

原 序

第十九次党代表大会關於 1951~1955 年苏联發展 第五个五年 計劃的指示中規定要進一步大力發展我國的工業。

稀有金屬在解決面臨的任務方面起着很大的作用，稀有金屬決定着下列各重要工業部門的發展：特殊鋼生產，硬質合金及執熱合金的生產，電真空技術等。

在蘇維埃政權年代裏所建立並發展起來的稀有金屬及其合金與化合物的生產，在目前是一重要的冶金工業部門，它能滿足各個不同工業部門對稀有金屬的不斷增長的需要。

由於稀有金屬工業的產生和發展，就開始培養了這些金屬的冶金及化學工藝方面的工程技術幹部。

現有文獻中的稀有金屬書籍，都是一般性的或者僅涉及個別金屬的生產。

本書是作者根據他在有色冶金中等專業學校所講授的“稀有金屬及幼金屬冶金學”課程的教學大綱所編寫的。

本書敘述了下列稀有金屬的冶煉：鎢、鉬、鎳和鈹、鈦、鋳、鋁、鎂、鐵、鋼、鈦、鎳、以及兩種“幼金屬”——汞與鎢。

作者在敘述各種金屬的冶金學時，特別注意自礦石原料製取稀有金屬化合物（氧化物及鹽類）及生產純金屬的一些典型技術作業過程的物理化學實質。

在這個基礎上，學生就能瞭解本書中未敘述到而在實際工作中可能遇到的其他各種不同的技術作業過程。

中等專業學校的學生在學習“稀有金屬冶金學”以前，或在同時，應學習下列課程：“冶金的物理化學原理”，“選礦學”，“冶金爐”，“收塵”，“水法冶金的过程与設備”。這樣就能根據學生們已經瞭解的概念來闡述本書的材料，並且可以不再敘述水法冶金的標準設備（浸出器，稠濃器，過濾機等）、磨碎機，以及收塵設備的作用原理等。

本書第一、二、六、七、八、九、十二、十三、十四及十五章是 A. H. 澤利克曼所寫，第三、四及五章是 A. H. 澤利克曼與 O. E. 克列茵所寫，第十、十一及十六章是 Г. B. 薩姆索諾夫所寫，第十七章是 O. E. 克列茵所寫。

作者謹向評閱者致以衷心的謝意，他們的意見已在準備書稿付印時加以考慮。

上 冊 目 錄

原 序	8
-----------	---

第一篇 冶金學概論

第一章 稀有金屬冶金學概論	10
第1節 冶金學的概念	10
第2節 稀有金屬的概念	11
第3節 稀有金屬的分類	17
第4節 蘇聯稀有金屬工業的發展	19
第二章 稀有金屬精礦各主要處理階段概述	23
第5節 稀有金屬礦石的特點	23
第6節 處理精礦的各個階段	24
第7節 精礦的分解	25
火冶法	25
水冶法	26
第8節 稀有金屬純化合物的生產	28
溶解度小的化合物的沉澱	28
鹽的結晶	30
第9節 從化合物生產金屬	31

第二篇 高熔點稀有金屬

第三章 鎢	33
第10節 鎢的概論	33
簡史	33
鎢的性質	34
鎢化合物的性質	35
應用範圍	39

1469445

第11節	礦物、礦石及精礦	42
	錫礦物	42
	錫礦石及錫礦床	43
	錫礦的精選	44
第12節	錫精礦處理方法概述	45
第13節	錫錳鐵礦精礦的處理	48
	蘇打燒結法	48
	用氫氧化鈉溶液分解錫錳鐵礦	53
	除去溶液中的雜質	54
	使錫化合物從溶液中析出	56
第14節	錫酸鈣礦精礦的處理	59
	用蘇打燒結	59
	用蘇打水溶液分解錫酸鈣礦精礦	61
	用酸分解錫酸鈣礦精礦	64
第15節	錫酸的淨化	66
第16節	三氧化錫的生產	69
第四章	金屬錫的生產	72
第17節	用氫還原三氧化錫	72
	還原爐	74
	還原方法	76
	錫粉顆粒的大小	76
第18節	用碳還原三氧化錫	77
	裝料的製備	78
	還原爐	79
第19節	密緻錫的生產	80
	壓塑	80
	煅合	81
	煅合坯塊的機械加工	85
第五章	鋅	89
第20節	鋅的概論	89
	簡史	89
	鋅的性質	90

