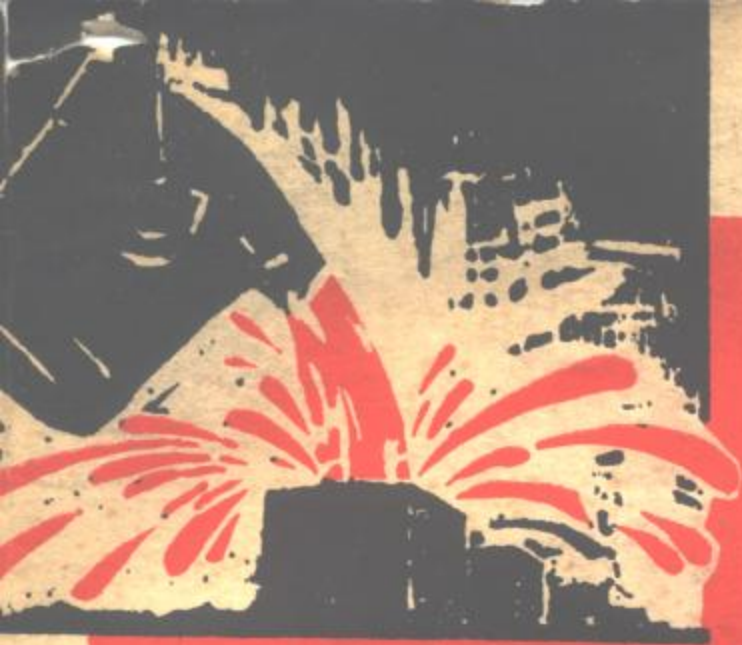




上海市科学技术編譯館 譯

钢铁的脱硫

上海科学技术出版社

76.2164
794

鋼 鐵 的 脫 硫

上海市科学技术編譯館 譯

上海科学技术出版社

內 容 提 要

本專輯選譯了國外期刊上有關鋼鐵脫硫的15篇文章,內容有脫硫的理論以及爐內脫硫、爐外脫硫的各種新方法,可供煉鋼工作者及科學研究人員在解決鋼鐵脫硫問題時參考。

鋼 鐵 的 脫 硫

上海市科學技術編譯館 譯

*

上海科學技術出版社出版

(上海瑞金二路450號)

上海市書刊出版業營業許可証出 093 號

新華書店上海發行所發行 各地新華書店經售

上海市印刷五廠印刷

*

開本 850×1168 1/32 印張 4 12/32 字數 114,000

1961年11月第1版 1961年11月第1次印刷

印數 1—5,000

統一書號：15119 • 1630

定 價：(十二) 0.62 元

前 言

在党的总路綫、大跃进、人民公社三面紅旗的光輝照耀下，我国国民經济取得了連續三年大跃进的胜利。鋼鉄生产方面，鋼产量迅速上升，鋼的品种和质量也有了显著的增加和提高。在已取得成就的基础上，进一步提高鋼的质量，增加鋼的品种，以滿足国民經济各部門对鋼鉄日益增长的需要，就成为我国鋼鉄战綫上面临着的光荣任务。降低鋼鉄含硫量是提高鋼的质量的主要关键之一。为此，我們从国外期刊上选譯了十五篇有关鋼鉄脫硫的文章，以供炼鋼工作者及科学研究人員参考。

本专輯前五篇文章着重于理論介紹，后十篇較多涉及生产实践中的問題，但由于篇幅的限制，本专輯选譯的文章只是国外脫硫文献資料的一部分，而且它們又是在一定的实验条件或生产条件下所取得的經驗总结，因此帶有一定的局限性。希望讀者在参考时，結合具体特点和条件加以研究运用。

由于時間及水平的限制，本专輯可能会有錯漏之处，尚希讀者指正与批評。

在編譯过程中，承上海市冶金局鋼鉄研究所一室、三室和上海交通大学冶金系有关同志、上海第二鋼鉄厂黄建华同志、上海市机械局党剛同志等进行审校，特此致謝。

上海市科学技术編譯館

目 录

生鉄脫硫热力学	1
高炉生鉄的脫硫	17
固体石灰对鉄水脫硫速度的影响因素	25
在碱性轉炉內脫硫	35
矿石沸騰阶段的脫硫	46
生鉄炉外脫硫	56
生鉄炉外脫硫的新方法	59
从风咀噴入碳化鈣使化鉄炉鑄鉄脫硫	66
在碱性电弧炉中噴入粉末脫硫剂脫硫	73
用鋁进行鋼的脫氧和脫硫	87
在鋼水包中用炉渣精炼电炉鋼	90
盛鋼桶中鋼水的脫硫	95
鉄水在真空中的脫硫	106
混合包——一种新型的冶金工具	117
用旋轉反应器脫硫和脫硅	130

05613

生铁脱硫热力学^①

———— A. M. 薩馬林 И. С. 庫里科夫 ————

鋼鉄生产的脫硫問題，几十年来都是冶金工作者所注意的中心問題。过去对于鉄水和熔渣間硫的分配情况、硫化物在鉄水中的溶解度以及脫硫过程的热力学等方面都进行过多次的研究。

由于高炉所熔炼的炉料中含硫量較前增高以及和平炉炼鋼时难免采用高硫重油，因此，如何炼取低硫生鉄和低硫鋼就成为現代冶金业中最迫切的問題之一。但是，目前有关脫硫过程的理論水平还是不够高的。

根据文献資料和我們的研究結果，从热力学角度对用氧化物和熔渣使鉄水和鋼水脫硫的过程进行分析于下。

一、氧化物和硫化物的热力学

表1所列的是生成氧化物时自由能变化的参考数据。表2所列的是生成硫化物时自由能变化的参考数据。

如果按照标准状态下各元素生成氧化物时所产生热能的递减值把这些元素排列起来，那么碱土金属元素就可得到这样的順序：鈣、鉍、鎂、鋁、鋇；而鉄族元素的順序則为：錳、鉄、鎳、鈷。

