

电 热 过 程 手 册

[苏]Б.И.叶姆林 М.И.加西克 著

李树桥 马仲范 李士伟 等译校

内 容 提 要

本手册对有关各种元素、元素化合物以及经电热过程制取的无机材料的热力学性能、热性能、化学性能、电气耐压性能和其它性能方面的数据进行系统分类,并概述了这些材料的生产工艺。本手册选用了苏联及其它国家文献中列述的各种数据资料,以及作者们在研究工艺过程中所获得的数据资料。

本手册可供从事铁合金、铝合金、电热磷、电炉炼铁和其它电热生产的科研、技术人员及有关高等院校的教师、研究生和高年级学生使用。

插图:1个,表格:278个,参考文献:162种。

电 热 过 程 手 册

(苏) Б.И.叶姆林 М.И.加西克 著
李树桥 马仲范 李士伟 等译校

*

冶金工业出版社出版

(北京灯市口74号)

新华书店北京发行所发行

冶金工业出版社印刷厂印刷

*

850×1168 1/32 印张 10 1/8 字数 269千字

1984年7月第一版 1984年7月第一次印刷

印数00,001~4,000册

统一书号:15062·4100 定价1.30元

译者的话

本手册是苏联冶金出版社1978年版Справочник по электро-термическим процессам一书的中译本。

按照苏联工业部门中已形成的结构，电热生产过程都集中在全苏联合公司的各种工业企业里，例如，在各工业部（苏联黑色冶金工业部、有色冶金工业部、化学工业部）所属的全苏铁合金公司（Союзферросплав）、全苏铝公司（Союзалюминий）、全苏磷公司（Союзфосфор）全苏电热公司（Союзэлектроterm）的工业企业里。因此作者在本书的编写中仍保留了这种部门划分的原则。

各工业部门的技术改进成果，一般的要从一个部门转移到另一个部门，因此，从事研究无机材料电热学问题的工艺研究人员和工程师不仅应具有本专业技术领域的丰富的理论和实践知识，而且应具有邻近专业技术领域的理论和实践知识。因此，本手册中载有电热过程的各种产品（铁合金、有色金属和合金、电热磷、磨料等）的数据。

今后，在科学技术革命进一步发展的条件下，工艺工程师的活动越来越具有科学研究的特点，因此，将具有研究性质的、有关无机材料电热学的资料综合在一起是有实用价值的。

本手册除文字外，还列有插图1张、表格278个、参考文献162种。

本手册对于我国广大电热工作者——科研、设计单位和生产厂的研究人员和工程师以及大专院校有关专业的师生都是有用的。

在本手册翻译和校对过程中，对于已发现的原书的错误和问题我们尽量以“译者注”的方式作出说明和更正。但是，由于水

平和时间所限，译文中可能有错误和不足之处，请读者指正。

本手册的翻译、校对工作在北京钢铁设计研究总院主管院副总工程师支持下，主要由铁合金科和技术情报科完成。译校具体分工如下：翻译：宝福荣（第一章）、李树桥（第二至四章、第十八至十九章）、张明星（第五章）、于在萱（第六至七章）、李凤兰（第八至十一章）、王树芝（第十二至十七章）、高文芳（第二十至二十一章）；校对：马仲范（第一至四章，第十八至二十一章）、李树桥（第五至十七章）；技术校对：李士伟（第一至三章）、郭鸿发（第四至七章）、朱大镛（第八至二十一章）。

最后由李树桥负责译文总校对。李士伟负责技术总校对。

在本手册的翻译工作中得到了中国金属学会铁合金学术委员会的大力支持和帮助，还得到知水、苏明同志的大力支持和帮助，在此一并表示衷心感谢。

一九八二年九月于北京

目 录

第一章	概论	3
第二章	硅铁及金属硅	40
第三章	硅钙合金	81
第四章	锰及其合金	96
第五章	铬及其合金	143
第六章	钨铁	188
第七章	钼铁	198
第八章	钒铁	211
第九章	铌铁	222
第十章	钛铁	229
第十一章	硼合金	237
第十二章	铝合金	246
第十三章	稀土元素铁合金	259
第十四章	锆合金	266
第十五章	磷	270
第十六章	电炉炼铁	276
第十七章	电炉刚玉	279
第十八章	碳化硼	288
第十九章	埃利硼(Эльбор)	291
第二十章	碳化硅	293
第二十一章	电炉电极	305

