

2k610/10

本書系根据苏联冶金出版社出版的斯拉文斯基著，
伏尔增訂的“元素的物理化学性質”1952年版譯出。

中譯本分为上下兩冊出版，上册包括第一章至第三
十五章，下册包括第三十六章至第六十四章。

書中叙述了週期系中各元素的物理化学性質及各种
化合物的制取方法。介紹了自各种矿石和原料中提取元
素的一般方法和各种合金的性能及其主要的工業用途。

本書可以作为冶金工業各企業及科学研究机关工程
技術人員的參考書，也可以作为高等学校和中等技术学
校冶金專業学生的參考書以及普通化学和無机化学方面
的教学參考書。

原書評閱者为教授 Н. А. 菲林博士，技术科学副博
士 Е. С. 施皮欽涅茨基和工程师 И. А. 罗盖尔別格。

此譯本为下册，由黃張添、徐有成、周立翻譯，周
立、鍾攸如校閱。

目 录

下 册

第三十六章 鋁	1
第一节 在自然界中的分佈和制取方法	1
第二节 物理性質	2
第三节 化学性質	5
第四节 鋁的工業用途	10
第三十七章 鎂	12
制取方法和性質	12
第三十八章 氮	13
第一节 在自然界中的分佈和制取方法	13
第二节 物理性質	13
第三节 化学性質	14
第四节 氮的工業用途	16
第三十九章 磷	17
第一节 在自然界中的分佈、制取方法和同素異形現象	17
第二节 白磷的物理性質	17
第三节 紅磷的物理性質	18
第四节 黑磷的物理性質	19
第五节 磷的化学性質	19
第六节 磷的工業用途	22
第四十章 砷	24
第一节 在自然界中的分佈和制取方法	24
第二节 物理性質	24
第三节 化学性質	26
第四节 砷的工業用途	32
第四十一章 銻	34
第一节 在自然界中的分佈和制取方法	34
第二节 物理性質	35
第三节 化学性質	40

第四节	鐳的工業用途	46
第四十二章	鉍	48
第一节	在自然界中的分佈和制取方法	48
第二节	物理性質	49
第三节	化学性質	57
第四节	鉍的工業用途	64
第四十三章	鉻	65
第一节	在自然界中的分佈和制取的方法	65
第二节	物理性質	65
第三节	化学性質	70
第四节	鉻的工業用途	77
第四十四章	鎳	81
第一节	在自然界中的分佈和制取方法	81
第二节	物理性質	81
第三节	化学性質	85
第四节	鎳的工業用途	90
第四十五章	錳	92
第一节	在自然界中的分佈和制取方法	92
第二节	物理性質	93
第三节	化学性質	104
第四节	錳的工業用途	111
第四十六章	鈷	114
第一节	在自然界中的分佈和制取方法	114
第二节	物理性質	115
第三节	化学性質	116
第四节	鈷的工業用途	121
第四十七章	氧和臭氧	123
第一节	氧在自然界中的分佈和制取方法	123
第二节	氧的物理性質	123
第三节	臭氧, 生成臭氧的条件	128
第四节	臭氧的物理性質	129
第五节	臭氧的化学性質	130
第六节	臭氧在气体中的实际意义	131

第七节	氧的工業用途	132
第四十八章	硫	133
第一节	在自然界中的分佈和制取方法	133
第二节	物理性質	133
第三节	化学性質	136
第四节	硫的工業用途	139
第四十九章	硒	141
第一节	在自然界中的分佈和制取方法	141
第二节	物理性質	141
第三节	化学性質	146
第四节	硒的工業用途	149
第五十章	碲	150
第一节	在自然界中的分佈和制取方法	150
第二节	物理性質	151
第三节	化学性質	153
第四节	碲的工業用途	156
第五十一章	鉍	159
第一节	制取方法和性質	159
第二节	鉍的工業用途	159
第五十二章	錳	161
第一节	在自然界中的分佈和制取方法	161
第二节	物理性質	162
第三节	化学性質	167
第四节	錳的工業用途	175
第五十三章	鋁和銻	177
第一节	在自然界中的分佈和制取方法	177
第二节	銻的物理性質	178
第三节	銻的化学性質	179
第四节	銻的工業用途	182
第五十四章	鹵素	183
第一节	在自然界中的分佈和制取方法	183
第二节	氟的物理性質	183
第三节	氟的化学性質	184

