

錫 鉬 冶 金 學

A·H·節里克曼 著

重工業部有色冶金設計院翻譯科 譯

本書係根据苏联國立黑色及有色冶金科技書籍出版社 металлургиздат 出版的 А. Н. Зеликман (А. Н. Зеликман) 著“鎢鉬冶金学”(Металлургия вольфрама и молибдена) 1949 年莫斯科版譯出。

本書內容为鎢鉬冶金的物理化学原理及最主要生產部門的生產实践：將精礦处理成各种純化合物的方法，純鎢和純鉬及最主要的一些合金的生產等。書中並研討了这两种金屬的物理化学性質、最主要的化合物、礦物、礦石及其精选和应用範圍等。

本書係供在稀有金屬冶金方面工作的科学工作者、工程師以及冶金高等工業学校高級班学生之用。

本書由王先華、俞傳綱和周美齡翻譯，那富智和楊如泉校对。

本書譯稿校对時，得到了中南礦冶学院冶金系陳展猷教授，刘業翔、徐日珣同志以及馬恆儒教授等充分的帮助。本書譯校者特向他們致以謝意。

А. Н. ЗЕЛИКМАН

МЕТАЛЛУРГИЯ ВОЛЬФРАМА И МОЛИБДЕНА

Металлургиздат (Москва—1949)

* * *

鎢鉬冶金学

重工業部有色冶金設計院翻譯科譯

重工業出版社(北京市灯市口甲 45 号)出版

北京市書刊出版業營業許可証出字第〇一五号

* * *

重工業出版社印刷廠印

一九五六年二月第一版

一九五六年二月北京第一次印刷(1—1,047)

787×1092. $\frac{1}{25}$. 210,000 字. 印張 $9\frac{13}{25}$ 定價(9)1.96 元

書号 0382

* * *

發行者 新華書店

原 序

錫和鉬被廣泛應用在各個工業部門已有四十多年了。錫和鉬的冶金方法是多種多樣的。它包括將礦石原料處理成各種化合物，也包括純錫及純鉬的生產、硬質合金的生產、錫鉬與有色金屬的合金的生產，以及錫鐵和鉬鐵的生產等。

在蘇聯及其他國家出版的參考文獻中，僅對錫鉬冶金的個別方面，主要是對純錫及純鉬的生產及其熱處理和機械加工等方面，以及部分的对硬質合金、錫鐵和鉬鐵的生產方面有所闡述。關於礦石原料的處理問題在參考文獻中闡述的極為貧乏，而這些問題在錫鉬冶金的一般專門論著中又都是以專利文獻的形式概略敘述的。

但是，關於錫和鉬化合物各種性質的現代知識，已足以成為更全面的闡述此類金屬冶金問題的基礎。

蘇聯的科學家和工程師們研究了錫和鉬的化學性質、礦石原料的處理方法、純錫和純鉬及冶金陶瓷硬質合金的生產過程、以及錫鐵和鉬鐵的生產方法，從而對錫鉬冶金的發展作出了寶貴的貢獻。由於他們的勞動，在我國蘇維埃政權的年代裏便已創建了蘇聯自己的錫鉬冶金工業。

本書係根據以 M. II. 加里寧命名的莫斯科有色金屬與金礦學院的普通課和專業課的教學資料編著的。作者在本書中以闡述錫鉬冶金原理和錫鉬冶金所有最主要的部門的生產實踐為自己的任務。

作者認為首先闡述錫冶金的全部問題，然後再闡述鉬冶金最為合適。同時為了避免重複，在錫冶金部分內詳細地闡述了這兩種金屬和許多合金的全部類似的生產過程，至於鉬冶金部分，則僅闡述其在技術操作上與錫冶金不同的諸問題。

作者認為，在敘述冶金過程之前，先概述一下有關這兩種金屬的物理化學性質、最主要的化合物、礦物、礦石及其選礦，應用範圍和統計資料是有益處的。

在敘述生產實踐的各種方案之前，作者在各單元中都企圖先對該生產過程的物理化學原理加以闡明。

为了学生們閱讀方便，教学大綱範圍以外的資料均用小号鉛字印出。

“鎢鉄和鉬鉄”兩章是在本書作者的参加下，由工程師 Г. В. 沙姆索諾夫寫的。

作者对教授 В. А. 帕朱欣博士、Ф. М. 罗斯庫托夫教授，尤其对博士 Г. А. 麥耶尔松教授及編輯 Н. Н. 謝夫留科夫副教授所給予的很多宝贵指示，致以真誠的感謝。