	鉍化合物的性質	91
	应用範圍	96
第21節	礦物、礦石及精礦	98
	鉍礦物	98
	鉍礦石及鉍礦床	99
	鉍礦石的精選	100
第22節	輝鉍礦精礦處理方法概述	101
第23節	輝鉍礦精礦的氧化焙燒	101
	在反射爐和隔焰爐中焙燒	104
	在筒形迴轉爐中焙燒	104
	在多腔爐中焙燒	107
	銻在焙燒輝鉍礦時的行為	110
第24節	純三氧化鉍的生產	110
	用昇華法生產三氧化鉍	110
	處理焙燒礦的化學法	112
第25節	不合格精礦及生產廢料的處理	118
第26節	金屬鉍的生產	121
	用氫還原三氧化鉍	121
	展性鉍的生產	122
第六章	鉍和銻	124
第27節	鉍和銻的概論	124
	鉍和銻的性質	124
	化合物的性質	125
	应用範圍	129
第28節	礦物、礦石及精礦	130
	礦物	130
	礦石和精礦	133
第29節	精礦的處理	134
第30節	苛性鈉熔化法	134
第31節	鉍和銻的分開	138
第32節	用氫氟酸分解鉍鐵礦和銻鐵礦	145

第33節	鈦鉍錫精礦的處理	146
	硫酸分解法	146
	氯化法	148
第34節	金屬鉍和金屬錫的生產方法	150
第35節	關於金屬熱還原法的一般概念	151
第36節	用還原鉍氟酸鈉的方法生產鉍和錫的金屬粉末	156
第37節	用电解法生產鉍粉	158
第38節	密徹鉍的生產	159
	壓塑	159
	煅合	160
第39節	金屬鉍和金屬錫殘料的翻新	165
第七章 鈦		167
第40節	鈦的概論	167
	鈦的性質	167
	化合物的性質	169
	應用範圍	172
	蘇聯鈦工業的發展	174
第41節	鈦礦物、鈦礦石及鈦精礦	175
第42節	處理鈦精礦所得的產品	178
第43節	從鈦鐵礦生產二氧化鈦	179
	鈦鐵礦精礦的分解	179
	除去溶液中的鐵	182
	加水分解	186
第44節	四氯化鈦的生產	190
第八章 鉍		195
第45節	鉍的概論	195
	鉍的性質	195
	化合物的性質	197
	應用範圍	201
第46節	礦物、礦石及精礦	203
第47節	處理鉍英石精礦所得的產品	205

第48節	分解鉛英石精礦的方法	206
第49節	苛性鈉熔化法	206
第50節	用石灰燒結法分解鉛英石	211
第51節	鉛氟化鉀的生產	213
第52節	四氯化鉛的生產	213
第九章	金屬鈦和金屬鉛的生產	217
第53節	鈦和鉛的製煉方法	217
第54節	还原氯化物	218
	用鈉还原氯化鈦	219
	用鎂还原氯化鈦	222
	用鎂还原氯化鉛	224
第55節	用金屬鈉还原鉛氟酸鉀	228
第56節	还原鈦和鉛的氧化物	229
	用金屬鈣还原氧化物	229
	用氯化鈣还原氧化物	231
第57節	密緻鈦和密緻鉛的生產	232
	粉末冶金法	232
	熔化法	233
	熱分解碘化物法	233