在热效应中，氧化鈣破坏了碱土金属的順序；而氧化鈷破坏了鉄族元素的順序。

根据生成硫化物时的热效应，用同样的原則进行元素分类，使碱土金属的順序受到更大的破坏。其順序变为：鈣、鋁、鋇、鎂、鉍。

鎂和鉍的硫化物最不稳定。

① 本文是1955年6月2日第3次全苏物理化学分析會議上的报告。

表 1

序 号	反 应 式	温度范围 (°K)	参考 文献	$\Delta F^\circ = \Delta H + AT \lg T + BT$ (卡/克分子)		
				ΔH	A	B
1	$\text{Ca}_{\text{固态}} + \frac{1}{2}\text{O}_2 = \text{CaO}_{\text{固态}}$	298~1194	1	-151,300	—	23.66
2	$\text{Ca}_{\text{液态}} + \frac{1}{2}\text{O}_2 = \text{CaO}_{\text{固态}}$	1194~1760	1	-153,550	—	25.64
3	$\text{Ca}_{\text{气态}} + \frac{1}{2}\text{O}_2 = \text{CaO}_{\text{固态}}$	1760~2500	1	-190,100	—	46.62
4	$\text{Mg}_{\text{固态}} + \frac{1}{2}\text{O}_2 = \text{MgO}_{\text{固态}}$	298~923	1	-144,350	-2.95	33.95
5	$\text{Mg}_{\text{液态}} + \frac{1}{2}\text{O}_2 = \text{MgO}_{\text{固态}}$	923~1376	1	-145,350	-0.24	26.95
6	$\text{Mg}_{\text{气态}} + \frac{1}{2}\text{O}_2 = \text{MgO}_{\text{固态}}$	1376~2500	1	-181,600	-7.37	75.7
7	$\text{Ba}_{\text{固态}} + \frac{1}{2}\text{O}_2 = \text{BaO}_{\text{固态}}$	298~1000	1	-126,400	-2.06	29.85
8	$\text{Mn}_{\text{固态}} + \frac{1}{2}\text{O}_2 = \text{MnO}_{\text{固态}}$	298~1500	1	-91,950	—	17.31
9	$\text{Mn}_{\text{液态}} + \frac{1}{2}\text{O}_2 = \text{MnO}_{\text{固态}}$	1500~2051	1	-9,540	—	19.62
10	$\text{Mn}_{\text{液态}} + \frac{1}{2}\text{O}_2 = \text{MnO}_{\text{液态}}$			-86,300	—	16.2
11	$\text{Fe}_{\text{固态}} + \frac{1}{2}\text{O}_2 = \text{FeO}_{\text{固态}}$	298~1642	2	-62,050	—	14.95
12	$\text{Fe}_{\text{液态}} + \frac{1}{2}\text{O}_2 = \text{FeO}_{\text{液态}}$	1808~2000	1	-56,650	—	11.36
13	$\text{Ni}_{\text{固态}} + \frac{1}{2}\text{O}_2 = \text{NiO}_{\text{固态}}$	298~1725	3	-58,450	—	23.55
14	$\text{Ni}_{\text{液态}} + \frac{1}{2}\text{O}_2 = \text{NiO}_{\text{固态}}$	1725~2200	1	-62,650	—	25.98
15	$\text{Co}_{\text{固态}} + \frac{1}{2}\text{O}_2 = \text{CoO}_{\text{固态}}$	298~1765	1	-55,900	—	7.38
16	$\text{H}_2_{\text{气态}} + \frac{1}{2}\text{O}_2 = \text{H}_2\text{O}_{\text{气态}}$	373~2500	1	-60,130	—	3.93
				$\Delta H_{298}^{\text{熔体}}(^{\circ}\text{C})$		
17	$\text{Ba}_{\text{固态}} + \frac{1}{2}\text{O}_2 = \text{BaO}_{\text{固态}}$	298	1	-126.1±0.5		1920
18	$\text{Sr}_{\text{固态}} + \frac{1}{2}\text{O}_2 = \text{SrO}_{\text{固态}}$	298	1	-141.0±1.5		2430
19	$\text{Be}_{\text{固态}} + \frac{1}{2}\text{O}_2 = \text{BeO}_{\text{固态}}$	298	1	-147.3±2.5		2520

对鉄族元素來說,其硫化物的稳定性与 Д. И. 門捷列夫元素周期表中鉄族元素的順序相符合: 錳、鉄、鈷、鎳。

离子型晶格能量的比例数值为:

$$\frac{1}{r_K + r_A}$$

式中: r_K, r_A ——阳离子和阴离子的离子半径。

图 1 所列的是生成氧化物(曲线 1 和 2)和硫化物(曲线 3)时的热效应和上式数值的关系曲线。如果估计到金属的升华热和升华阶段金属电离势具有相同的变化趋向,那么生成氧化物的硫化物,其热效应应该用单一曲线来表示。然而上述这种现象并没有发现。这就不能不使人们想到: 在硫化物和氧化物中发生的不仅是静电的相互作用。