本手册使用的计量单位 的换算关系

SI单位	米制单位
$1\ \mu\text{m}$	$10^{-6}\ \text{m}$
$0.1\text{nm}=1\times 10^{-10}\text{m}$	$1\ \text{\AA}$
$9.80665\ \text{N}$	$1\ \text{kgf}$
$98066.5\ \text{Pa}$	$1\ \text{at(工程大气压)}$
$9.80665\ \text{Pa}$	$1\ \text{kgf/m}^2$
$1\times 10^{-7}\ \text{J}$	$1\ \text{erg}$
$4.1868\ \text{J}$	$1\ \text{cal}$
$4186.8\ \text{J}$	$1\ \text{kcal}$
$0.1\text{N}\cdot\text{S}/\text{m}^2$	$1\ \text{P}$
$4.18\times 10^2\ \text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$	$1\ \text{cal}/(\text{cm}\cdot\text{s}\cdot^{\circ}\text{C})$

第一章 概 论

各种元素及其氧化物的理化性质决定了用矿热炉熔炼制取无机材料的方式、方法、工艺流程和无机材料的性能。因此，本章概括地介绍了各种元素、氧化物、铁合金、以及矿热炉的有关资料和世界铁合金生产的发展、批发价格以及黄磷生产的有关资料(表1-1~1-17)。

表 1-1 某些元素的原子量、密度、熔点和沸点^[1]

元 素	原子序数	原 子 量	密 度 g/cm ³ ①	熔点, K	沸点, K
Al	13	26.98	2.70	933	2723
Ar	17	39.95	1.40	83.6	87.2
As	33	74.922	5.72	1090	886
B	5	10.811	2.34	2303	—
Ba	56	137.34	3.5	987	1913
Be	4	9.0122	1.85	1550	3043
C	6	12.0111	2.26	4000	5103
Ca	20	40.08	1.55	1111	1713
Ce	58	140.12	6.67	1068	3741
Cl	17	35.453	1.11	53.4	84.8
Co	27	58.933	8.9	1768	3173
Cr	24	51.996	7.19	2148	2938
Fe	26	55.847	7.86	1809	3273
H	1	1.00797	0.071	13.8	20.3
K	19	39.102	0.86	336.7	1033
La	57	138.91	6.17	1193	3743
Mg	12	24.312	1.74	923	1380
Mn	25	54.938	7.43	1518	2423
Mo	42	95.94	10.2	2883	5833
N	7	14.0067	0.81	63	77.2
Na	11	22.9898	0.97	371	1165
Nb	41	92.906	8.4	2688	4573
Ni	28	58.71	8.9	1726	3003
O	8	15.994	1.14	54.2	90
P(白磷)	15	30.9738	1.82	317.2	553
Pb	82	207.19	11.4	600.4	1998
Pr	59	140.907	6.77	1208	3400
S	16	32.064	2.07	392	717.6
Se	34	78.96	4.79	490	958
Si	14	28.086	2.33	1683	2953
Ta	73	180.948	16.6	3269	5698
Ti	22	47.90	4.51	1941	3533
U	92	238.04	19.07	1405	4091
V	23	50.942	6.1	2173	3723
W	74	183.85	19.3	3683	6203
Zr	40	91.22	6.49	2125	3853

