ·4 H ₂ O	m斜晶系	1.10— 1.84 不到2.5 (NiO)	2.0—2.5 不到4.5	1.7—2.1	烏拉爾, 肯皮爾賽和 哈利洛沃礦床	風化型(風化作用)