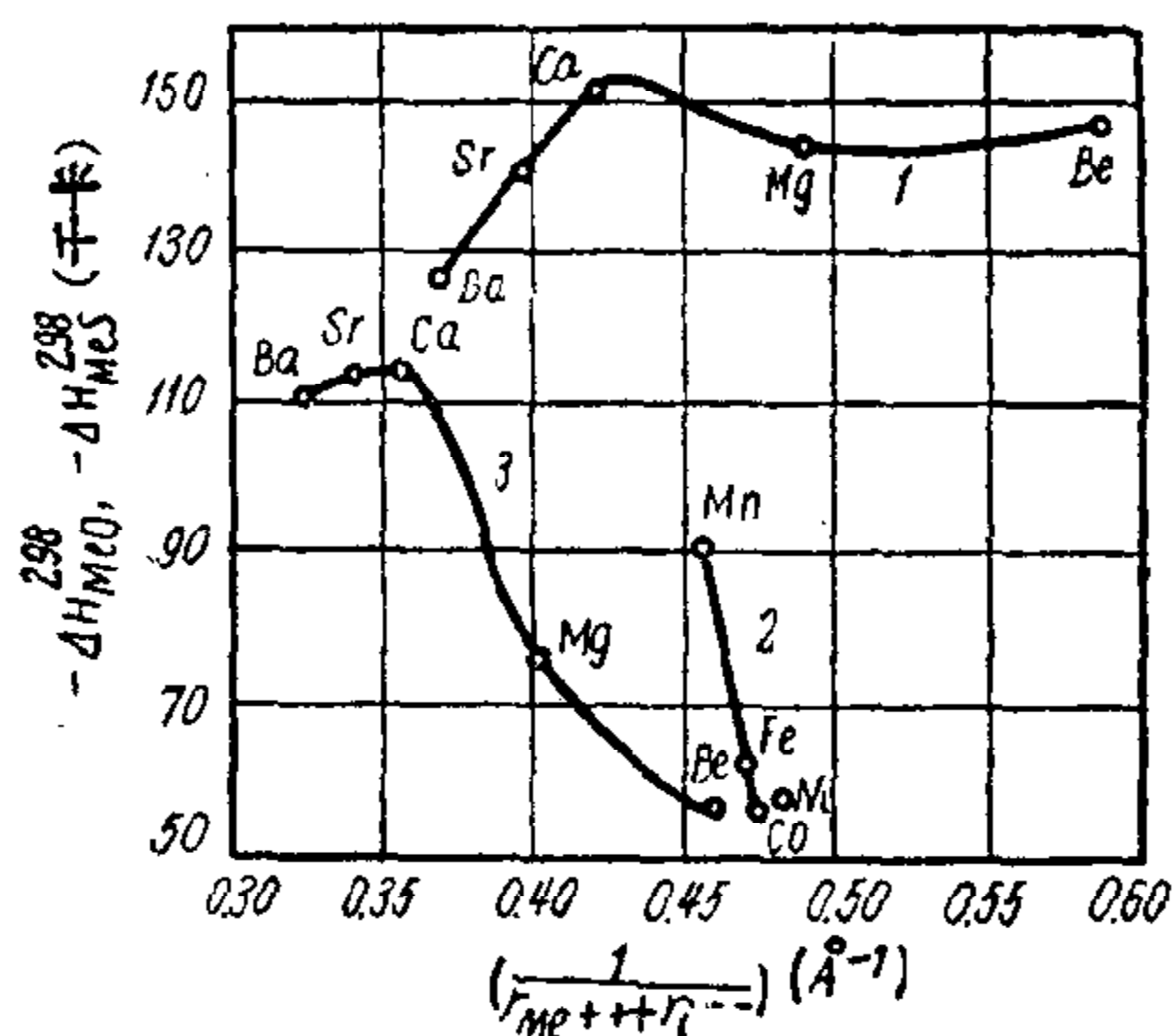


图 1 生成氧化物和硫化物时的热效应和离子间距倒数的关系曲线

1—碱土金属氧化物; 2—鉄族金属氧化物;
3—碱土金属硫化物

氧化物的脱硫能力取决于阳离子对氧和硫的亲合力。表 3 所列的是阳离子的离子半径。

图 2 所列的是生成氧化物和硫化物时的热效应差数和

$$\left(\frac{1}{r_{Me^{++}} + 1.40} \right) - \left(\frac{1}{r_{Me^{++}} + 1.84} \right)$$

表 2

序号	反 应 式	温度范围 (°K)	参 考 文 献	$\Delta F^\circ = \Delta H + AT \lg T + B \cdot 10^{-3} T^2$ $+ C \cdot 10^{-5} T^{-1} + DT$ (卡/克分子)				
				ΔH	A	B	C	D
1	Ca固态 + $\frac{1}{2}S_2 = CaS$ 固态	273~1173	4	-129,150	—	—	—	20.24
2	Ca液态 + $\frac{1}{2}S_2 = CaS$ 固态	1173~1763	4	-136,000	—	—	—	27.5
3	Ca固态 + S菱形 = CaS固态	998	1	-114,500	—	—	—	4.7
4	Mg固态 + $\frac{1}{2}S_2 = MgS$ 固态	273~973	4	-99,250	—	—	—	21.05
5	Mg液态 + $\frac{1}{2}S_2 = MgS$ 固态	973~1373	1	-99,600	—	—	—	23.70
6	Ba固态 + $\frac{1}{2}S_2 = BaS$ 固态	298	3	-113,660	-8.98	5.912	-0.781	41.43
7	Sr固态 + S菱形 = SrS固态	298	3	-110,380	-3.02	2.88	—	11.16
8	Mn固态 + $\frac{1}{2}S_2 = MnS$ 固态	273~1514	4	-64,250	—	—	—	15.6
9	Mn液态 + $\frac{1}{2}S_2 = MnS$ 固态	1514~1803	4	-70,800	—	—	—	19.85
10	Mn液态 + $\frac{1}{2}S_2 = MnS$ 液态	1803~1993	4	-60,000	—	—	—	13.93
11	Fe γ + $\frac{1}{2}S_2 = FeS\beta$	—	3	-37,850	0.53	-1.14	—	13.46
12	Fe γ + $\frac{1}{2}S_2 = FeS\beta$	—	换算	-36,420				12.48
13	Fe固态 + S菱形 = FeS固态	298		-22,900				5.35
14	Fe液态 + $\frac{1}{2}S_2 = FeS$ 液态	—	1	-40,140	-9.14	0.22	—	43.15
15	Fe液态 + $\frac{1}{2}S_2 = FeS$ 液态	—	换算	-33,960				10.33
16	Co固态 + S菱形 = CoS固态	298	1	-22,100				-1.0
17	Ni固态 + S菱形 = NiS固态	298	1	-20,400				-1.0
18	H ₂ + $\frac{1}{2}S_2 = H_2S$		3	-19,405	7.705	-1.0325	—	-12.51
19	H ₂ + $\frac{1}{2}S_2 = H_2S$		1	-20,105	3.625	—	—	0.605
20	O ₂ + $\frac{1}{2}S_2 = SO_2$		3	-86,315	1.715	0.356	0.084	12.15
21	O ₂ + $\frac{1}{2}S_2 = SO_2$	1000~2000	换算	86,620 ΔH_{298}				17.255
22	Be固态 + S菱形 = BeS固态	298	1	-56,100				

表 3

离 子	Be ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Ni ⁺⁺	Co ⁺⁺	Fe ⁺⁺	Mn ⁺⁺	Ca ⁺⁺	Sr ⁺⁺	Ba ⁺⁺
离子半径(Å)	0.31	0.65	0.69	0.72	0.75	0.80	0.99	1.13	1.35