第四节	氟的物理性質	185
第五节	氟的化学性質	186
第六节	溴的物理性質	188
第七节	溴的化学性質	189
第八节	碘的物理性質	190
第九节	碘的化学性質	191
第十节	氯、溴及碘的过鹵素鹽	192
第十一节	由鹵氫酸鹽类生成的某些二元系和三元系熔度 状态圖	192
第十二节	鹵素同金屬生成的复鹽及絡合鹽在冶金中的应用	195
第五十五章	鐵	197
第一节	鐵在元素週期表中的位置	197
第二节	在自然界中的分佈和制取純鐵的方法	197
第三节	物理性質	198
第四节	化学性質	202
第五节	鐵的工業用途	218
第五十六章	鈷	220
第一节	在自然界中的分佈和制取方法	220
第二节	物理性質	221
第三节	化学性質	225
第四节	鈷的工業用途	231
第五十七章	鎳	235
第一节	在自然界中的分佈和制取的方法	235
第二节	物理性質	238
第三节	化学性質	245
第四节	在熔煉过程中各种气体对鎳的作用	255
第五节	鎳的工業用途	257
第五十八章	鈦	260
第一节	在自然界中的分佈和制取方法	260
第二节	物理性質	261
第三节	化学性質	263
第四节	鈦的工業用途	265
第五十九章	鉭	266

第一节	在自然界中的分佈和制取方法	266
第二节	物理性質	266
第三节	化学性質	269
第四节	銦的工業用途	271
第六十章	鈮	273
第一节	在自然界中的分佈和制取方法	273
第二节	物理性質	273
第三节	化学性質	276
第四节	鈮的工業用途	285
第六十一章	鐳	287
第一节	在自然界中的分佈和制取方法	287
第二节	物理性質	287
第三节	化学性質	289
第四节	鐳的工業用途	292
第六十二章	釷	293
第一节	在自然界中的分佈和制取方法	293
第二节	物理性質	293
第三节	化学性質	295
第四节	釷的工業用途	299
第六十三章	鉑	300
第一节	在自然界中的分佈和制取方法	300
第二节	物理性質	301
第三节	化学性質	306
第四节	鉑的工業用途	313
第六十四章	釷副族金屬	315
第一节	在自然界中的分佈、由矿石制取方法及其特性	315
第二节	釷	320
第三节	釷	322
第四节	釷	324
第五节	釷	324
第六节	釷	327
第七节	釷族稀土元素(釷、釷、釷)	333
第八节	釷族稀土元素(釷、釷、釷、釷、釷)	337
第九节	釷族稀土元素(釷、釷、釷)	339
第十节	釷副族金屬的工業用途	342

第三十六章 鉭

第一节 在自然界中的分佈和制取方法

若按地球化学家的計算，鉭在地壳中的含量为 $6 \times 10^{-5}\%$ ，那么鉭的儲量便小于此量若干倍，而計算为 $2 \times 10^{-5}\%$ ，也就是从在地壳中分佈的观点来看，这两种金屬是稀有金屬。虽然如此，但鉭已經和鈮一样都在以工业規模进行生产。

鉭的主要矿物和鈮一样，是鉭鉄矿和鈳鉄矿 $[(\text{Fe}, \text{Mn}) \cdot (\text{Nb}, \text{Ta})_2 \cdot \text{O}_6]$ 以及鈳鉭酸鈉鈾矿 $[(\text{Na}, \text{Ce}, \text{Ca})(\text{Nb}, \text{Ti})\text{O}_3]$ [554]。