第八章 鋳

第 45 節 鋳的概論

鋳是 Д. И. 門德雷業夫週期系第四族的元素，1789 年在分佈最廣的鋳礦物鋳英石中發現的。鋳英石是早在遠古的時候已經知道，而且是早已被用作寶石的。

純金屬鋳只是在該元素發現了 120 年後在 1914 年才獲得的。難獲純金屬鋳的原因是該金屬有與一切分佈最廣的氣體氧、氮、一氧化碳、氫等猛烈交互作用而生成固態溶液和化合物（氧化物、氮化物、碳化物、氫化物）的傾向。少量這些元素雜質都使該金屬變脆，而不能接受機械加工（鍛冶、拉絲等）。

不久以前，生產展性純鋳的唯一方法是極複雜和生產力很小的使碘化鋳熱分解的方法，用這種方法可以生產不大的可塑性金屬鋳棒。只是最近幾年才在研究相當大規模地生產展性鋳的方法方面獲得了成功。從礦石原料製得的鋳化合物和金屬鋳經常含有化學性質與鋳類似的雜質，即 1922 年發現的鉛。鋳裏面的鉛含量視原料的性質而定，在千分之幾至百分之幾之間。

鋳 的 性 質

密緻鋳外觀與鋼相似，鋳粉呈深灰色。

金屬鋳有兩種同質異像變體。在 862°C 以下穩定是屬於六方系的 α -鋳（晶格常數 $a=3.227^{\circ}\text{\AA}$ ； $c=5.137^{\circ}\text{\AA}$ ）。 α -鋳在 862°C 以上轉變為體心六面體晶格常數 $a=3.61^{\circ}\text{\AA}$ 的鋳。

下面是鋳的某些物理常數。

鋳的物理性質

原子量.....	91.22
比重.....	6.49
熔點溫度， $^{\circ}\text{C}$	1900~2130
沸點溫度， $^{\circ}\text{C}$	2300 以上

在 20°C 時的比熱，卡/克·度 0.067

比电阻，歐姆·厘米：

在 20 °C 時	41×10^{-6}	} α -Zr
在 400 °C 時	107×10^{-6}	
在 800 °C 時	143×10^{-6}	
在 1000°C 時	128×10^{-6}	} β -Zr
在 1200°C 時	126×10^{-6}	

表 27 所載是用各種不同方法獲得的鋳的機械性質。

鋳的機械性質

表 27

金屬的特性	抗張極限強度	降伏點 (0.2%)	伸長率，%	彈性係數
	仟克/毫米 ²	仟克/毫米 ²		
從碘化鋳製得的，純度 99.7%，經過壓延和退火的...	25.2	11.2	31.0	7950
同上，變形以後（截面縮小 50%）.....	52.3	37.4	2.0	8500
從四氯化鋳被鈹還原出的，經過熔化的.....	41.8	27.0	14.0	—
同上，變形以後（截面縮小 50%）.....	61.0	57.5	9.0	—

在空氣中金屬鋳是穩定的。使密緻金屬鋳受熱至 400~500°C 時，該金屬被氧化物薄膜所覆蓋，而當溫度超過 800°C 時，則迅速氧化而生成高價氧化物 ZrO_2 。

鋳粉在 210~270°C 溫度下（依粉末細度為轉移）在空氣中氧化而燃燒。

在 300~400°C 溫度下鋳已經猛烈吸收氫而生成氫在鋳中的固態溶液和氫化鋳（ Zr_2H 、 ZrH 和 ZrH_2 ）。

在高度真空中在 1200~1300°C 溫度下加熱可以排除該金屬中的氫。

鋳在 900°C 以上猛烈吸收氮和一氧化碳。

鋳與氮和碳生成非常硬和非常難熔的化合物氮化鋳 ZrN 和碳化鋳 ZrC 。與氫不同，氮和碳當金屬在真空中加熱時不能由鋳逸出。

在抗蝕性方面，鋳優越於鈦而與鈮和鈳相接近。密緻金屬能抵

抗各種濃度的鹽酸和硝酸和溫度為 100°C 以下濃度為 50 % 以下的硫酸的作用。

這種金屬在室溫下不受王水的作用，溶解於氫氟酸和 100°C 時的濃硫酸，不溶於鹼的水溶液中。

化合物的性質

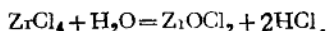
只是四價銻化合物具有實際價值；低價化合物不穩定，因而研究得很少。

二氧化銻 高價氧化銻 ZrO_2 是焙解氫氧化銻或焙解某些銻鹽——硫酸鹽、氯化物、硝酸鹽時獲得的。純的二氧化銻是白色的。焙解過的 ZrO_2 實際上不溶於鹽酸、硝酸和稀硫酸。這種氧化物在加熱時溶於氫氟酸和濃硫酸。

二氧化銻是非常穩定和熔點很高的氧化物。生成熱 258.1 kJ/mol 。熔化溫度根據不同作者的測定在 $2700 \sim 2900^{\circ}\text{C}$ 之間。

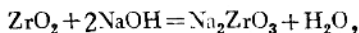
二氧化銻有幾種同質異像變體。在 $1000 \sim 1100^{\circ}\text{C}$ 以下穩定的是單斜系的結晶形態，在 $1100 \sim 1900^{\circ}\text{C}$ 範圍內穩定的是正方晶系的結晶形態，在 1900°C 以上穩定的是三方晶系的結晶形態。

二氧化銻是兩性的。 ZrO_2 與鹼共熔時是生成銻酸鹽，二氧化銻溶解於酸時是獲得相應的酸的鹽：硫酸鹽、氯化物及硝酸鹽。這些鹽類在水溶液中發生加水分解而生成銻基 $(\text{ZrO})^{2+}$ 化合物，例如按下列反應式發生加水分解：

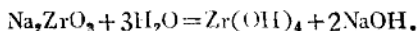


銻酸鹽 已經知道有偏銻酸 (H_2ZrO_3) 和正銻酸 (H_4ZrO_4) 的鹽。大部分銻酸鹽不溶於水。

銻酸鈉和銻酸鉀是二氧化銻與苛性鹼、蘇打或碳酸鉀共熔時生成的，例如：



用水處理熔化產物時，鹼金屬的銻酸鹽發生水解作用而生成氫氧化銻：



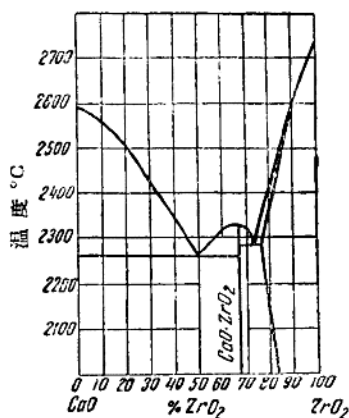


圖 65 CaO—ZrO₂ 系的狀態圖

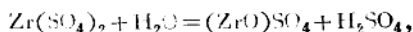
鋯酸鈣 CaZrO_3 和鋯酸鎂 MgZrO_3 是煅燒 $\text{CaO} + \text{ZrO}_2$ 和 $\text{MgO} + \text{ZrO}_2$ 粉末混合物時生成的。鋯酸鈣在 2350°C 溫度下熔化，鋯酸鎂在 2150°C 溫度下熔化。

圖 65 所示是 $\text{CaO}-\text{ZrO}_2$ 系的狀態圖。

氧化鈣和氧化鎂溶解於二氧化鋯而生成具有立方晶格的固態溶液。這時候可以作為純二氧化鋯的特徵的同質異像變化現象消失了。

硫酸鹽類 正硫酸鋯 $\text{Zr}(\text{SO}_4)_2$ 只是存在於濃硫酸溶液中。稀釋時溶液

發生加水分解反應而生成絡合物：



$(\text{ZrO})\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{H}_2[\text{ZrO}(\text{SO}_4)_2]$ ——鋯醯基硫酸。蒸發這種硫酸溶液時，有含有三個分子水的鋯醯基硫酸 $\text{H}_2[\text{ZrO}(\text{SO}_4)_2] \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ 結晶析出。

把這種含水結晶體的分子式寫成正硫酸鋯 $\text{Zr}(\text{SO}_4)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ 是不正確的，雖然這個分子式在化學組成方面是相同的。煮沸含鋯醯基硫酸鹽和鋯醯基硫酸的弱酸性溶液時，由於加水分解而生成溶解度很小的鹼式硫酸鋯，其組成可用如下的通式表示： $x\text{ZrO}_2 \cdot y\text{SO}_3 \cdot z\text{H}_2\text{O}$ 。

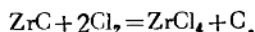
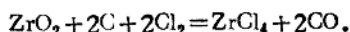
在這些鹼式硫酸鹽中，分子數比例 $\text{ZrO}_2:\text{SO}_3 > 1$ 。在含 2~3 克/升 $\text{Zr}(\text{SO}_4)_2$ 的稀溶液中，發現當 $\text{pH}=2$ 時開始沉澱析出鹼式鹽，而當 $\text{pH}=4\sim 4.5$ 時則完全沉澱析出。這時候鹼式硫酸鹽中的 $\text{ZrO}_2:\text{SO}_3 = 1:0.5$ 。

使二氧化鋯與濃硫酸一起受熱時，是獲得無水硫酸鋯 $\text{Zr}(\text{SO}_4)_2$ ——溶解於水的白色結晶物質。無水硫酸鋯溶解時，是按照上面所述的反應式生成鋯醯基硫酸。

磷酸鋯 加正磷酸或磷酸鈉於含鋯鹽的溶液時，是析出白色的磷

酸鋇 ZrP_2O_7 沉澱。這種磷酸鹽實際上不溶於水和溶於濃度為 10% 甚至 10% 以上的硫酸和鹽酸。這使得差不多可以把鋇與一切元素分開。

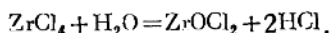
氯化鋇和氧氯化鋇 四氯化鋇 ZrCl_4 是供生產金屬鋇用的原始化合物之一。四氯化鋇是氯在高溫下對鋇、二氧化鋇與炭的混合物或碳化鋇作用時獲得的：



四氯化鋇是在低溫下昇華的白色結晶粉末；在 330°C 時，在固態四氯化鋇上方的蒸氣壓達到一個大氣壓。四氯化鋇的蒸氣壓依溫度為轉移，可以根據下列方程式算出：

$$\lg p = -6600/T - 1.61 \lg T - 1.78T + 19.35 \quad (\text{毫米水銀柱})$$

這種鹽在 25 大氣壓下在 437°C 時熔化。固態 ZrCl_4 的生成熱為 268.9 仟卡/克分子，這種氯化物的昇華熱為 -26.9 仟卡/克分子。四氯化鋇是非常吸濕的，在水溶液中（和在潮濕空氣中）水解而生成氧氯化鋇（氯化鋇鹽基）：



沒有進一步的水解作用發生。

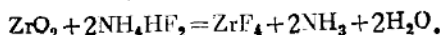
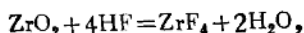
氯化鋇鹽基在水溶液中是穩定的，它以含水結晶體 $\text{ZrOCl}_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ 狀態結晶析出。析出的晶體為正方系的菱柱體，具有清晰明顯的解理。這種鹽易溶於水，而在濃鹽酸中則溶解度很小（參看表 31）。

結晶體 $\text{ZrOCl}_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ 在空氣中可以乾燥而不改變組成。在乾燥空氣中則失去一部分水而變成含兩個分子結晶水的化合物 $\text{ZrOCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 。在 $180 \sim 200^\circ\text{C}$ 時這種鹽即全部脫水。無水 ZrOCl_2 的生成熱為 246 仟卡/克分子。

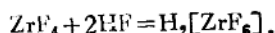
溴化鋇和碘化鋇 ZrBr_4 和 ZrI_4 的性質與氯化鋇相似。這兩種化合物都是和氯化鋇一樣容易昇華的。就 ZrBr_4 而言，在固態鹽上方的蒸氣壓在 357°C 時達到一大氣壓，就 ZrI_4 而言，則在固態鹽上方的蒸氣壓是在 430°C 時達到一大氣壓，這兩種鹽在高壓下分別在溫度為 450°C 和 499°C 時熔化。碘化鋇係用來藉熱分解法製取高純度的金屬

錯。

錯的氟化物和絡合氟化物 氟化錯 ZrF_4 是气态氟化氫在 $500 \sim 600^\circ C$ 温度下对二氧化錯作用時，或者是加熱二氧化錯与酸性氟化氫的混合物時獲得的：

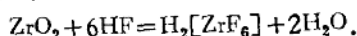


氟化錯是白色的，沸騰温度大概是 $907 \sim 930^\circ C$ ，根据近似的數據生成熱为 445 仟卡/克分子。氟化錯在水中的溶解度很小，但溶於氫氟酸，这是因为生成絡酸的緣故：



与此相适应，二氧化錯（或氢氧化錯）在氫氟酸中係按下列反应

溶解：



当溶液中有鉀离子或鈉离子存在時，是生成絡鹽——錯氟酸鹽：



錯氟酸鉀在工業技術上起重大的作用。这种鹽容易从溶液中成无色斜方系菱柱体結晶析出。这种鹽的溶解度与温度的關係很大（表 28），这使得可能用再結晶法把这种鹽淨製。錯氟酸鹽在空气中穩定，而且不吸濕，是生產金屬錯的原始材料。

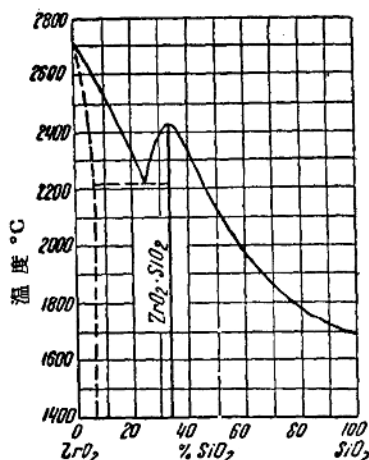


圖 66 SiO_2-ZrO_2 系的状态圖

K_2ZrF_6 在水中的溶解度

表 28

温 度, $^\circ C$	20	50	90	100
溶 解 度, $K_2ZrF_6, \%$	1.22	2.94	11.11	23.53

矽酸錯 $ZrSiO_4$ 在自然界成礦物錯英石產出。这种矽酸鹽在温度

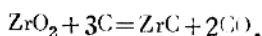
为 2430°C 時熔化。雜質 ZrO_2 和 SiO_2 使这种化合物的熔化温度大大降低 (圖66)。

碳化鋯和氮化鋯 碳化鋯 ZrC 和氮化鋯 ZrN 都是非常硬和熔化温度很高的物質，具有金屬的性質 (金屬光澤、導電性)。碳化鋯的熔化温度为 3530°C ，氮化鋯在 2980°C 時熔化。

这两种化合物的晶格是同一類型的 (面心立方体)，因之互相形成一系列連續的固態溶液。

碳化鋯 ZrC 的生成熱为 35.5 仟卡/克分子，氮化鋯 ZrN 的生成熱为 82.2 仟卡/克分子。

碳化鋯是在 $1900\sim 2000^{\circ}\text{C}$ 下煅燒二氧化鋯与炭的混合物時按下列反应式產生的：



如果过程係在有氮在場的情況下進行，則碳化物總含有雜質氮。氮化鋯是当氮在 $800\sim 1000^{\circ}\text{C}$ 温度下与鋯粉發生作用時獲得的，或者是当气态氨与四氯化鋯發生作用時獲得的。

应 用 範 圍

目前已經確定鋯的工業用途有以下幾方面：

1. 陶器和耐火材料。
2. 製造搪瓷和玻璃。
3. 製鋼和製造有色金屬合金。
4. 烟火工業和电真空工業。

陶器和耐火材料 全世界所產的鋯精礦大部分係用於製造耐火製品和特种陶瓷。用作为耐火材料的是純二氧化鋯、單斜鋯礦、斜鋯礦和鋯英石精礦。

二氧化鋯在 $2700\sim 2900^{\circ}\text{C}$ 温度下熔化，礦物鋯英石在 2430°C 時熔化。

但各种雜質尤其是 Fe_2O_3 会降低这些化合物的熔化温度。純二氧化鋯作为耐火材料的缺點是受熱時不穩定，即当加熱至高温的二氧化鋯製品冷却時有破裂現象發生。这种現象与二氧化鋯發生同質異像变化有關。一种同質異像变体轉变为另一种同質異像变体是与体積的改

變分不開的，這就是發生破裂的原因。加穩定劑——氧化鎂或氧化鈣於二氧化鋯可消滅破裂現象。這些氧化物溶解於二氧化鋯而生成無論在高溫或低溫下都是保有立方晶格的固態溶液。加4%的 MgO 於二氧化鋯已經足夠生成立方晶格的固態溶液。

二氧化鋯或礦物單斜鋯礦和鋯英石係用以製造冶金爐的耐火磚、熔化金屬和合金的坩堝、耐火管及其他製品。

某幾種在電器工業上用以製造高壓綫路絕緣子、高頻率電器設備絕緣子以及內燃機火花塞絕緣子的陶瓷中加有鋯礦物或二氧化鋯。含鋯陶瓷的電解質常數很大，同時膨脹係數很小。

搪瓷和玻璃 二氧化鋯和鋯英石（已除去雜質鐵的）廣泛用作搪瓷的組成部分。二氧化鋯和鋯英石使搪瓷具有白色和具有耐酸性能，因之，完全代替了用以使搪瓷呈白色和具有耐酸性能的有缺點的氧化錫。某幾種玻璃中也含有鋯英石和二氧化鋯。加入 ZrO_2 可提高玻璃抵抗鹼溶液侵蝕的性能。

鋼和有色金屬合金 鋯對氧和氮的親和力很大是用鋯作為鋼的有效脫氧劑和脫氮劑的先決條件。除去鋼中的氧和氮後可獲得機械性質較優的微晶結構。此外，鋯還與硫化合而消除鋼的熱脆性。鋯也是很有價值的冶合金的元素，某幾種鎳鋯裝甲鋼（與2%Ni一起加有0.3%Zr）、供鍛造大砲用的鋼、不銹鋼、耐熱鋼和某幾種別的鋼中都含有鋯。在某幾種鉻鋼中，鋯含量達2%。

鋯係以鋯鐵和鋯矽鐵狀態加入熔化的鋼中。鋯鐵含鋯達40%，含矽約10%，並含鋁8~10%（其餘為Fe）；鋯矽鐵含鋯20~50%，並含矽20~50%（其餘為Fe）。

加鋯於銅是有實際價值的。含鋯0.1~5%的鋯銅合金在熱處理之後（淬火和硬化回火）能夠硬化。

這種合金的強度（極限抗拉強度）達50公斤/毫米²，比未經退火的銅的强度高50%，純銅製品（綫、板、管）受熱到200°C時，其強度由於回火而大大降低。加鋯可使銅的回火溫度高到500°C。加少量鋯於銅只是使導電率稍為減小，但可提高銅的強度。鋯係以含鋯12~14%，其餘為銅的母合金狀態加入銅中。

鋳銅合金係用以製造點焊電極和製造強度需要較大的電綫。

某些能够抵抗腐蝕的合金中是含有鋳的。例如，由 54%Nb, 40%Ta 和 6~7%Zr 組成的合金可作為白金的代用物。

金屬鋳的应用 現在主要是应用粉末狀的（应用範圍比較不大）和密緻金屬狀的金屬鋳。

鋳對氧的親和力很大，着火點很低（約 210°C ）及燃燒速度很大，是採用細鋳粉作為起爆雷管混合物和照相用閃光混合物的引火劑的先決條件。

鋳粉與氧化劑 $[\text{Ba}(\text{NO}_3)_2, \text{KClO}_3]$ 混合物則形成爆破用無煙火藥。

在電真空工業上首先是利用鋳的吸收 $\text{O}_2, \text{N}_2, \text{H}_2, \text{CO}$ 和 H_2O 等氣體的性質。為此目的，或者是应用展性鋳製造陰極射綫管中的絲柵極，或者是应用鋳粉，鋳粉係燒鋳在熾熱裝配件的部件上（陽極、柵極等）。

薄鋳板係用於具有鋁靶子的 x 射綫管中，在 x 射綫管中，鋳是用過濾器藉以提高 x 射綫的單色性。

金屬鋳的可能用途遠非止於如上所述，到目前為止，金屬鋳的用途是受了展性鋳的產量少和價格很高的限制。

第 46 節 礦物、礦石及精礦

鋳在地殼中的重量為 0.025%，就在地殼中的分佈量而言，鋳超過像銅、鋅、錫、鎳和鉛這樣的尋常金屬。

分佈最廣的鋳礦物——原矽酸鋳（鋳英石）——以不大的濃度廣泛分佈在各種岩漿火石岩和石英砂中。已經知道的鋳礦物約有 20 種；這些鋳礦物主要是富集在偉晶花崗岩和鹼性偉晶岩中。

礦物鋳英石和單斜鋳礦現時是鋳的主要工業來源。此外，礦石異性石和負異性石也可以用作鋳原料，但這些礦物的鋳含量少得多。

單斜鋳礦 是 1892 年發現的。在組成方面幾乎是純的氧化鋳 ZrO_2 ，其中含有雜質鉛、鐵、鈦、鋁和矽。在最純的試樣中， ZrO_2 含量達 98%。只是在巴西發現有大量的單斜鋳礦。這種礦物是磷鉍鑛砂中的常見雜質（磷鉍鑛是一種礦物，是稀土金屬的磷酸鹽）

單斜鋯礦的比重為 5.5~6，礦物硬度計硬度為 6.5，熔化溫度為 2700~2900°C（視雜質含量而定）。簡陋地加以精選的結果（在溜槽中用水洗選和在搖床上手選），可得一般稱為“鋯礦”（ЦИРКИТ）的單斜鋯礦精礦，其組成見表 29。

單斜鋯礦精礦的組成，%

表 29

ZrO ₃	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	Al ₂ O ₃	TiO ₂
82.12	5.20	6.36	1.29	0.83
75.2	4.65	14.95	—	—
82.67	5.43	11.60	—	0.20
78.3	2.40	13.20	—	0.20
76.6	2.01	17.6	1.7	0.70

精礦中的主要雜質是矽、鐵、鋁、鈦。為了獲得高品位精礦，是用搖床重力選礦法（把較輕的含鋁礦物分開）和電磁選礦法（磁性鐵礦物和鈦鐵礦進入磁性部分）。此外，為了把鐵分開還用硫酸加以處理。

鋯英石 是原矽酸鋯 $ZrSiO_4$ (67.2%ZrO₂, 32.8%SiO₂)。鋯英石是分佈最廣的鋯礦物。這種礦物主要集中在偉晶花崗岩中，尤其在由鹼性岩漿生成的偉晶岩中。鋯英石常常產出於本生岩破毀時生成的砂礦中，尤其是常常產生於含金砂礦和磷鈣鎳砂礦中。鋯英石的比重為 4.4~4.7，礦物硬度計硬度為 7.5，熔化溫度為 2430°C 左右。

礦物鋯英石通常含有雜質氧化鉛（HfO₂ 含量在 0.5% 到 4% 之間）以及雜質 Fe₂O₃（達 0.35%）和 CaO（0.05~4%）。在比較稀少的鋯英石變種中，發現有稀土金屬、鋯、鈾、釷和鈾。

這種礦物呈黃色、紅棕色，呈綠色的較少。也發現有無色的變種。除氫氟酸外，各種礦物酸對鋯英石都無作用。

含有鋯英石的礫石係兼用重力選礦法、磁選法和靜電選礦法進行精選。用搖床洗選可把鋯英石與石英分開。把鈦鐵礦和石榴子石（鋁、鐵、鈣和別的元素矽酸鹽）分關係用弱磁場磁選法（鋯英石