所得差数的关系线。 $r_{Me^{++}}$ 是金属的离子半径；1.40 是氧离子半径；1.84 是硫离子半径。

从图 2 可以看出：钡、锶、钙、锰、镁五种金属很好地排列在一条直线上，而上述关系曲线中的铍、铁、钴和镍都不在这条直线上。

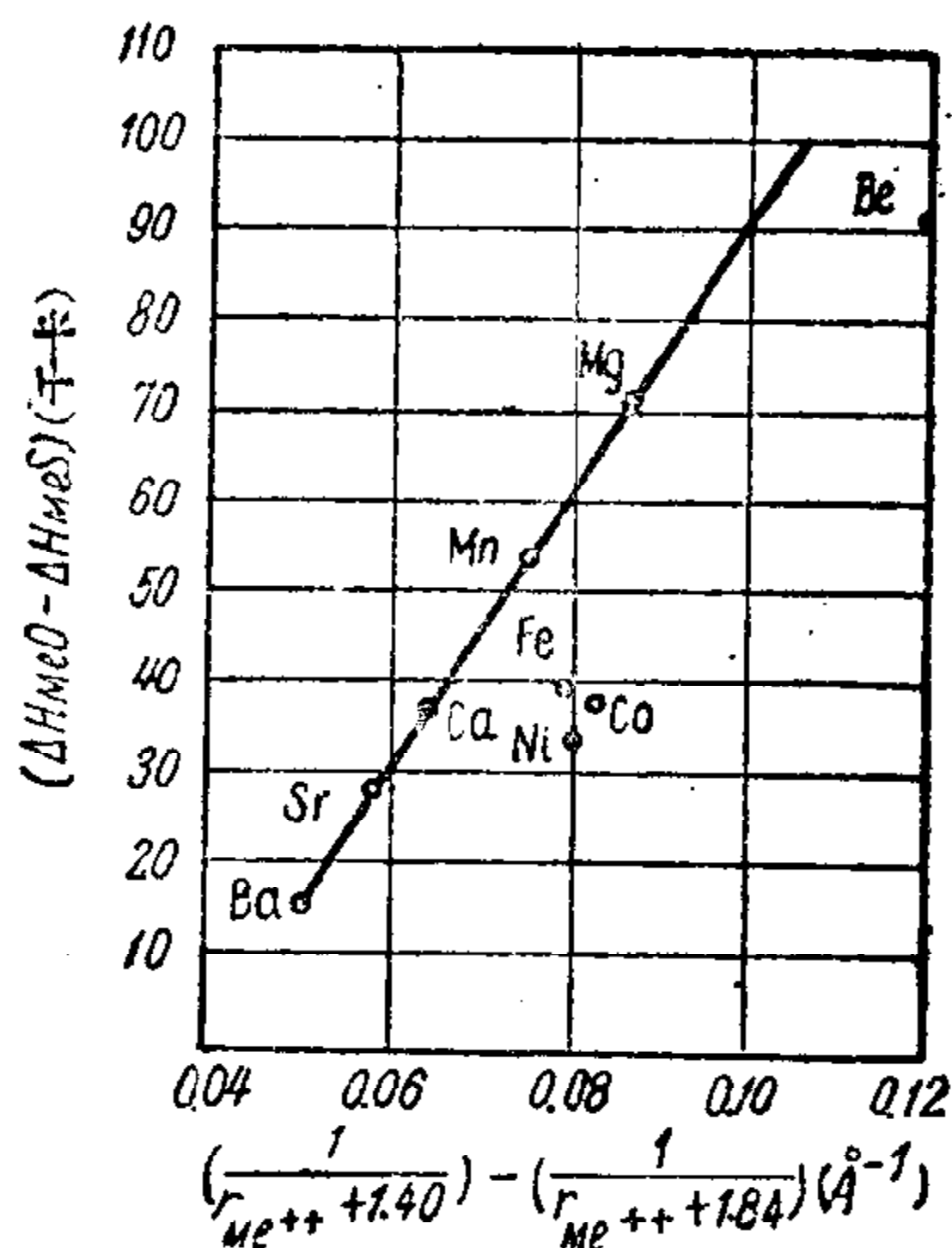


图 2 生成氧化物和硫化物时的热效应差和离子间距倒数差的关系线

图 2 上的直线可用下列方程式来分析说明：

$$(\Delta H_{MeO}^{298} - \Delta H_{MeS}^{298}) = -1520 \left[\left(\frac{1}{r_{Me^{++}} + 1.40} \right) - \left(\frac{1}{r_{Me^{++}} + 1.84} \right) \right] + 60.9 \text{ 千卡} \quad (1)$$

如果离子晶格能量用以下方程式来表示：

$$U = \frac{z_K \cdot z_A \cdot e^2}{r_A + r_K} \cdot M \quad (2)$$

式中： z_K, z_A ——阳离子和阴离子的基本电荷数；

r_K, r_A ——阳离子和阴离子的离子半径；

M ——马德伦 (Маделунг) 常数。

按照这个公式所示， $z_K = z_A = 2$ ， $z_A \cdot z_K \cdot e^2 = 654.3$ 千卡，马德伦常数 ~ 2.2 。 $z_K \cdot z_A \cdot e^2 \cdot M = 1440$ ，也就是说和方程式(1)中所得的数值近似。

离子型晶格能量可用下列已知公式来表示:

$$U_{\text{MeO}} = S_{\text{Me}} + J_{\text{Me}^{++}} + \frac{1}{2}D_{\text{O}_2} + J_{\text{O}^{--}} - \Delta H_{\text{MeO}}$$

$$U_{\text{MeS}} = S_{\text{Me}} + J_{\text{Me}^{++}} + S_{\text{S}_{\text{结晶}}} + \frac{1}{2}D_{\text{S}_2} + J_{\text{S}^{--}} - \Delta H_{\text{MeS}}$$

式中: $U_{\text{MeO}}, U_{\text{MeS}}$ ——氧化物和硫化物的晶格能量, 千卡/克分子;

$S_{\text{Me}}, S_{\text{S}_{\text{结晶}}}$ ——金属的升华热和结晶硫的热量, 千卡/克分子;

$J_{\text{Me}^{++}}$ ——双电荷离子前的金属电离电位, 千卡/克分子;

$D_{\text{O}_2}, D_{\text{S}_2}$ ——氧和硫的双原子分子对原子的分解热, 千卡/克分子;

$J_{\text{O}^{--}}, J_{\text{S}^{--}}$ ——形成氧和硫的双电荷阴离子时的热量, 千卡/克分子;

$\Delta H_{\text{MeO}}, \Delta H_{\text{MeS}}$ ——由元素生成氧化物和硫化物时的热量, 千卡/克分子。

生成该金属氧化物和硫化物时的热效应差, 通过晶格能量来表示, 得出:

$$-(\Delta H_{\text{MeO}} - \Delta H_{\text{MeS}}) = U_{\text{MeO}} - U_{\text{MeS}} - \frac{1}{2}(D_{\text{O}_2} - D_{\text{S}_2}) + S_{\text{S}_{\text{结晶}}} - (J_{\text{O}^{--}} - J_{\text{S}^{--}})$$

当 $\Delta H_{\text{MeO}} = \Delta H_{\text{MeS}}$ 时,

$$U_{\text{MeO}} - U_{\text{MeS}} = \frac{1}{2}(D_{\text{O}_2} - D_{\text{S}_2}) + (J_{\text{O}^{--}} - J_{\text{S}^{--}}) - S_{\text{S}_{\text{结晶}}}$$

将参考文献 12 的常数值代入等式右边, 得:

$$U_{\text{MeO}} - U_{\text{MeS}} = 79 \text{ 千卡}$$

该金属氧化物和硫化物的、用外插法得出的晶格能量差数的绝对值, 与方程式(1)中的自由项值近似。而在方程式(1)中, 当 $\Delta H_{\text{MeO}} - \Delta H_{\text{MeS}} = 0$ 时, 则

$$\frac{1}{r_{\text{Me}^{++}}^* + 1.40} - \frac{1}{r_{\text{Me}^{++}}^* + 1.84} = \frac{60.9}{1520}$$

式中: $r_{\text{Me}^{++}}^* = 1.62$, 即当生成硫化物时的热效应和氧的热效应

相同时的阳离子临界半径 ($r^*_{Me^{++}}$) 等于硫和氧离子半径总和的一半。

由此可见,对上述一组排列在图 2 关系直线上的元素来说,氧化物和硫化物的热效应差显然在很大程度上可用静电力的变化来解释,然而对不在上述关系直线上的其他元素来说,就不能这样解释了。

表 4 所列的是一系列氧化物和硫化氢相互反应时自由能变化和温度关系的数据。

从表 4 看出,图 2 所列的顺序与表 4 中的数据完全相符。

表 4

序 号	反 应 式	$\Delta F^\circ = \Delta H + BT$ (卡/克分子)		备 注
		ΔH	B	
1	$BaO_{\text{固态}} + H_2S = BaS_{\text{固态}} + H_2O$	-30,510	+3.69	根据表1、表2的数据计算
2	$CaO_{\text{固态}} + H_2S = CaS_{\text{固态}} + H_2O$	-15,550	-0.50	”
	$CaO_{\text{固态}} + H_2S = CaS_{\text{固态}} + H_2O$	-15,650	+0.87	6
	$CaO_{\text{固态}} + H_2S = CaS_{\text{固态}} + H_2O$	-15,100	+0.32	7
3	$MnO_{\text{固态}} + H_2S = MnS_{\text{固态}} + H_2O$	-11,500	-0.19	根据表1、表2的数据计算
4	$MnO_{\text{液态}} + H_2S = MnS_{\text{液态}} + H_2O$	-11,560	-0.76	”
5	$FeO_{\text{固态}} + H_2S = FeS_{\text{固态}} + H_2O$	-10,180	+0.56	”
6	$FeO_{\text{液态}} + H_2S = FeS_{\text{液态}} + H_2O$	-15,210	+0.52	”
7	$MgO_{\text{固态}} + H_2S = MgS_{\text{固态}} + H_2O$	7,900	-0.92	”
	$MgO_{\text{固态}} + H_2S = MgS_{\text{固态}} + H_2O$	6,860	+0.23	7

表 5

序 号	反 应 式	$\Delta F^\circ = \Delta H + BT$ (卡/克分子)	
		ΔH	B
1	$BaO_{\text{固态}} + FeS_{\text{液态}} = BaS_{\text{固态}} + FeO_{\text{液态}}$	-15,300	+3.17
2	$CaO_{\text{固态}} + FeS_{\text{液态}} = CaS_{\text{固态}} + FeO_{\text{液态}}$	110	0.20
3	$MnO_{\text{液态}} + FeS_{\text{液态}} = MnS_{\text{液态}} + FeO_{\text{液态}}$	3,650	-1.28
4	$MgO_{\text{固态}} + FeS_{\text{液态}} = MgS_{\text{固态}} + FeO_{\text{液态}}$	22,070	-0.29

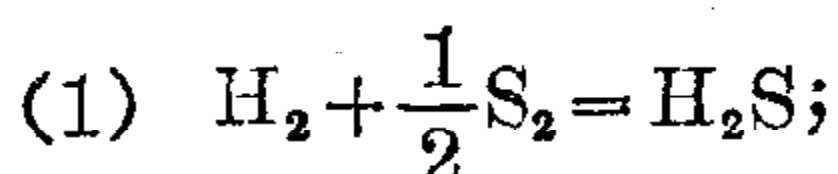
表 5 所列的是上述氧化物和硫化铁相互反应时自由能变化和

温度关系的数据,这些数据是根据表 4 的资料计算出来的。

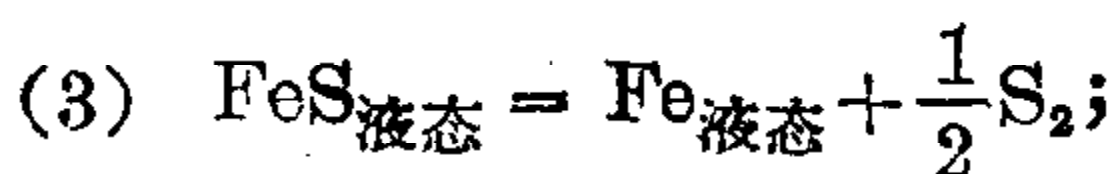
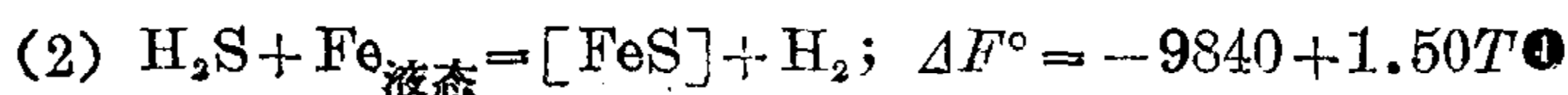
二、生铁的炉外脱硫

表 5 的数据不能用来计算铁水和钢水的脱硫效果。因为硫化铁能熔解于铁水中,所以必须考虑到硫化铁熔解于铁水时自由能的变化。

对此,我们可以研究以下一系列的反应:



$$\Delta F^\circ = -20,105 + 3.625 \cdot T \lg T - 0.605 T$$



$$\Delta F^\circ = 40,140 + 9.14 \cdot T \lg T - 43.15 T - 0.22 \times 10^{-3} T^2$$

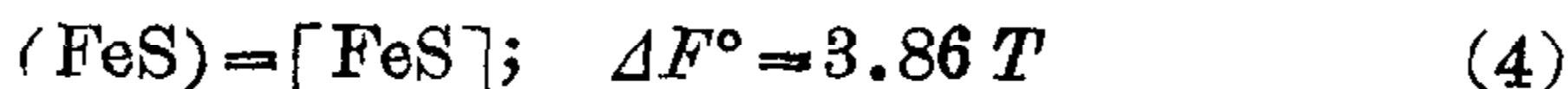


$$\Delta F^\circ = 10,195 + 12.765 \cdot T \lg T - 0.22 \times 10^{-3} T^2 - 42.255 T$$

在温度 1500~2000°C 的范围内,可用二项式来代替已得的方程式,而不影响它的准确性:

$$\Delta F^\circ = 1280 + 3.86 T \quad (3)$$

根据参考文献 1,当温度为 1600°C 及 $[\text{FeS}] \rightarrow 0$ 时,铁水中硫化铁的活度系数等于 7。这和 $\Delta F^\circ_{1873} = 7240$ 卡自由能的变化相符合。考虑到方程式(3)是由一系列数据求得以及在计算时所产生的的一些误差,我们把方程式(3)加以修正,最后获得硫化铁熔解于铁水中的反应式如下:



考虑到硫化铁在铁水中有熔解热以及硫化铁的克分子值要换算成金属中含硫百分比值,因此把表 5 的数据加以计算,得到的数据如表 6 所示。

① 换算成铁水中的硫化铁克分子浓度。

表 6

序 号	反 应 式	$\Delta F^\circ = \Delta H + CT$ (千卡)		$\lg k = \lg \frac{(a_{\text{MeS}})(a_{\text{FeO}})}{(a_{\text{MeO}})[\%S]}$	
		ΔH	C	A	B
1	BaO _{固态} + [FeS] = BaS _{固态} + FeO _{液态}	-15,300	7.35	3340	-1.607
2	CaO _{固态} + [FeS] = CaS _{固态} + FeO _{液态}	110	3.98	-24	-0.870
3	MnO _{液态} + [FeS] = MnS _{液态} + FeO _{液态}	3,650	2.90	-800	-0.634
4	MgO _{固态} + [FeS] = MgS _{固态} + FeO _{液态}	22,070	3.89	-4830	-0.850

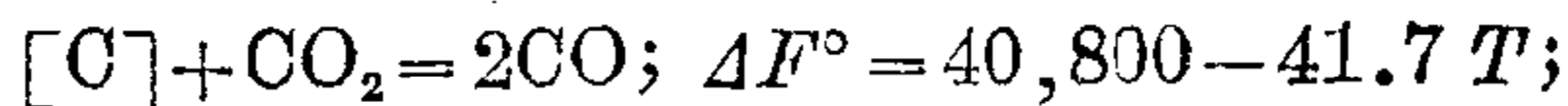
在表 6 所列的常数中，并未考虑到第三种组分对溶解于铁水的硫活度的影响。而对铁水来说，至少必须考虑到主要组分——碳的影响。根据参考文献 9，饱和铁碳合金的硫活度系数等于 5.8。

此外，铁水中始终含有硅和锰。硅使熔解于铁水的硫活度提高，锰则使它降低。当锰和硅的比率等于 2 时（炼钢生铁中常有这种比率），它们的影响就相互抵消。因此在第一个近似值中，可以只考虑碳的影响。

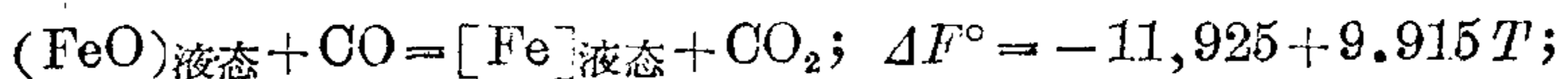
表 7 所列的平衡常数是根据表 6 的反应式计算出来的。此外，列于表 7 的生铁数据是考虑到碳对硫活度 ($\gamma[S]_c = 5.8$) 的影响的。

当所获得的硫化钡、硫化钙、硫化镁的反应产物呈固态时，根据表 7 所列的数据，可以计算出纯氧化物（氧化钡、氧化钙、氧化镁）的脱硫能力。

在铁水与大气隔绝使它不发生氧化作用的条件下进行炉外脱硫，氧化亚铁的活度可以根据它与 CO-CO₂ 的气相和它与碳之间的平衡状态，按照下列反应式来计算：



$$\lg \frac{P_{CO_2}}{P_{CO_2}(a_C)} = -\frac{8920}{T} + 9.10 \quad (5)$$



$$\lg \frac{P_{CO_2}}{P_{CO}(a_{FeO})} = \frac{2610}{T} - 2.17 \quad (6)$$

表 7

序 号	温 度 (°C)	$K_{BaO} = \frac{(Q_{BaS})(Q_{FeO})}{(Q_{BaO})[\%S]}$		$K_{CaO} = \frac{(Q_{CaS})(Q_{FeO})}{(Q_{CaO})[\%S]}$		$K_{MnO} = \frac{(Q_{MnS})(Q_{FeO})}{(Q_{MnO})[\%S]}$		$K_{MgO} = \frac{(Q_{MgS})(Q_{FeO})}{(Q_{MgO})[\%S]}$	
		K_{BaO}	5.8K BaO	K_{CaO}	5.8K CaO	K_{MnO}	5.8K MnO	K_{MgO}	5.8K MgO
		鉄	生 鉄	鉄	生 鉄	鉄	生 鉄	鉄	生 鉄
1	1135	—	33.6	—	0.76	—	0.36	—	3.0×10^{-4}
2	1200	—	25.6	—	0.76	—	0.39	—	4.4×10^{-4}
3	1250	—	22.4	—	0.76	—	0.41	—	5.5×10^{-4}
4	1300	—	19.2	—	0.76	—	0.42	—	7.0×10^{-4}
5	1350	—	16.5	—	0.76	—	0.44	—	8.7×10^{-4}
6	1400	—	14.2	—	0.76	—	0.45	—	1.07×10^{-3}
7	1450	—	12.4	—	0.76	—	0.48	—	1.6×10^{-3}
8	1500	1.90	11.0	0.13	0.76	—	0.48	—	1.6×10^{-3}
9	1550	1.68	9.7	0.13	0.76	0.085	0.50	3.2×10^{-4}	1.85×10^{-3}
10	1600	1.50	8.7	0.13	0.76	0.087	0.51	3.75×10^{-4}	2.18×10^{-3}
11	1650	1.34	—	0.13	0.76	0.089	—	4.37×10^{-4}	2.54×10^{-3}
12	1700	1.21	—	0.13	—	0.091	—	5.0×10^{-4}	2.9×10^{-3}
13	1750	1.10	—	0.13	—	0.093	—	5.9×10^{-4}	3.4×10^{-3}

当飽和鉄碳合金的碳活度等于 1 时，根据方程式(5)和(6)可以計算出 a_{FeO} 。图 3 所列的是氧化亚鉄的活度和温度的关系曲线。

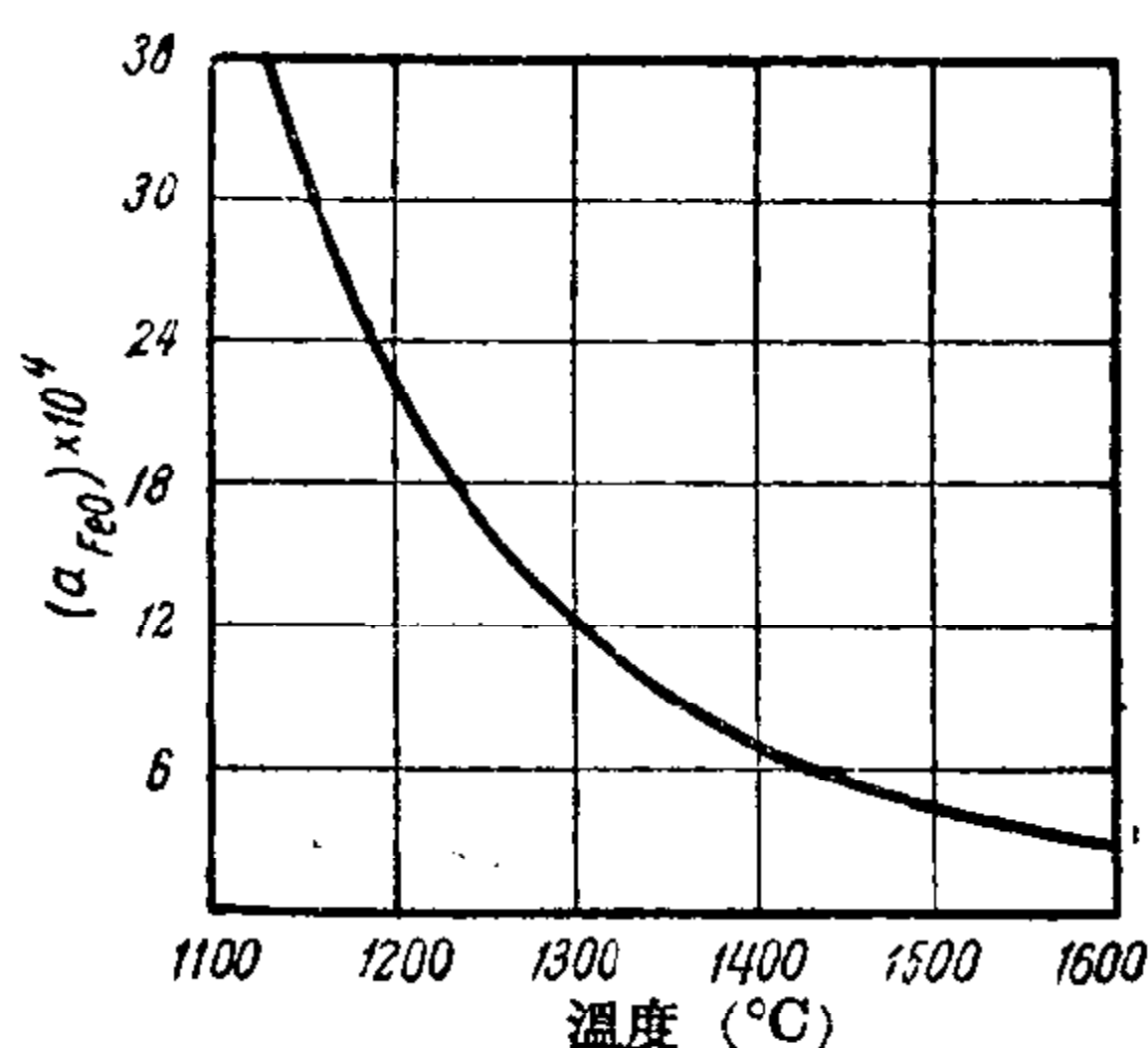


图 3 同鉄水中碳相平衡的氧化亚鉄活度与温度的关系曲线

用固态氧化鋇、氧化鈣和氧化鎂进行炉外脫硫时，它們的活度和硫化物的活度都等于 1。根据平衡常数求得氧化亚鉄的活度后，就可以計算出鉄水的含硫量。

图 4 所列的是在隔絕氧化作用的条件下，用固态氧化鋇、氧化鈣和氧化鎂进行脫硫时，鉄水中含硫量和温度的关系线[BaO(B)、CaO(B)、MgO(B)]。这里所指的隔絕氧化作用的条件，就是由溶