鉭是和鈮同时被發現的，因为鉭和鈮的分离有很大困难，所以很長時間既沒有純鈮，也沒有純鉭，也沒有研究过組成复杂的鉭鈮合金的性質（当鉭和鈮熔融时生成連續一系列的固溶体）。

鉭的顏色类似鉑金屬。磨光的鉭具有亮灰色，而复有氧化物薄膜——微蘭色。

文献所載制取鉭的方法，基于用碳，鋁和鹼金屬在其鹵化物存在下还原五氧化鉭 Ta_2O_5 ，或有氯化鈣和氯化鈉熔剂存在下以鈣还原。

用混合稀土金屬还原同一鉭的氧化物时可制得純度为 99% 的金屬。已知，尚有用鹼金屬还原鉭的鹵化物和复鹽 K_2TaF_7 的制取鉭的方法。

有些应用电解熔融 Ta_2O_5 来制取金屬鉭，电解槽內的成分为： Ta_2O_5 200 份， K_2TaF_7 220 份，KF 360 份和 KCl 1100 份，石墨坩堝为陽極，用鉭或鎳的陰極。普罗特尼可夫和格拉茨安斯基确定了应用在 250° 时电解 $\text{TaCl}_5 + \text{AlCl}_3 + \text{NaCl}$ 或 $\text{TaCl}_5 + \text{NaCl}$ 鹽水溶液的方法制取鉭的可能性。

为制得致密狀的鉭粉，要使其在真空高溫下进行压制和燒結。用这样方法，或較少用的在真空中再熔化以其他任何方法制备的金屬，都可以得到可塑性的（可鍛的）鉭。

工業用鉬的純度一般不超過 99.5%，更高純度的金屬可含 Ta 至 99.9% [24.98]。

第二节 物理性質

密度 對高純度鉬(99.9%Ta)用比重瓶法測定比重為 16.55~16.62，按其數值和 X 射綫照相法測得的比重 16.654 很接近。細絲狀鉬的密度測定為 16.5 克/厘米³。

機械性能和壓力加工性能 甚至少量雜質的存在也會對鉬的硬度發生顯著地影響。這也就是在文獻中所舉關於各研究者測定鉬硬度的數據有顯然差別的原因。例如根據一些研究者的數據，鉬的布氏硬度為 30~40 仟克/毫米²，同時根據另一些研究者的數據，其布氏硬度在 40~220 仟克/毫米² 範圍內，而當鉬中有溶解的氫時則達到 600 仟克/毫米²。

退火狀態的純鉬具有高的可塑性、可鍛性和韌性，甚至不經過中間退火就可以冷軋成約 0.04 毫米厚的薄板，和拉成直徑 0.03 毫米的絲。

在 900° 時用鈉還原 K_2TaF_7 而制得具有高可塑性的鉬，於真空中 2500° 下燒結後，便可在冷態下進行拉絲和模鍛。用這種鉬絲來彎曲和卷成螺旋綫沒有困難。

鉬中存在相當小量的可溶性氣體或碳便會使其可塑性變壞。例如，氫含量大於 0.1% 時，鉬具有高的脆性。鉬在真空中加熱，可保證除去氫氣，並顯著地提高金屬的可塑性。

加工硬化後鉬的強度極限，根據加工硬化的程度在 90~120 仟克/毫米² 之間，而延伸率為 2~3%，經過退火的鉬，上述性質分別為 35~50 仟克/毫米² 和 10~15%。