作者非常感謝 Н. Н. 高罗維茨和 Н. Н. 蔡吉娜在手稿出版前的準備工作中所給予的帮助。

作 者

目 錄

原序	6
----	---

第一篇 錫冶金学

第 一 章 錫概論	8
錫的性質	9
錫化合物的性質	11
錫的应用範圍及其生產統計	16
第 二 章 錫礦物、錫礦石及其精选	21
錫礦物	21
錫礦石和錫礦床	22
錫礦石的精选	23
第 三 章 錫精礦处理方法概述	29
精礦的分解和錫酸鹽水溶液的製取	32
精礦的分解和錫酸的製取	33
精礦的氯化分解法	34
精礦分解的其他方法	36
第 四 章 处理錫精礦的實際操作	38
錫錳鉄礦精礦的分解	38
溶液中雜質的清除	48
溶液中錫化合物的沉澱析出	51
錫酸鈣礦精礦的处理	57
第 五 章 錫酸中雜質的清除和三氧化錫的製取	64
第 六 章 金屬錫粉的生產	68
三氧化錫的氫还原法	68
氫还原的實際操作	72
錫粉的粒度	75
三氧化錫的碳还原法	79
碳还原的實際操作	81

	电解还原法	84
第七章	展性錫的生產	88
	粉末冶金的基本原理	89
	生產展性錫的实际操作	93
	煅合錫条的結構	98
	煅合錫条的机械加工	101
	錫絲的結構与性能	104
	單晶錫絲	107
第八章	錫的碳化物和硬質合金	109
	錫的碳化物的性質	109
	碳化錫基硬質合金	112
	熔鑄碳化物的生產	113
	冶金陶瓷硬質合金	114
	錫鈷硬質合金的生產	117
	鈦錫硬質合金	126
	熱压法	129
	硬質合金廢料的處理	129
第九章	錫与有色金屬的合金	132
	电接觸點合金	132
	錫鎳合金及錫鈷合金	136
	司太立合金	141
	錫与稀有金屬和貴金屬的合金	143

第二篇 鋁冶金学

第十章	鋁概論	147
	鋁的性質	147
	鋁化合物的性質	150
	鋁的应用範圍	158
第十一章	鋁礦物、鋁礦石及礬石的精选	160
	鋁礦物	160

鉬礦石和鉬礦床	162
鉬礦石的精選	162
第十二章 鉬精礦的處理	167
鉬精礦處理方法概述	167
處理鉬精礦的實際操作	168
純三氧化鉬的生產	174
化學處理法	177
尾礦及低品位精礦的處理	183
鉬鉛礦精礦的處理	187
第十三章 金屬鉬及其合金的生產	189
三氧化鉬的氫還原法	189
展性鉬的生產	191
三氧化鉬的碳還原法	193
鉬的合金	193
 第三篇 鎢鐵和鉬鐵的生產 	
第十四章 鎢鐵的生產	203
鎢與鐵和碳的合金	203
鎢鐵的熔煉方法	208
鎢鐵的電爐內熔煉	208
生產鎢鐵的金屬熱還原法	212
第十五章 鉬鐵的生產	220
鉬與鐵和碳的合金	220
鉬鐵的熔煉方法及其實踐	222
參考文獻	228
人名對照表	233
名詞對照表	235

錫 鉬 冶 金 學

A·H·節里克曼 著

重工業部有色冶金設計院翻譯科 譯

本書係根据苏联國立黑色及有色冶金科技書籍出版社 металлургиздат 出版的 А. Н. Зеликман (А. Н. Зеликман) 著“鎢鉬冶金学”(Металлургия вольфрама и молибдена) 1949 年莫斯科版譯出。

本書內容为鎢鉬冶金的物理化学原理及最主要生產部門的生產实践：將精礦处理成各种純化合物的方法，純鎢和純鉬及最主要的一些合金的生產等。書中並研討了这两种金屬的物理化学性質、最主要的化合物、礦物、礦石及其精选和应用範圍等。