① 原文误为kg/m³。——译者

表 1-2 各元素的基本物理

元 素	结 晶 组 织	半 径 nm			原子体积 cm ³ /mol	第一电 离能 kJ/mol
		共价 半径	原子 半径	配位数为 6 时 的离子半径		
Ac	立方晶格	—	—	0.118(+3)	—	—
Ag	面心立方晶格	0.153	0.144	0.126(+1)	10.3	732.55
Al	同上	0.118	0.143	0.096(+1), 0.069(+2)	10.0	577.66
Ar	同上	—	—	—	9.2	1519.51
As	菱面体晶格	0.119	0.139	0.222(-3), 0.047(+5)	13.1	966.97
B	六方晶格	0.082	0.098	0.020(+3)	4.6	904.18
Ba	体心立方晶格	0.198	0.222	0.135(+2)	39	502.32
Be	六方晶格	0.090	0.112	0.031(+2)	5.0	899.99
C	金刚石、立方晶格; 石墨、六方晶格	0.077	0.091	0.26(-4) 0.015(+4)	5.3	1089.4
Ca	(α)立方晶格	0.174	0.197	0.099(+2)	29.9	590.79
Ce	面心立方晶格	0.165	0.187	0.111(+3), 0.101(+4)	21.0	662.10
Cl	四方晶格	0.099	—	0.181(-1), 0.026(+7)	18.7	1257.0
Co	六方晶格	—	0.125	0.078(+2), 0.063(+3)	6.7	757.85
Cr	(固态 α)立方晶格	—	0.139	0.069(+3), 0.052(+6)	7.23	653.17
Fe	(α)立方晶格	—	0.126	0.076(+2), 0.064(+3)	7.1	762.03
H	六方晶格	0.037	—	0.208(-1)	14.1	1310.53
K	立方晶格	0.196	0.235	0.133(+1)	45.3	418.70
La	六方晶格	0.169	0.187	0.115(+3)	22.5	540.12
Mg	六方晶格	0.130	0.160	0.065(+2)	14.0	736.91
Mn	立方晶格	—	0.126	0.080(+2)	7.39	715.98
Mo	立方晶格	—	0.139	0.068(+4), 0.062(+6)	9.4	695.04
N	立方晶格	0.073	0.092	0.171(-3), 0.011(+5)	17.3	1406.83

常数和热力学常数[1,2]

升华热	在 298K 结晶状态 时的熵	在 298K 气态下的 熵	酸碱性	电负性 (Pauling)	蒸发热 kJ/ mol	熔化热 kJ/ mol	在 0~ 20℃时的 电导 μS	在 293 K 时的 热导率 W/ (m·K)	比热 J/ (g·K)
kJ/ mol	kJ/ (g·K)	J/ (mol·K)							
385.48	62.79	(188.4)	—	1.1	—	—	—	—	—
283.39	42.96	173.0	两性	1.9	254.3	11.31	0.616	410.2	0.234
316.4	28.35	164.6	两性	1.5	284.5	10.68	0.382	209.3	0.900
(10.89)	—	154.8	—	—	6.53	1.17	—	0.0167	0.523
289.74	35.17	174.3	酸性	2.0	32.47	27.73	0.029	—	0.343
544.7	5.86	153.5	酸性	2.0	314.03	22.20	10 ⁻¹²	—	1.294
196.09	60.71	170.3	碱性	0.9	149.58	7.66	0.016	—	0.284
322.63	9.55	136.3	两性	1.5	309.64	11.73	0.25	159.1	1.885
688.72	5.40	158.1	酸性	2.5	719.42	—	0.0007	23.8	0.691
176.4	4.06	154.9	碱性	1.0	152.8	8.79	0.218	125.5	0.624
403.91	57.11	184.9	碱性	1.1	398.05	5.02	0.013	108.8	0.175
119.62	(4.19)	165.2	酸性	3.0	10.22	3.23	—	0.0084	0.486
423.7	30.06	179.5	两性	1.8	389.67	15.25	0.16	66.9	0.414
395.7	23.78	174.3	酸性	1.6	305.74	13.81	0.078	66.9	0.460
403.6	27.17	180.5	两性	1.8	354.2	15.4	0.10	75	0.46
218.14	—	114.7	两性	2.1	0.45	0.06	—	0.2	14.5
90.4	64.73	160.4	碱性	0.8	79.1	2.3	0.143	96	0.70
407.4	57.11	182.4	碱性	1.1	401.9	6.28	0.017	14	0.19
146.54	32.57	148.6	碱性	1.2	136.1	8.96	0.224	159	1.05
278.02	31.78	173.4	酸性	1.5	224.8	14.7	0.054	—	0.48
659.5	28.6	181.9	酸性	1.8	535.9	27.6	0.19	147	0.26
475.22	(10.9)	153.3	酸性	3.0	2.8	0.36	—	0.003	1.03