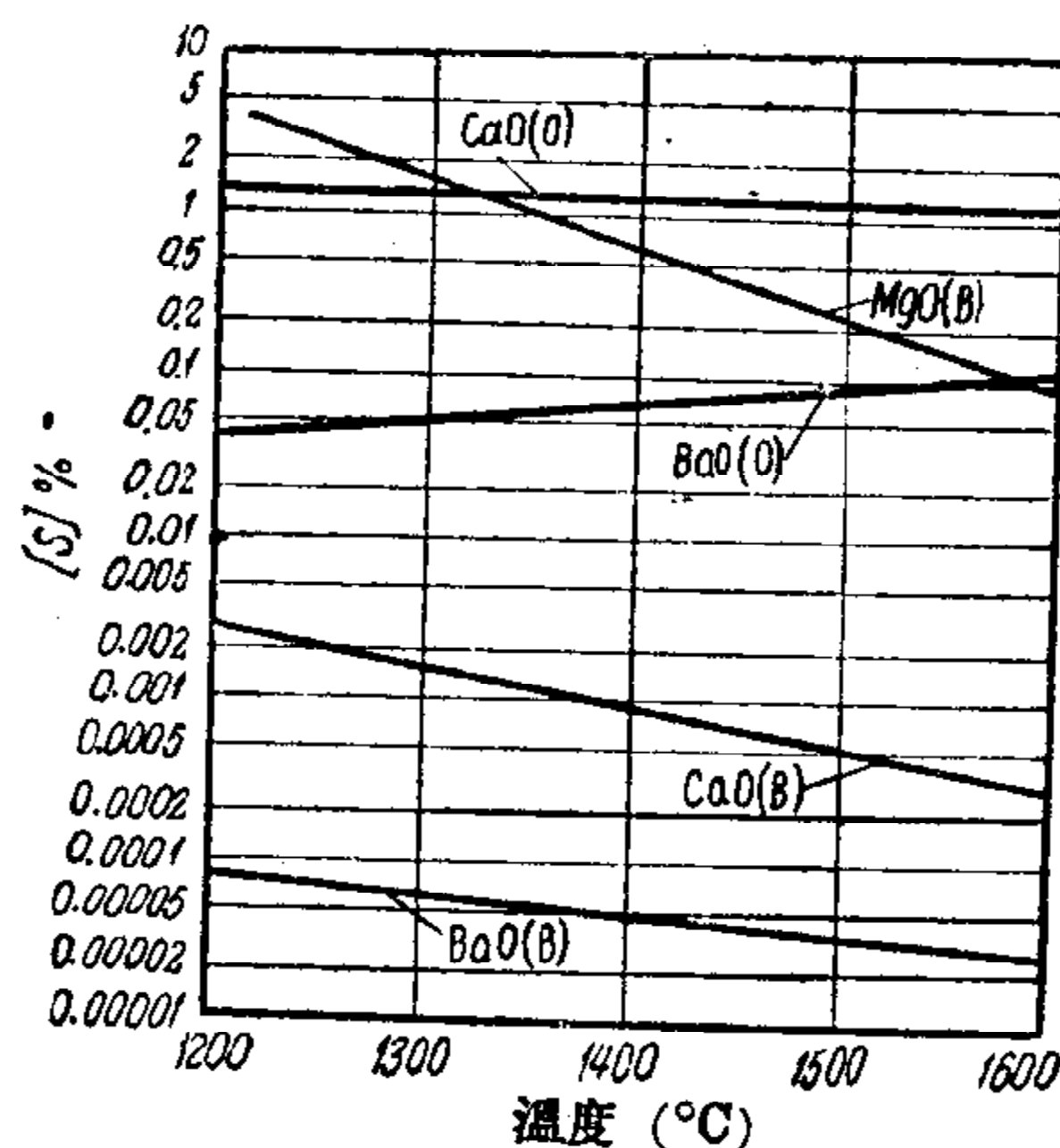


图 4 氧化鋇、氧化鈣、氧化鎂的脫硫能力和温度的关系线

(B)—还原条件；(O)—氧化条件

解于鉄水中、冷却时并会从溶液中析出的碳所造成的还原条件。氧化鋇和氧化鈣在还原条件下是有效的脫硫剂，而氧化鎂則不能使鉄水脫硫。

此外，图 4 上还列有在氧化鉄活度等于 1 的氧化条件下（也就是在极限氧化条件下），氧化鋇和氧化鈣脫硫的关系綫。氧化条件的关系綫說明了氧化鋇甚至在氧化条件下也可用来使鉄水脫硫。

必須指出，氧化鋇的数据是极不可靠的，需要加以驗算。

三、生鉄用熔渣脫硫

表 7 所列的脫硫常数是用来計算熔渣脫硫能力的初步基本数据。为了进行最終計算，必須具有关于熔渣中作脫硫剂用的氧化物的活度数据，以及熔渣中硫化物活度与硫濃度之間相互关系的数据，即要有炉渣熔体中氧化物和硫化物热力学方面的数据。

在参考文献中对于上述所研究的氧化物，只提到关于鈣、錳、鉄在 MgO-SiO_2 二元系中活度方面的不完整数据（图 5），而氧化鎂在这二元系中活度方面的数据却没有。至于硅酸鋇方面的数据一般都是沒有的，并且当氧化鋇溶解于熔渣时，要确定它的脫硫能力，目前还有困难。

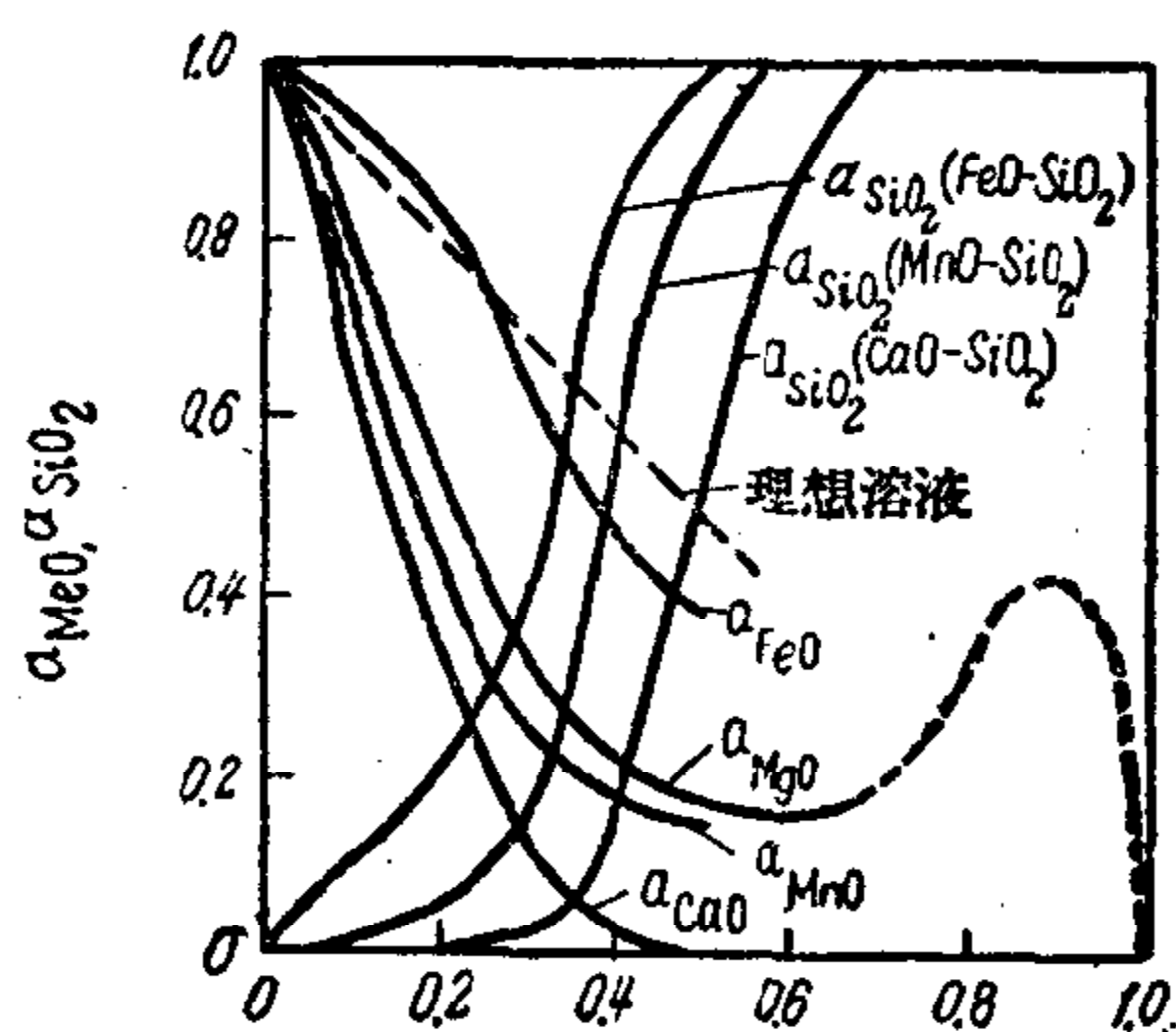


图 5 在温度 1600°C 时， MgO-SiO_2 二元系中组分活度和下列氧化物濃度的关系曲綫

（氧化鈣、氧化錳和氧化亚鉄的濃度根据参考文献 9，而氧化鎂的濃度則根据計算）