鉬絲的強度極限為 91.5 仟克/毫米²，彈性模數 18820~19200 仟克/毫米²，扭曲模數—6300 仟克/毫米² [47]。

可壓縮性 很純的鉬絲的可壓縮系數測定，在 30° 時為 0.479×10^{-6} ，在 75° 時為 0.492×10^{-6} [24]。

熔點 經過多次的測定，鉬的熔點在 2800°~3030° 範圍內。

在大多数的现代手册中所采用的钽的熔点为 2850° 。

沸点和蒸发热 文献所载钽的沸点数值极不一致, 在 $4100^{\circ} \sim 6100^{\circ}$ 范围内变动。看来最可能的为用光学法求得的沸点 5300° [208]。

钽在真空中加热, 当 2200° 时开始挥发。钽在真空中于不同温度下加热时重量损失的数值为:

温度, $^{\circ}\text{C}$	2360	2376	2427	2464	2531	2577
蒸发度, 克/厘米 ² $\times 10^7$	2.88	2.8	4.38	6.59	16.0	23.0

在温度 2727° 和压力 760 毫米水银柱时, 测得钽的蒸汽压为 0.00114 毫米水银柱, 而蒸发热测定为 123 卡/克 [304]。

热容 在低温下钽的平均比热数值如下:

温度间隔, $^{\circ}\text{C}$	—183 ~ —78	—78 ~ +14	14 ~ 1
比热, 卡/克, $^{\circ}\text{C}$	0.028	0.032	0.038

正如专门进行的研究所证明, 在钽中甚至存在少量被溶解的铀时, 钽的比热在低温 ($-220 \sim +25^{\circ}$) 时即显著地增高。

在高温时钽的真比热为:

温度, $^{\circ}\text{C}$	100	300	500	700	900
热容, 卡/克, $^{\circ}\text{C}$	0.03364	0.03450	0.03540	0.03632	0.03726
温度, $^{\circ}\text{C}$	1100	1300	1500	1600	
热容, 卡/克, $^{\circ}\text{C}$	0.03823	0.03923	0.04026	0.04078	

钽在 $1377 \sim 2527^{\circ}$ 温度间的比热, 可由下式测出:

$$C_p = 0.0264 + 8.5 \times 10^{-6} T \quad \text{卡/克} \cdot ^{\circ}\text{C}.$$

式中 T —— 绝对温度 [208, 304, 305]。

导热度 1925 年所完成的对钽的导热度的测定曾得出如下数值: 17° 时为 0.130 卡/厘米、秒、 $^{\circ}\text{C}$, 100° 时为 0.129 卡/厘米、秒、 $^{\circ}\text{C}$ 。

由纯度 99.9% Ta 的金属拉成的直径 0.254 毫米和长 400 毫米的钽丝, 其导热度的数值大大地降低: 0° 时为 0.086 卡/厘米、秒、 $^{\circ}\text{C}$, 100° 时为 0.045 卡/厘米、秒、 $^{\circ}\text{C}$ [24, 306]。

热膨胀 钽的线膨胀系数在 $0 \sim 100^{\circ}\text{C}$ 间时每 1°C 为 $6.57 \times$

10^{-6} 。鉍在更高溫度 $0 \sim 300^\circ$ 間的綫膨脹系數可由下式測得 [24]。

$$\alpha_t = \alpha_0 [1 + (6.59t + 0.0008t^2)10^{-6}]。$$

純度 99.9% 的鉍，在溫度 $100^\circ \sim 300^\circ \text{K}$ 間的綫膨脹系數之變化如圖 57 所示。圖上表示出格留涅依普所繪制的理論曲綫，并以點標出了試驗的數據 [81]。