元 素	结 晶 组 织	半 径 nm			原子体积 cm ³ /mol	第一电 离能 kJ/mol
		共价 半径	原子 半径	配位数为 6 时 的离子半径		
Na	立方晶格	0.154	0.190	0.095(+1)	23.7	498.25
Nb	体心立方晶格	—	0.146	0.070(+5)	10.8	653.17
Ni	面心立方晶格	—	0.124	0.078(+2); 0.062(+3)	6.6	736.91
O	六方晶格	0.073	—	0.140(-2); 0.009(+6)	14.0	1314.72
P	立方晶格	0.106	0.128	0.212(-3); 0.034(+5)	17.0	1063.50
Pb	面心立方晶格	0.147	0.175	0.140(+1); 0.095(+3)	18.3	715.98
Pr	六方晶格	0.165	0.182	0.109(+3); 0.092(+4)	20.8	556.87
S	立方晶格	0.102	0.127	0.184(-2); 0.029(+6)	15.5	1000.69
Se	六方晶格	0.116	0.14	0.198(-2); 0.042(+6)	16.5	942.08
Si	立方晶格	0.111	0.132	0.271(-1); 0.041(+4)	12.1	787.16
Ta	立方晶格	—	0.146	0.073(+5);	10.9	577.81
Ti	六方晶格	0.136	0.147	0.090(+2) 0.068(+4);	10.6	661.55
U	立方晶格	0.142	—	0.111(+3) 0.089(+4)	12.5	—
V	立方晶格	—	0.134	0.074(+3); 0.059(+5)	8.35	653.17
W	立方晶格	—	0.139	0.068(+4); 0.064(+6)	9.53	770.41
Zr	六方晶格	0.148	0.160	0.080(+4)	14.1	669.92

注：1. 原子半径是指配位数为2时的原子半径；

2. (-1), (+1) (+7) ——原子价；

3. 括号内的数值为假定值。

续表 1-2

升华热	在 298 K 结晶状态 时的熵	在 298 K 气态下的 熵	酸碱性	电负性 (Pauling)	蒸发热 kJ/mol	熔化热 kJ/mol	在 0~ 20℃时的 电导 μS	在 293 K 时的 热导率 W/(m·K)	比热 J/(g·K)
kJ/ mol	kJ/ (g·K)	J/ (mol·K)							
108.74	51.12	153.7	碱性	0.9	101.0	2.6	0.218	134	1.24
724.35	36.55	186.3	酸性	1.6	—	26.8	0.080	52	0.27
422.47	29.81	182.2	碱性	1.8	381.0	17.6	0.145	92	0.44
246.99	(23.03)	161.1	碱性	3.5	3.41	0.22	—	0.03	0.91
315.57	22.86	163.2	酸性	2.1	12.44 (升华)	0.63	10 ⁻¹⁷	—	0.74
196.79	64.86	175.4	两性	1.8	177.5	5.11	0.046	35	0.13
334.96	73.27	188.4	碱性	1.1	—	6.7	0.015	12	0.20
270.86	31.90	167.9	酸性	2.5	12.6 (升华)	1.42	10 ⁻²³	0.3	0.73
206.0	42.5	176.7	酸性	2.4	13.98	5.23	0.08	0.004	0.35
464.8	18.8	167.9	酸性	1.8	170.0	46.5	0.10	84	0.68
782.1	41.6	185.2	酸性	1.5	753.7 (升华)	28.5	0.081	54	0.15
471.9	30.3	180.3	两性	1.6	443.8	17.6	0.04	—	0.50
527.6	50.4	199.8	两性	1.7	460.6	11.3	0.034	27	0.12
510.8	29.4	182.3	两性	1.6	443.8	17.9	0.04	—	0.50
837.4	33.5	173.9	酸性	1.7	774.6	33.7	0.181	167	0.13
607.1	38.9	180.9	两性	1.4	502.4	16.8	0.024	—	0.28