本書係供在稀有金屬冶金方面工作的科学工作者、工程師以及冶金高等工業学校高級班学生之用。

本書由王先華、俞傳綱和周美齡翻譯，那富智和楊如泉校對。

本書譯稿校對時，得到了中南礦冶学院冶金系陳展猷教授，劉業翔、徐日瑤同志以及馬恆儒教授等充分的幫助。本書譯校者特向他們致以謝意。

А. Н. ЗЕЛИКМАН

МЕТАЛЛУРГИЯ ВОЛЬФРАМА И МОЛИБДЕНА

Металлургиздат (Москва—1949)

* * *

鎢鉬冶金学

重工業部有色冶金設計院翻譯科譯

重工業出版社(北京市灯市口甲 45 号)出版

北京市書刊出版業營業許可証出字第〇一五号

* * *

重工業出版社印刷廠印

一九五六年二月第一版

一九五六年二月北京第一次印刷(1—1,047)

787×1092. $\frac{1}{25}$. 210,000 字. 印張 $9\frac{13}{25}$ 定價(9)1.96 元

書号 0382

* * *

發行者 新華書店

目 錄

原序	6
----	---

第一篇 錫冶金学

第 一 章 錫概論	8
錫的性質	9
錫化合物的性質	11
錫的应用範圍及其生產統計	16
第 二 章 錫礦物、錫礦石及其精选	21
錫礦物	21
錫礦石和錫礦床	22
錫礦石的精选	23
第 三 章 錫精礦处理方法概述	29
精礦的分解和錫酸鹽水溶液的製取	32
精礦的分解和錫酸的製取	33
精礦的氯化分解法	34
精礦分解的其他方法	36
第 四 章 处理錫精礦的實際操作	38
錫錳鉄礦精礦的分解	38
溶液中雜質的清除	48
溶液中錫化合物的沉澱析出	51
錫酸鈣礦精礦的处理	57
第 五 章 錫酸中雜質的清除和三氧化錫的製取	64
第 六 章 金屬錫粉的生產	68
三氧化錫的氫还原法	68
氫还原的實際操作	72
錫粉的粒度	75
三氧化錫的碳还原法	79
碳还原的實際操作	81

电解还原法	84
第七章 展性錫的生產	88
粉末冶金的基本原理	89
生產展性錫的實際操作	93
煅合錫條的結構	98
煅合錫條的機械加工	101
錫絲的結構與性能	104
單晶錫絲	107
第八章 錫的碳化物和硬質合金	109
錫的碳化物的性質	109
碳化錫基硬質合金	112
熔鑄碳化物的生產	113
冶金陶瓷硬質合金	114
錫鈷硬質合金的生產	117
鈦錫硬質合金	126
熱壓法	129
硬質合金廢料的處理	129
第九章 錫與有色金屬的合金	132
電接觸點合金	132
錫鎳合金及錫鈷合金	136
司太立合金	141
錫與稀有金屬和貴金屬的合金	143

第二篇 鋇冶金學

第十章 鋇概論	147
鋇的性質	147
鋇化合物的性質	150
鋇的應用範圍	158
第十一章 鋇礦物、鋇礦石及礦石的精選	160
鋇礦物	160

鉬礦石和鉬礦床	162
鉬礦石的精選	162
第十二章 鉬精礦的處理	167
鉬精礦處理方法概述	167
處理鉬精礦的實際操作	168
純三氧化鉬的生產	174
化學處理法	177
尾礦及低品位精礦的處理	183
鉬鉛礦精礦的處理	187
第十三章 金屬鉬及其合金的生產	189
三氧化鉬的氫還原法	189
展性鉬的生產	191
三氧化鉬的碳還原法	193
鉬的合金	193
 第三篇 鎢鐵和鉬鐵的生產 	
第十四章 鎢鐵的生產	203
鎢與鐵和碳的合金	203
鎢鐵的熔煉方法	208
鎢鐵的電爐內熔煉	208
生產鎢鐵的金屬熱還原法	212
第十五章 鉬鐵的生產	220
鉬與鐵和碳的合金	220
鉬鐵的熔煉方法及其實踐	222
參考文獻	228
人名對照表	233
名詞對照表	235