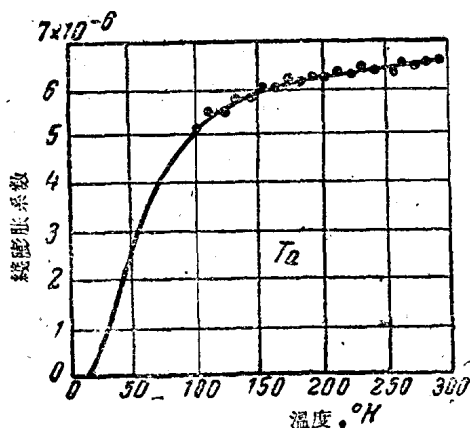


圖 57 鉍的綫膨脹系數隨溫度的變化（格留涅依普曲綫和試驗測得的點 [81]）

电阻和电阻溫度系数 由純度 99.9% 金屬鉍拉成直徑 0.254 毫米和長 400 毫米的鉍絲，用电学性質測定的方法，測得在各種溫度時鉍的电阻為：

溫度, $^\circ\text{C}$	-195.9	0	100.2
比电阻, 欧姆·厘米· 10^6	2.46	12.41	17.18

鉍在 $0^\circ \sim 100^\circ$ 間的电阻溫度系数，由上述的电阻絕對值測得每 1°C 為 0.00385 [306]。

鉍在 -180° 到 2000° 間的电阻對 20° 時的电阻之比，以下列數字表示：

溫度, $^\circ\text{C}$	-180	0	100	200	600	1000	1400	1600	2000
R_t/R_{20} 比值	0.34	0.94	1.27	1.59	2.76	3.86	4.61	5.32	6.34

在很低溫度（低於 4.2°K ）下，鉍變成超導體。鉍轉變成超

导体状态的轉化点根据戈里克, 拉扎列夫和霍特凱維奇的数据 [307, 308], 显然是取决于压力冷加工和吸收气体后出現的晶格歪曲程度。例如, 飽和氫的鉭样品甚至在 1.85°K 时都不呈現超导体。

布里德日曼确定了在 $0\sim 12000$ 仟克/厘米² 范围内, 压力对鉭的电阻的影响; 他測得, 在 25° 时压力系数的平均值为 -0.000001444 , 而在 100° 为 -0.000001486 。

第三节 化学性質

化学活性 鉭的化学稳定性和鉬接近, 因为它良好地抵抗矿物酸 (氟氫酸除外) 和王水的作用。熔融的鹼和熔融的氧化剂, 热鹼液和游离溴对鉭作用时, 使鉭显著地被腐蝕。此外, 鉭易和气体作用 (吸收气体)。当在氟气流中使鉭加热时生成五氟化鉭 TaF_5 。

鉭和氫 各种試驗証明, 鉭無論在常溫和高溫下均剧烈地溶解氫。因此, 早在本世紀初, 就發現在鉭电极間分解水时, 陰極溶有氫气, 而变得極脆。

在氫气中加热鉭粉时, 氫气被吸收, 而金屬鉭轉变为氢化物的黑色粉末, 在常溫下氢化鉭于空气中是稳定的。

与鈳和鈮一样, 鉭中氫的溶解度在室溫下最大, 随溫度升高而减少。比如, 若在室溫和大气压下, 氫气在鉭中的溶解度为 0.42% , 它相当于分子比 $\frac{H}{Ta} = 0.8$, 在溫度 1000° 和同样压力下, 这一比值仅仅是 0.03 。当 $400\sim 500^{\circ}$ 以上时, 氫气在鉭中的溶解度和压力平方根成正比。基于氫的溶解度随溫度升高和压力降低而减少的这一性質, 而提出了在真空中于 1000° 以上加热鉭来除去鉭中所溶解的氫的方法。

用 X 射綫照相研究鉭—氫系統而确定, 鉭同氫生成組成为: Ta_2H 和 TaH 的氢化鉭。氫在鉭中的溶解度測定, 在 600° 时原子百分数为 12 [214, 291]。

麦尔松, 卡茨和霍赫洛娃 [125] 在 $1050\sim 1100^{\circ}$ 下用氢化鈣

还原五氧化钽 Ta_2O_5 ，制得了均匀的細晶粒粉末狀氫化钽（含氫 0.5~1.2 重量%）。

钽和氧 在室溫下钽抵抗氧化作用極为良好；当加热超过 400° 时，钽便迅速地复盖上一層氧化色，最后轉变为五氧化钽。如果氧的分压小于 20 毫米水銀柱，未看到钽的氧化。在 300° 以下时，水蒸汽对钽不起作用；在 $700\sim 800^\circ$ 时，水便开始分解，而放出氫气。