表 1-3 各种元素的硅化物形成方式及其晶格参数

化合物	硅化物形成的方式和温度, °C	晶 格 参 数, nm			晶格型式
		<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	
FeSi _{2.2-2.7}	<i>L</i> , 1220	0.2698— 0.2683	—	0.5147— 0.512	无资料
	<i>E</i> , 915	—	—	—	—
FeSi ₂	<i>Pd</i> , 970	0.9879	0.77991	0.78388	菱面体晶格
	<i>L</i> , 1410	0.4489	—	—	立方晶格
Fe ₃ Si ₃	<i>Pd</i> , 1030	0.6755	—	0.4717	六方晶格
	<i>E</i> , 825	—	—	—	—
Fe ₁₁ Si ₅	<i>P</i> , 1250	0.5619	—	—	立方晶格
Fe ₃ Si	<i>P</i> , 1250	0.5655	—	—	立方晶格
Mn ₄ Si ₇	无资料	0.5534	—	1.7550	四方晶格
Mn ₁₅ Si ₂₆	无资料	0.5531	—	6.5311	四方晶格
Mn ₁₁ Si ₁₉	<i>P</i> , 1134	0.5518	—	4.8136	四方晶格
MnSi	<i>L</i> , 1275	0.4557	—	—	立方晶格
Mn ₅ Si ₃	<i>L</i> , 1285	0.6912	—	0.4812	六方晶格
Mn ₅ Si ₂	无资料	0.8910	—	0.8716	四方晶格
Mn ₃ Si	<i>P</i> , 1075	0.2857	—	—	立方晶格
Mn ₃ Si	<i>P</i> , 950	0.5722	—	—	立方晶格
Mn _{4.55} Si	<i>P</i> , 1060	—	—	—	四方晶格
Mn _{7.9} Si	<i>P</i> , 600	0.10874	—	1.9177	四方晶格

续表 1-3

化合物	硅化物形成的方式和温度, $^{\circ}\text{C}$	晶 格 参 数, nm			晶格型式
		<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	
CrSi	L, 1600	0.4629	—	—	立方晶格
$\text{Cr}_5\text{Si}_{2.82-3.48}$	P, 1600	0.9170	—	0.4636	四方晶格
Cr_5Si_3	无资料	0.6990	—	0.4725	四方晶格
$\text{Cr}_{3.5-2.5}\text{Si}$	L, 1750	0.4564	—	—	立方晶格
Cr_5Si_3	L, 2370	0.9605	—	0.4964	四方晶格
WSi ₂	L, 2160	0.3211	—	0.7880	四方晶格
W ₅ Si ₂ (含杂质)	无资料	0.7190	—	0.4850	四方晶格
MoSi ₂	L, 2030	0.3202	—	0.7852	四方晶格
Mo ₅ Si ₃	L, 2190	0.9642	—	0.4905	四方晶格
Mo ₅ Si ₃ (含杂质)	无资料	0.7280	—	0.5000	四方晶格
Mo ₃ Si	P, 2120	0.4890	—	—	立方晶格
VS _{2 ± x}	L, 1750	0.4571	—	0.6372	六方晶格
V ₅ Si ₃	L, 2150	0.9429	—	0.4757	六方晶格
V ₃ Si	P, 2050	0.4725	—	—	立方晶格
TiSi ₂	L, 1540	0.8252	0.4783	0.8540	菱面体晶格
TiSi	P, 1760	0.6544	0.3638	0.4997	菱面体晶格
Ti ₅ Si _{3 ± x}	L, 2120	0.7465	—	0.5162	六方晶格
Ti ₃ Si	无资料	1.0390	—	0.5170	四方晶格
ZrSi ₂	P, 1520	0.3720	1.4760	0.3670	菱面体晶格

续表 1-3

化合物	硅化物形成的方式和温度, °C	晶 格 参 数, nm			晶格型式
		<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	
ZrSi	P, 2095	0.6982	0.3786	0.5302	菱面体晶格
Zr ₅ Si ₄	无资料	0.7123	—	1.3002	四方晶格
Zr ₃ Si ₂	无资料	0.7028	—	0.3714	四方晶格
Zr ₅ Si ₃	P, 2210	0.7886	—	0.5558	六方晶格
Zr ₂ Si	P, 2110	0.6612	—	0.5294	四方晶格
Zr ₇ Si	P, 1630	1.1010	—	0.5450	四方晶格
NbSi _{1.87-2.19}	L, 1930	0.4795	—	0.6589	六方晶格
Nb ₅ Si ₃ (β)	L, 2480	1.0018	—	0.5072	四方晶格
Nb ₅ Si ₃ (α)	S, 2000	0.6570	—	1.1884	四方晶格
Nb ₃ Si	无资料	0.4211	—	—	立方晶格
B ₂ Si	P, 1450	无资料	无资料	无资料	无资料
B ₃ Si	无资料	0.2829	—	0.4765	四方晶格
B ₄ Si	P, 2000	无资料	无资料	无资料	无资料
B ₆ Si	P, 1850	0.4150	—	—	立方晶格
B ₈ Si	无资料	1.4392	1.8267	0.9885	菱面体晶格

注: L、P、S、Pd、E——分别代表硅化物的五种形成方式, 即熔体、包晶、包晶反应、包析反应和固态。

表 1-4 金属表面张力

金属	熔点 K	$\sigma_{\text{液}}, \text{ mJ/m}^2$		金属	熔点 K	$\sigma_{\text{液}}, \text{ mJ/m}^2$		金属	熔点 K	$\sigma_{\text{液}}, \text{ mJ/m}^2$	
		计算 张力	试验 张力			计算 张力	试验 张力			计算 张力	试验 张力
Li	452	388 ^①	398	Rb	311	114	90	Gd	1585	1037	—
Be	1517	1442 ^①	1144	Sr	1043	631	350	Tb	1629	819	—
B	2573	2328	1060	Y	1782	861	—	Dy	1680	856	—
Na	371	207 ^①	191	Zr	2125	1294	1370	Ho	1734	861	—
Mg	924	658 ^①	569	Nb	2741	1766	1861	Er	1770	895	—
Al	933	924 ^①	914	Mo	2883	2149 ^①	2142	Tu	1818	915	—
Si	1683	1391	860	Ru	2523	2083	2250	Yb	1097	503	—
K	337	128 ^①	101	Rh	2233	1968	1940	Lu	1925	964	—
Ca	1124	455 ^①	420	Pb	1825	1671	1600	Hf	2495	1372 ^①	1460
Sc	1812	987	—	Ag	1233	1074	930	Ta	3269	1988 ^①	1910
Ti	1921	1442	1360	Cd	594	572 ^①	577	W	3682	2390 ^①	2300
V	2192	1794 ^①	1730	In	429	424	559	Re	3453	2547	2606
Cr	2178	1792 ^①	1720	Sn	505	509 ^①	537	Os	3273	2689	2500
Mn	1517	1693 ^①	1100	Sb	903	766	384	Ir	2683	2158	2250
Fe	1808	1722 ^①	1730	Te	722	630	180	Pt	2042	1818 ^①	1740
Co	1766	1883	1830	Cs	301	91	62	Au	1336	1174 ^①	1134
Ni	1725	1927 ^①	1924	Ba	983	396	330	Hg	234	454 ^①	470
Cu	1356	1463 ^①	1372	La	1193	601	—	Tl	576	453	460
Zn	692	812 ^①	750	Ce	1068	567	—	Pb	600	456 ^①	455
Ga	303	700 ^①	707	Pr	1208	588	—	Bi	544	463 ^①	390
Ge	1209	1180 ^①	635	Nd	1297	702	670	Th	2023	974	—
As	1087	1137	—	Sm	1345	684	—	U	1405	1195	1500
Se	490	478	95	Eu	1099	422	—				

① 计算时考虑了熔体——真空分界线的热容变化。

表 1-5 氧化物的熔点和沸点

氧 化 物	温 度, K	
	熔 点	沸 点
H ₂ O	273.16	373.16
BO	2193	—
B ₂ O ₃	723	1523
CO	68.5	81.25
CO ₂	216.76	194.67
N ₂ O	170.76	183.66
NO	109.56	121.56
NO ₂	261.86 (分解)	—
Na ₂ O	1193 (分解)	—
MgO	3073 ± 13 (分解)	3873
AlO	2323 (?)	—
Al ₂ O	(?)	—
Al ₂ O ₃	—	3930 (分解)
SiO ₂	1993	3048
SiO	2550 (?)	2075 (?)
P ₂ O ₃	—	448.5
P ₂ O ₅	836 ± 2.5	631.9 (升华)
SO ₂	198	262.66
CaO	2860	3773
TiO(β)	2010	—
Ti ₃ O ₄	化合物不稳定	—
Ti ₂ O ₃ (β)	2400	3300
Ti ₃ O ₅ (β)	2450	3600
TiO ₂	2133 (金红石)	3200
VO	2350	3400
V ₂ O ₃	2243	3300 (分解)
V ₃ O ₅	2100 (分解)	—
V ₂ O ₅	943	2325 (分解)
Cr ₂ O ₃	2573	3273
CrO ₃	460	1000
MnO	2058	4323 (分解)
Mn ₃ O ₄	1863	2900