原 序

錫和鉬被廣泛應用在各個工業部門已有四十多年了。錫和鉬的冶金方法是多種多樣的。它包括將礦石原料處理成各種化合物，也包括純錫及純鉬的生產、硬質合金的生產、錫鉬與有色金屬的合金的生產，以及錫鐵和鉬鐵的生產等。

在蘇聯及其他國家出版的參考文獻中，僅對錫鉬冶金的個別方面，主要是對純錫及純鉬的生產及其熱處理和機械加工等方面，以及部分的對硬質合金、錫鐵和鉬鐵的生產方面有所闡述。關於礦石原料的處理問題在參考文獻中闡述的極為貧乏，而這些問題在錫鉬冶金的一般專門論著中又都是以專利文獻的形式概略敘述的。

但是，關於錫和鉬化合物各種性質的現代知識，已足以成為更全面的闡述此類金屬冶金問題的基礎。

蘇聯的科學家和工程師們研究了錫和鉬的化學性質、礦石原料的處理方法、純錫和純鉬及冶金陶瓷硬質合金的生產過程、以及錫鐵和鉬鐵的生產方法，從而對錫鉬冶金的發展作出了寶貴的貢獻。由於他們的勞動，在我國蘇維埃政權的年代裏便已創建了蘇聯自己的錫鉬冶金工業。

本書係根據以 M. II. 加里寧命名的莫斯科有色金屬與金礦學院的普通課和專業課的教學資料編著的。作者在本書中以闡述錫鉬冶金原理和錫鉬冶金所有最主要的部門的生產實踐為自己的任務。

作者認為首先闡述錫冶金的全部問題，然後再闡述鉬冶金最為合適。同時為了避免重複，在錫冶金部分內詳細地闡述了這兩種金屬和許多合金的全部類似的生產過程，至於鉬冶金部分，則僅闡述其在技術操作上與錫冶金不同的諸問題。

作者認為，在敘述冶金過程之前，先概述一下有關這兩種金屬的物理化學性質、最主要的化合物、礦物、礦石及其選礦，應用範圍和統計資料是有益處的。

在敘述生產實踐的各種方案之前，作者在各單元中都企圖先對該生產過程的物理化學原理加以闡明。

为了学生們閱讀方便，教学大綱範圍以外的資料均用小号鉛字印出。

“鎢鉄和鉬鉄”兩章是在本書作者的参加下，由工程師 Г. B. 沙姆索諾夫寫的。

作者对教授 B. A. 帕朱欣博士、Ф. M. 罗斯庫托夫教授，尤其对博士 Г. A. 麥耶尔松教授及編輯 И. И. 謝夫留科夫副教授所給予的很多宝贵指示，致以真誠的感謝。

作者非常感謝 И. И. 高罗維茨和 И. И. 蔡吉娜在手稿出版前的準備工作中所給予的帮助。

作 者

第一篇 錫冶金学

第一章 錫概論

元素錫是在 1781 年研究名叫白錫礦(重石“тяжелый камень”)的礦物時被發現的。這種後來被稱為錫酸鈣礦的礦物，當時曾被列入錫礦物中。當用酸分解這種礦物時，才確定它是由一種新元素的酸所形成的鈣鹽。

在 1783 年，從另一種礦物，即錫錳鐵礦中獲得了錫酸。當時確定錫錳鐵礦就是錫酸的鐵錳鹽。

不過，錫在其被發現的一百年之後，才獲得了廣泛的工業意義。

在十九世紀的五十年代裏，發現了錫對鋼的性質有良好影響，但錫鋼的生產及其被廣泛應用卻是在十九世紀末和二十世紀初才開始的。俄國的普梯洛夫工廠在 1896 年就開始熔煉錫鋼了。關於錫鋼的一系列機械性能的研究結果，B. 里平曾作過記載(1897 年)。

1900 年第一次在世界博覽會上展出的高速鋼的發明，使採錫工業得到了急劇的發展，早在此以前(1893 年)從精礦中熔煉錫鐵的方法就已研究成功。

高速鋼的出現在提高金屬切削加工的生產率方面大大地推動了技術的進步。錫是生產合金的最主要金屬之一。

用錫製造白熱電燈泡中的錫絲是俄國發明家 A. H. 拉弟金首先實現的(1900 年)。1909 年研究出展性錫的工業生產方法之後，錫在電氣工業上才得到廣泛的應用。