用钽分解二氧化硫，在 500° 时就生成硫和五氧化钽。这种氧化的生成物是五氧化钽 Ta_2O_5 ，已知它有不定形的和結晶形的两种状态。因为五氧化钽随焙燒程度的不同而有不同的比重，所以很难在多次測定中选择符合实际的数值。各研究者測定五氧化钽的密度为 $7.35\sim 8.735$ 克/厘米³。

五氧化钽的生成热为 +499.9 仟卡/克分子。五氧化钽是相当稳定的，甚至在高溫时都不被氫还原。鹵素及其与氫的化合物，还有矿物酸都不和 Ta_2O_5 作用；只有氟化氫才能使焙燒后的五氧化物变为揮發性的氟化物。

当加热到 $\sim 1300^\circ$ 时，五氧化钽被碳还原成三氧化钽 Ta_2O_3 。用鋁还原五氧化钽便得到鋁钽合金。

依斯科尔德斯基和紹霍尔[62]用鈣还原 Ta_2O_5 的还原反应未能进行到底：結果得到的不是金屬钽，而是含有 $TaO_2(Ta_2O_4)$ 杂質的钽酸鈣。

在人工制造的条件 下，制得了钽的低价氧化物 Ta_2O_2 、 Ta_2O_3 和 Ta_2O_4 。例如二氧化钽是在氟钽酸鉀和鉀熔融时制得的。这种钽的氧化物在空气中能氧化成五氧化钽的黑色粉末。各研究者关于三氧化钽 Ta_2O_3 存在的意見还不一致；可是穆斯桑認為在 1250° 溫度下用碳还原时，五氧化钽就轉变为三氧化钽，其他研究者一般來說都怀疑三氧化钽的存在。

当电解水时，由于钽陽極氧化的結果而生成四氧化钽 Ta_2O_4 。根据某些研究数据，在 1700° 下用碳还原五氧化钽时也生成四氧化钽。

四氧化鉬是暗灰色粉末，不溶于王水和酸中，在空气中加热氧化为五氧化鉬。

所以在制造含鉬合金的条件下，如果生成低价的氧化鉬，那么在加热时全转变为在此条件下唯一稳定的五氧化鉬 Ta_2O_5 。

鉬和硫 当硫和鉬加热超过 100° 时，它們之間开始相互作用，在較高的溫度下，其作用很剧烈，并使得生成硫化鉬 TaS_2 。当加热五氧化鉬和硫的混合物，在硫化氢气流中加热鉬等，也能生成硫化鉬。硫化鉬至少在 1300° 以下是稳定的，在氢气中加热时，硫化物是稳定的，而在氧气中加热或在空气中加热时， TaS_2 剧烈地被氧化。無論冷水或热水，都像矿物酸一样和硫化鉬不起作用。

对鉬—硫系統的研究确定，除掉鉬成为 TaS_2 的硫化鉬以外，在此系統中还存在三硫化鉬 TaS_3 和次硫化鉬 TaS_n （式中 n 为 $1.9 \sim 1$ 和 1 至 <0.3 ）。各种硫化鉬的密度測定为： $TaS_3 \approx 5.76$ ； $TaS_2 \approx 6.96$ ；亞硫化鉬 $TaS_{1.41} \approx 7.95$ 克/厘米³。在不同溫度下，硫化鉬中硫的蒸汽压如圖 58[309]之曲綫所示。

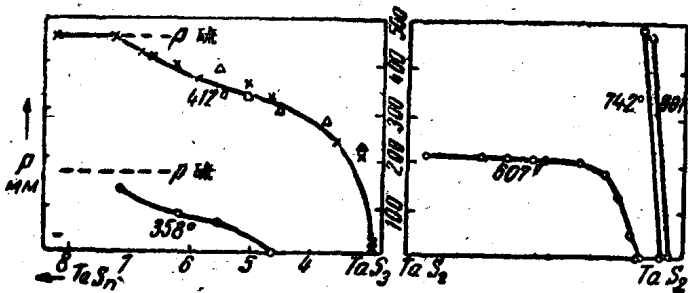


圖 58 硫化鉬中硫的蒸汽压和溫度的关系

鉬和氮 鉬在氮气中加热时，能与氮發生反应，而从 $700^\circ \sim 900^\circ$ 开始生成氮化鉬。

在所生成的鉬的氮化物成分方面，各研究者的意見还不一致。其中多数的研究者認為，在此氮化物系統中最大可能存在的成分为 TaN ，可是赫格認為，氮化鉬分子式为 Ta_2N ，而根据許

多其他研究者的意見，在氮气中在 1000° 下加热鉭所得到的氮化鉭，其分子式相当于 TaN_2 。此外，在文献中也指出鉭和氮可能生成組成为 Ta_3N_5 的氮化鉭；这是不定形黄色物質，受热时燃燒。

因为認為組成为 TaN 的氮化鉭存在之可能性最大，所以研究过的氮化鉭的性質正是这一化合物的性質。氮化鉭 TaN 是灰色或黑色帶金屬光澤的結晶物質，比重为 14.1。此化合物的生成热測定为 $+58.1$ 仟卡/克分子，熔点为 $3087 \pm 50^{\circ}$ ，而在 1170° 时的分解压为 $0.4 \sim 0.5$ ，在 1308° 时为 $0.8 \sim 1.2$ 毫米水銀柱。氮化鉭的热容，在 0° 时为 10.23 仟卡/克分子，比电阻为 135.00 微欧姆·厘米，轉变为超导体状态的溫度为 $1.88^{\circ}K$ 。氮化鉭 TaN 不被水分解，而当其氧化为 Ta_2O_5 时放热 191.37 仟卡/克分子 [24, 208, 214]。

鉭和磷 当鉭片和磷共同加热到 550° 时，則發現此二元素的部分化合。在更高的溫度 (750°) 和更高的压力下，磨細的鉭粉和磷粉互相反应的結果得到磷化鉭。同时确定了存在有兩種磷化鉭：双晶形的一磷化鉭 TaP 和二磷化鉭 TaP_2 。

在制取一磷化鉭时，起初制得的是其不稳定的变体，而当进一步加热时轉变为稳定的变体。

磷化鉭 TaP_2 在真空 ($10^{-2} \sim 10^{-3}$ 毫米) 溫度 $800 \sim 900^{\circ}$ 下加热时会失去磷而轉变成不稳定的磷化鉭，在 950° 下轉变为稳定的一磷化鉭。 TaP_2 在氧气中加热时氧化得很緩慢。

磷化鉭 TaP 的密度測定为 10.85 ，而 TaP_2 — 8.41 克/厘米³。

兩種磷化鉭对化学試剂都是稳定的。磷化鉭 TaP_2 可为热苛性鈉破坏。热硝酸能剧烈的和 TaP_2 全部起作用，使其轉变为五氧化鉭 [310]。

五氧化磷在 $700 \sim 800^{\circ}$ 时能被鉭还原而放出磷。

鉭和碳 存在痕量的碳会使鉭变为較硬的金屬，而同时不降低其可鍛性，可是，再增加碳的含量时，鉭就变脆。这是因为鉭和碳生成化合物碳化鉭的原故所致。

碳化鉭可用各种不同方法得到：在 1500° 时加碳使五氧化鉭

由于 TaC 和含~2.5% 碳的液体之間包晶反应的結果而生成。

在含碳~10% 的 TaC 化合物和碳的系統中生成熔点为 3300° 的第二次共晶体。在溫度 2800° 时，鉭在 Ta₂C 中的 最大溶解度为 0.2%，并随溫度降低而溶解度减小。含碳达 3% 的合金冷却后，在 Ta₂C 顆粒中間發現有析出鉭的中間層。

碳化鉭 TaC 具有高的熔点(3880°)。碳化鉭 TaC 的显微硬度在 1200~1547 仟克/毫米²的範圍內[312, 221]。

在常压下碳化鉭 TaC 的沸点为 5500°。由元素生成 TaC 的生成热为 38.0 仟卡/克分子，比电阻 (25° 时) 30.00 微欧姆，厘米，导热度 (在 23°) 0.0530 卡/厘米·秒°C，变为超导体状态的轉化点为 9.5°K。碳化鉭的化学性質和碳化鈮很相似：它不溶于酸中，在氫气氣中被还原，在空气中加热到 800° 可被氧化。

某些鉭鹽的性質 氟化鉭、氯化鉭 和溴化鉭的性質見下表 [126]。

鹽类的化学式	顏 色	熔 点 °C	沸 点 °C	固体鹽的比重
TaF ₅	無 色	96.8	229.5	4.74
TaCl ₂	暗綠色	—	—	4.76
TaCl ₃	”	—	—	3.87
TaCl ₄	”	—	—	3.57
TaCl ₅	亮黃色	211.3	241.6	3.68
TaBr ₅	褐 色	~240	~320	—

第四节 鉭的工業用途

鉭以純金屬状态和合金状态应用在工業上。

銅和鉭的合金在顏色，抵抗大气影响的化学稳定性等方面，可以作为黄金的代用品，此外这种合金还具有高的机械性能，由于它的硬度、可鍛性、不被氧化和其他性質，鉭可用于制造牙科和外科的器械、自来水笔尖、砵碼、留声机的唱針、鐘表彈簧、特别是在电解分离金和銀时用鉭作电极。在这种情况下，鉭陰極

同沉淀可一起用王水处理，但只有沉淀層溶解，而鉍電極保留不變。鉍也可以用做交流電整流器、內燃機閥，此處金屬需要有抵抗因燃料燃燒生成物而產生在高溫時的氧化作用。由於鉍有高的耐熱性和吸氣能力，所以適于用在超短波發射管的收氣劑，這樣在更高的溫度下也可以操作。

在普通金屬中，鉍是耐腐蝕性最大的金屬，所以，在強腐蝕性介質中操作的條件下廣泛應用鉍鍍層。

阿法納謝夫[313]介紹應用鉍來製造高壓釜和混合器。鉍也可代替鉑來製造各種化學器皿。在人造絲工業中鉍用來製造噴絲嘴，在化學工業中用來製造受腐蝕最大的儀器和泵的部件之鍍層。鉍可推薦來代替銀做火花接觸的接頭，和分析金屬鹽時作為陰極。由於高的強度、導熱度和抗酸作用，使鉍可用來做為鹽酸和硫酸電熱器的材料。

鉍鉑合金用在需要能耐各種試劑的作用和硬度比鉑更高的地方。含少量鉍的鉍銑合金(70%Ta)，在鋼的生產中作為合金的添加劑以增高硬高。加入鉍的添加劑時，雖然提高了屈服極限和沖擊韌性，但制得的工具鋼要次於鎢快速切削鋼。

用鎳作為接合金屬的陶瓷冶金硬質合金中也用碳化鉍(87%TaC和13%Ni)。這樣的硬質合金比鎢或鈦鎢硬質合金具有更高的耐熱性。

鉍和銑的合金具有高的耐腐性，但是由於不銹鋼成本低和用處多，並且加入少量鉍後能進一步改善它的性質，所以，鉍和銑的合金在工業上還未得到應用。