以碳化錫為主要成分的冶金陶瓷硬質合金的創造是錫的歷史上的一个重要階段(1927—1928 年)。這類合金就其效能而言超過各種最好的工具鋼，因此在現代工業上起着重要作用。

俄國的採錫工業是在第一次世界大戰的年代裏開始建立的，當時已開始了錫礦床的開採；但採礦量卻是很低的。

俄國在 1915—1919 年內採掘了約 150 噸的錫錳鐵礦。按國家對錫的需要來講，這僅是個極微小的數字。

我國的錫冶金工業是在蘇維埃政權的年代裏建立起來的。它是依靠蘇維埃的研究工作者和生產工作者的勞動而獨立地發展起來的。

在第一个五年計劃期間，錫礦的採礦和選礦工業得到了廣泛的發展並建立了國內的錫鐵、金屬錫及硬質合金製造業。

錫的性質 [3, 70]

錫是 Д. И. 門德列夫的元素週期系第六族中的元素。其原子序數為 74, 原子量為 183.92。密緻錫的外形似鋼，錫粉為暗灰色。金屬錫呈體心立方品格結晶，其品格常數 $a = 3.1592 \text{ \AA}$ 。錫的比重為 19.3。

錫的機械性能在頗大程度內依其所受的機械加工及熱處理為轉移。

布氏硬度(公斤/平方毫米)

經過煅合的錫條.....	200—250
經過鍛打的錫條.....	350—400

極限抗拉強度(公斤/平方毫米)

經過鍛打的錫條.....	35—150
拉伸的錫條(錫絲)(視直徑不同而異)...	180—415 (延伸率 1—4%)
經過退火的錫絲.....	110 (延伸率 0)
單晶錫絲.....	110 (延伸率 20%)

彈性係數(公斤/平方毫米)

拉伸的錫絲.....	35000—38000
單晶錫絲.....	39000—41000

降伏點(公斤/平方毫米)

經過退火的錫絲.....	70—80
--------------	-------

熱性能 錫的熔點為 $3400 \pm 50^\circ\text{C}$ ，沸點為 5500° 左右；視溫度的不同，錫的蒸汽壓力的數字如下：(毫米水銀柱)：

1530°.....	1.93×10^{-10}	2730°.....	6.55×10^{-5}
2130°.....	7.9×10^{-9}	3230°.....	4.68×10^{-3}

錫的熔化潛熱為 60 卡/克；汽化潛熱為 1150 卡/克。

錫在 20° — 300° 時的平均熱膨脹係數等於 4.4×10^{-6} 厘米/厘米·度。

鎢的比熱(卡/克·度)

18°C	0.034
1400°C	0.043
2100°C	0.048

鎢的導熱率(卡/厘米·秒·度)

在 20° 時	0.38
在 730° 時	1.34
在 1720° 時	4.6

电性能 鎢的比电阻与温度的關係很大。它的數值(歐姆·平方毫米/米)为:

在 20° 時	0.055
在 1200° 時	0.4
在 2400° 時	0.82

鎢的電子發射(毫安培/平方厘米)

在 830° 時	1.5×10^{-10}
在 1630° 時	2.3×10^{-1}
在 1730° 時	1
在 2230° 時	293

鎢的表面輻射能(瓦特/平方厘米)

在 800° 時	0.9
在 1600° 時	18
在 2200° 時	64
在 2700° 時	153

化学性質 在常温下, 鎢在空气中是穩定的, 在 400—500° 時, 鎢開始顯著地氧化, 表面上被覆一層呈淺綠而藍的氧化色薄膜。在較高的溫度下, 鎢即激烈地氧化而生成黃色的三氧化鎢。

在低於熔點時, 鎢与氬实际上相互不起作用。这样, 金屬鎢熱处理的全部操作过程便可以在氬气气氛中進行。

在温度为 2000° 以下時, 氮亦不与鎢發生反应, 僅在 2300° 時, 生成氮化鎢 WN_2 。在赤熱溫度下, 水蒸汽使鎢按下式剧烈氧化: