

二氧化硫分解柱硼镁石矿制取 硼酸的研究

本所五室

目前我国硼矿加工多采用加压碱解法生产硼砂, 碳碱法工艺已在生产上获得成功, 为硼砂工业实行技术改造指出了方向。但是硼酸生产迄今尚无技术经济效果先进的方法可供推广。利用硼砂和硫酸的复分解反应仍是生产硼酸的主要途径。碳氨法、碳酸法工艺虽然推进到一定的生产规模, 但还存在不少问题有待解决。其它一些方法也正处在实验研究阶段。

青海化工厂是以柱硼镁石矿 ($MgO \cdot B_2O_3 \cdot 3H_2O$) 为原料, 用硫酸法生产硼酸的。硫酸法有较早的历史, 工艺简单, 但是要求原料品位高, 收率低; 一般收率为 65%~75%, 母液不能循环利用, 即使最好的矿石也只能部分利用, 因而造成硼酸大量损失。在改进硫酸法工艺方面已经进行了许多研究工作, 主要集中在处理母液上, 以图提高硼酸收率和利用率。这样也就增加了工序, 流程显得繁杂。

在酸法加工硼矿的研究工作中, 国外曾有二氧化硫分解含钙硼酸盐矿 ($Ca_2B_6O_{14} \cdot 5H_2O$ 和 $Ca_5B_{23} \cdot 9H_2O$) 制取硼酸的报导。该法鉴于在分解反应中, 钙离子生成了难溶性亚硫酸钙沉淀, 因而使分解液净化, 母液循环利用, 提高了收率。

由文献数据得知, 亚硫酸镁溶解度也很小, 是否可以利用这一特性用二氧化硫分解含镁硼酸盐矿, 同时达到硼、镁分离效果? 得于这样启发, 根据我国盐湖资源特点并结

合青海地区硼酸生产工艺现状, 我们进行了二氧化硫分解柱硼镁石矿的研究, 旨在改进硫酸法工艺, 提高收率。

实验部分

一、条件实验:

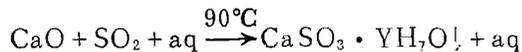
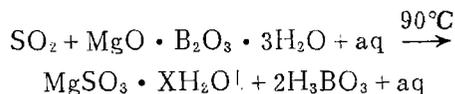
1. 原料:

柱硼镁石矿, 青海化工厂提供, 主要组成如下:

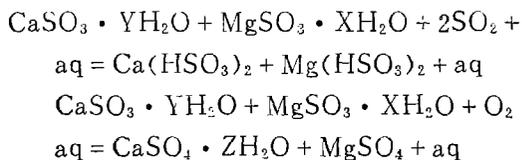
B_2O_3 19.78%、 MgO 12.67%、 CaO 8.14%、 Na_2O 4.43%、 KCl 0.14%、 $NaCl$ 1.85%、 Fe_2O_3 0.52%、碳酸盐未测、 $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ 2.46%、酸不溶物 23.83%, 粒度: 26 目;

2. 分解条件实验:

SO_2 分解柱硼镁石矿的主要反应:



可能产生的副反应:



在分解矿石的过程中, 应尽量避免副反应的产生。

首先以自制的高浓度二氧化硫气体进行了一系列分解柱硼镁矿的探索实验, 分解率

达98%，并初步确定结晶硼酸后的母液有可能循环利用。在此基础上，进而拟制了具有工业化意义的硫铁矿焙烧炉气（含7%~10% SO₂的二氧化硫—空气混合气体）进行实验。我们采用7% SO₂—空气混合气体（以下简称7% SO₂）进行分解硼矿，主要考察了分解率与反应时间的关系，以便确定气体用量，估计经济效果。

在探索实验中已进行过液固比及气体流量的条件实验。气体流量的选择，主要要求导入反应料浆中气体分布均匀，反应进行良好，同时又没有过剩的二氧化硫逸出。本实

验选择大约1立升/分流量，液固比为3:1。

实验在图(一)装置中进行，装置中的流量计经严密校准，SO₂—空气混合气体还用化学分析（碘量法）测定SO₂浓度。

实验方法：每次取100克矿粉，放入300×55毫米的直管玻璃反应器中，按固：液=1:3加水，在不断搅拌下以0.99升/分的流速通入7%的SO₂气体。用水浴加热到料浆沸腾并保温至反应结束，料浆趁热过滤，用25毫升热水洗涤4次，分解液和洗水合并，矿渣在110℃烘干，测定矿渣中酸溶B₂O₃%，计算分解率。结果列于表1并绘于图2。

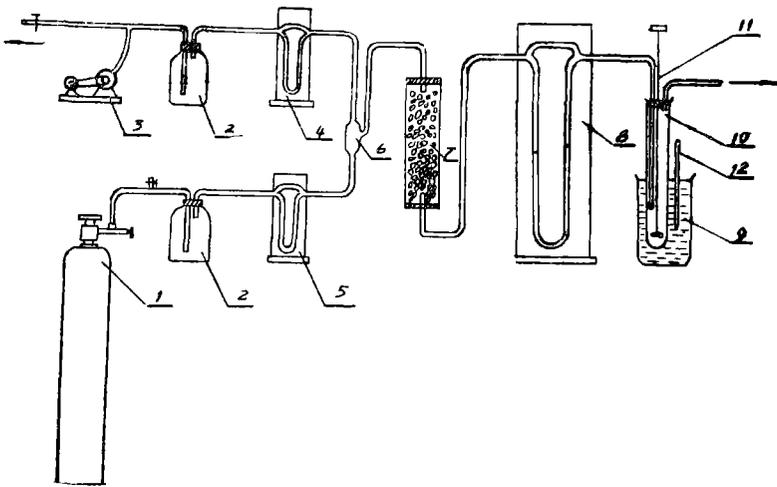


图1 SO₂分解柱硼镁石矿的装置图

1. SO₂钢瓶 2.缓冲瓶 3.空压机 4.5·8流量计 6.7混合器
9.加热水浴 10.玻璃管反应器 11.搅拌器 12.温度计

表1 分解率与反应时间的关系

实验 编号	配料比 固:液	反应 时间 (分)	分解液组成 (%)					分解液 pH	矿渣 (干)			分解率 (%)
			B ₂ O ₃	Mg ⁺⁺	Cl ⁻	SO ₃ ⁻	SO ₄ ⁻		水溶 B ₂ O ₃ (%)	酸溶 B ₂ O ₃ (%)	重量 (克)	
A-3	1:3	150	5.92	1.02	—	0.88	3.49	—	0.51	0.28	70	99.0
A-2	1:3	150	5.03	—	—	—	—	5~6	1.77	0.46	76	98.0
A-5	1:3	135	5.11	0.99	0.31	0.35	2.73	6	1.27	0.80	66.5	97.3
A-4	1:3	120	4.94	0.79	0.32	0.81	2.10	6	1.45	0.99	72	96.4
A-6	1:3	105	4.34	0.76	0.31	0.93	1.85	—	3.32	2.47	72	91.1
A-7	1:3	106	4.33	0.65	0.32	0.98	1.39	7	2.81	2.35	73	91.4

从表 1 看出:

1. 分解液中不含 Ca^{++} 、 Mg^{++} 和 SO_4^{--} 含量 (%) 随通气时间的增加而增加, 这与副反应的产生有关。根据亚硫酸镁的溶解度, 如不产生副反应, 分解液中 Mg^{++} 和 SO_4^{--} 含量应该比较低。实际上副反应是不可避免的, 只能选择适宜的反应条件来减少它的产生。表中的亚硫酸根可能有相当一部分是 HSO_3^- 形式存在。

2. 以分解液 Mg^{++} 含量 (%) 计算进入液相的镁量约占原料中总镁量的 1/3, 即有 2/3 的镁作为矿渣被分离。

3. 图 2 明显地指出: 要得到 96% 以上的分解率, 反应时间不宜小于 2 小时。

3. 分解液结晶硼酸实验:

1. 二氧化硫酸化析硼:

取 100 克矿粉, 按上述最佳条件进行分解, 所得分解液通入 7% SO_2 气体, 进行酸化, 测定通气时间、pH 值和液相中的 B_2O_3 含量。

当通入气体的时间超过 40 分钟, pH 值虽显著下降, 但 B_2O_3 含量 (%) 变化并不大, 且因 SO_2 溶解量逐渐减少而伴有气体逸出。因此可以将 pH 4.6 作为控制通气限度, 一般以 0.76 升/分的速度通入气体 7% SO_2 气体 40 分钟即可达到要求, 实验结果参见表 2 及图 3。

2. 硫酸酸化析硼:

我们曾研究了用硫酸调 pH 值结晶硼酸的情况, 单程收率 70% 左右, 产品纯度 99%, 硫酸用量为每 100 克分解液 (含 B_2O_3 6.8%) 大约 1.5 毫升, 但需进一步了解用 7% SO_2 分解矿石所得分解液酸化析硼的最佳条件。取 100 克矿粉, 按前述条件分解, 得 350 克分解液, 含 B_2O_3 7.87%, pH 5.51, 加入不同量的浓硫酸, 液相中 pH 值与 B_2O_3 含量变化如下表:

根据上述实验结果, 在以后的循环实验中取加酸量为 4.75 毫升进行酸化析硼。需要指出, pH 值的变化除加酸量外, 还同分解

加酸量(毫升)	3.5	4	4.75
液相 pH	5.5	5.35	4.0
液相 B_2O_3 %	3.3	2.5	2.0
备注			加大酸量有 SO_2 气味产生

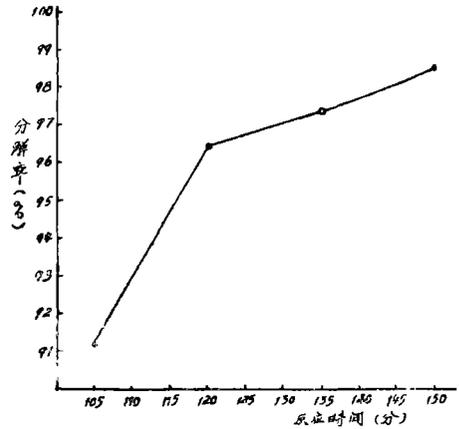


图 2 反应时间与分解率关系

液的初始酸度以及 B_2O_3 含量组成等有关。

4. 洗涤条件实验:

100 克矿粉按上述条件分解, 得到的矿渣和硼酸产品分别用 $\phi 100$ 毫米和 $\phi 80$ 毫米布氏漏斗真空抽滤, 采用淋洗方式洗涤。

1. 矿渣:

分别用 20 毫升 $\times 5$, 25 毫升 $\times 5$ 的水量洗涤, 取样分析 B_2O_3 、 Mg^{++} 、 SO_3^{--} 、 SO_4^{--} 含量, 试验结果列于表 3

从表 3 可以看出:

a. 从洗水组成 (%) 看, 第一次到第三次洗水变化不大, 第四次降低较大, 但 B_2O_3 含量仍高。当每次用 25 毫升热水洗涤 5 次时, 第五次洗水中 B_2O_3 含量降低到 0.23%, 矿渣中含水溶 B_2O_3 为 0.068%。

b. 从 B_2O_3 洗出及残留量 (%) 看, 每次用 20 毫升或 25 毫升热水洗涤 5 次, 从渣中可洗出 B_2O_3 96~98%。但每次用水量为 25 毫升时, 前三次可洗出 B_2O_3 90% 左右,

表 2

通气时间与 pH 和 B_2O_3 (%) 的关系

样品编号	气体流速 (升/分)	通气时间 (分)	液 相		备 注
			pH	B_2O_3 (%)	
B-21			6.15	5.74	
B-21 ₁	0.76	20	5.65	3.96	
	0.76	30	5.35		
B-21 ₂	0.76	40	4.65	2.58	产品含硼酸99%
B-21 ₃	0.76	50	2.74	2.40	有大量 SO_2 气味
	0.76	60	2.39		有大量 SO_2 气味
B-21 ₄	0.76	70	2.29	2.40	有大量 SO_2 气味
B-21 ₅	0.76	80	2.29	2.41	有大量 SO_2 气味

表 3

矿渣洗涤结果

实验编号	洗水用量 (毫升)	洗 水 组 成 (%)				B_2O_3 洗出或 残留量(%)
		B_2O_3	Mg^{++}	SO_3^-	SO_4^-	
B-4W I	20	7.37	1.10	1.62	2.47	35.24
B-4W II	20	6.73	1.04	1.45	2.31	29.94
B-4W III	20	4.86	0.82	1.25	1.73	19.75
B-4W IV	20	2.02	0.48	0.93	0.75	7.24
B-4W V	20	0.94	0.34	0.73	0.31	4.05
矿渣水溶硼— 4S (水)		0.22				3.73
B-5W I	25	6.72	1.11	1.67	2.90	38.93
B-5W II	25	5.74	0.97	1.34	2.45	36.43
B-5W III	25	2.73	0.59	1.04	1.08	16.59
B-5W IV	25	1.04	0.37	0.63	0.63	5.46
B-5W V	25	0.23	0.23	0.47	0.23	1.27
矿渣水溶硼— 5S (水)		0.068				1.32

便于利用。

c. 因此较好的洗涤条件为：每次用25毫升热水洗涤5次，前三次洗水与分解液合并用于结晶硼酸，后二次洗水单独收集供循环使用。

2. 硼酸产品的洗涤条件：参照已有的硼酸洗涤条件，选用洗前湿固相重；洗水 = 1:1 的比例，将水量等分三次洗涤，效果较好。结果列于表4。

表 4

产品洗涤结果

实验编号	洗水用量 (克)	含量 (%)		产品纯度 (%)
		B ₂ O ₃	Mg ⁺⁺	
B-1W ₁	1/3湿固相重	2.48	0.35	
B-1W ₂	1/3湿固相重	2.24	0.074	
B-1W ₃	1/3湿固相重	2.03	0.018	
产品-1P		55.72		99.01

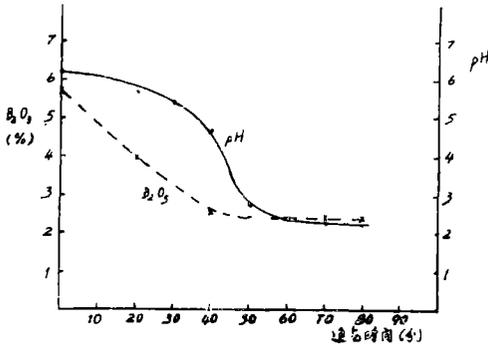


图 3 通气时间与 pH 及 B₂O₃ (%) 的关系

二、工艺过程的循环实验:

采用上述两种结晶硼酸的方法分别进行了循环实验。

1. 二氧化硫酸化析硼的循环实验:

共计循环 16 次, 分解率可达 98% 左右, B₂O₃ 总收率 90% 左右。但是由于对 H₃BO₃—MgSO₃—MgSO₄—H₂O 这一体系缺乏了解, 难于控制 MgSO₄ 或 MgSO₃ 析出, 使产品纯度不稳定。

2. 硫酸酸化析硼的循环实验:

循环实验的流程: 参见图 4。

第一次投料实验——100 克矿粉加入 300 毫升水, 搅拌均匀, 逐渐升温, 以 0.99 升/分的流速通入 7% SO₂ 气体, 反应 150 分钟, 分解率达 99%。滤渣用 25 毫升热水洗涤五次, 前三次洗水与分解液合并, 后二次洗水与硼酸洗水合并, 分解液通入 7% SO₂ 气体至液相酸度达 pH 4.6*。冷却到 15°C, 分离,

洗涤硼酸, 硼酸收率 55%, 母液、洗水供循环使用。

循环实验——前一次投料的实验母液和部分洗水与 100 克矿粉按液固比为 3 配料, 逐渐升温, 强烈搅拌 30 分钟进行预处理之后, 再以 0.99 升/分的流速通入 7% SO₂ 气体, 反应 90 分钟。其余操作同前, 唯矿渣的前两次洗涤是用上次循环返回的洗水, 结晶硼酸每次用 4.75 毫升浓 H₂SO₄ 调 pH 值。

因为循环过程中返回的母液有一定的酸度, 在预处理时可参与分解反应, 因此, 循环实验缩短通气时间为 90 分钟仍可保持较高的分解率。

硼酸产品的鉴定按国家标准 (GB 538—65) 进行。(测定 B₂O₃ 时用甘露醇代替转化糖), 除每个样品都测定了 Cl⁻、SO₄²⁻ (SO₃²⁻) 外 (结果见表 5), 还有选择地进行了 Fe 和水不溶物的测定, 结果是: Fe < 0.002%, 水不溶物 0.0076%, 均符合工业一级品规格。还用火焰分光光度法测定了第十次到第十五次循环的硼酸产品中 Na⁺ 含量, 一般在 0.05% 左右。循环实验的结果列于表 5 中。从结果可以看出:

1. 分解液中 Mg⁺⁺、Cl⁻ 和 SO₄²⁻ 的变化规律:

分解液中的 Mg⁺⁺、Cl⁻ 和 SO₄²⁻ 的含量 (%) 在循环过程的前十次逐渐增加, 大约达到 Mg⁺⁺ 3.0%、Cl⁻ 2.0%、SO₄²⁻ 16.0% 时, 似有不再增加的趋势 (参见图 5)。此时,

* 亦可加入 4.75 毫升浓 H₂SO₄ 调 pH 值。

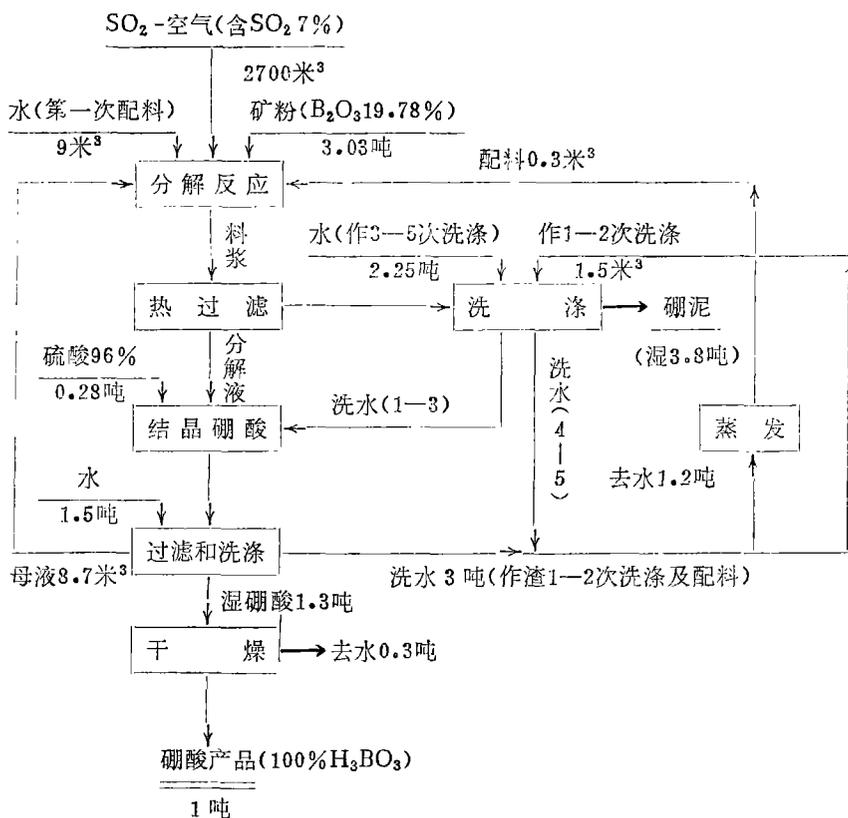


图4 循环实验流程示意图

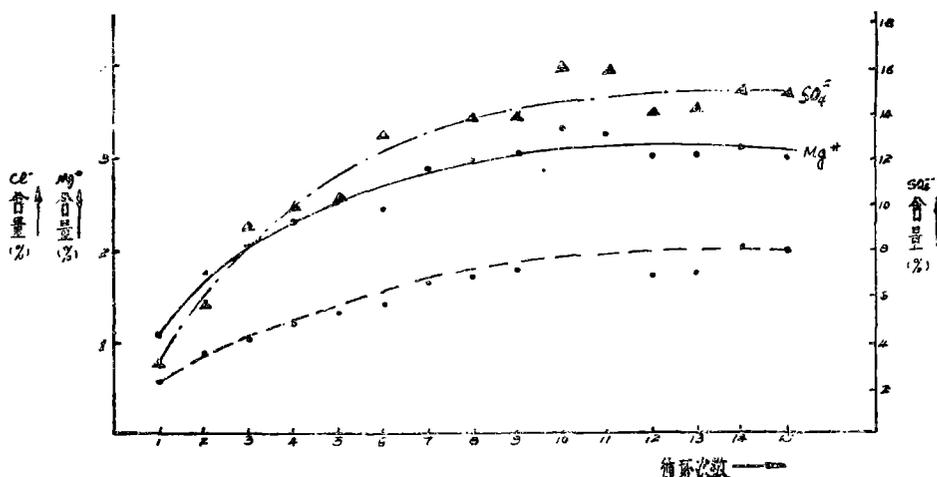


图5 循环次数与分解液中离子含量(%)关系

表5 循环实验数据表

实验编号	循环次数			分解液组成 (%)			母液组成 (%)			洗水组成 (%)			矿渣(干)中 B ₂ O ₃ 含量 (%)		总收率 (%)	产品分析 (%)			矿渣损失 B ₂ O ₃ (%)	备注		
	B ₂ O ₃	Mg ⁺⁺	SO ₃ ⁻	SO ₄ ⁻	Cl ⁻	B ₂ O ₃	Mg ⁺⁺	SO ₃ ⁻	SO ₄ ⁻	Cl ⁻	B ₂ O ₃	Mg ⁺⁺	总	水溶		H ₃ BO ₃	Mg ⁺⁺	SO ₄ ⁻ (SO ₃ ⁻)			Cl ⁻	
第一次投料						2.48	0.88	4.01							99.055.0							
G-1	7.18	1.10	1.71	3.09	0.59	2.21	1.17	1.84	6.08	0.69	2.84	0.59	0.65	0.46	0.20	99.2	100	0.07	符合一级品	符合一级品	2.60	
G-2	7.87	1.77	1.64	5.72	0.90	2.08	1.91	1.82	8.91	0.96	2.40	0.65	1.02	0.59	0.43	98.4	102	0.06	符合一级品	符合一级品	3.7	
G-3	7.09	2.05	0.59	9.03	1.04	1.97	2.21	1.57	11.05	1.16	2.07	0.62	0.72	0.44	0.28	98.8	97.2		符合一级品	符合一级品	2.7	
G-4	6.91	2.32	1.00	10.00	1.22	1.76	2.42	1.42	13.74	1.32	2.27	2.20	0.84	0.52	0.32	98.8	97.0	0.016	符合一级品	符合一级品	3.2	
G-5	6.76	2.51	1.22	11.04	1.34	1.86	2.62	1.73	13.50	1.46	2.23	1.79	0.91	0.52	0.39	98.8	97.9	0.16	符合一级品	符合一级品	3.4	
G-6	6.55	2.45	0.45	13.08	1.43	1.81	2.82	1.49	14.71	1.57	2.70	1.23	0.80	0.51	0.29	98.8	93.5	0.13	符合二级品	符合一级品	3.1	
G-7	6.73	2.90	0.96			1.65	1.80	3.14	1.06	16.66	1.76	2.19	1.05	1.82	1.21	0.61	97.6	94.2	0.04	符合一级品	符合一级品	6.9
G-8	6.68	3.00	1.14	13.96	1.72	1.61	3.29	1.23	17.52	1.87	2.25	1.14	0.85	0.60	0.25	99.1	99.3	0.002	符合一级品	符合一级品	3.2	
G-9	6.48	3.08	1.93	13.91	1.80	1.57	3.29	1.64	17.40	1.91	2.15		0.76	0.48	0.28	99.0	100	0.10	符合二级品	符合一级品	2.9	
G-10	6.64	3.36	1.20	16.12	1.96	1.39	3.60	1.39	19.64	2.14	1.94	1.20	0.84	0.62	0.22	99.1	101	0.089	符合一级品	符合一级品	3.2	
G-11*	6.33	3.28	1.16	15.95	1.97	1.86	3.61	1.28	19.86	2.13	2.04		1.11	0.82	0.39	99.0	93.4	0.22	符合二级品	符合二级品	4.1	
G-12	6.72	3.03	1.37	14.14	1.71	1.31	3.25	1.61	16.68	1.85	2.04	1.22	0.80	0.75	0.14	99.5	99.0	0.016	符合一级品	符合一级品	3.4	
G-13**	6.12	3.05	1.07	14.25	1.76	1.59	3.11	1.75	16.52	1.85	1.28	1.76										
G-14	6.33	3.13	1.53	15.01	2.05	1.46	3.44	1.67	18.16	2.22	1.58	1.93	0.43	0.22	0.21	99.1	102	0.093	符合一级品	符合一级品	1.8	
G-15	6.26	3.03	0.78	14.93	2.00	1.59	3.12	0.17	17.93	2.28	1.92	1.83	0.57	0.28	0.29	98.6	96.1	0.082	符合一级品	符合一级品	2.6	

* 抽滤泵出故障，抽滤不干，吸附母液较多。 ** 此号产品烘干温度超过100℃，H₃BO₃已分解，没有做有关元素的分析。

相应的母液中含 $MgSO_4$ 15~18% (硫酸法生产硼酸的母液中一般含 $MgSO_4$ 20% 左右), 并未达到 $MgSO_4-Na_2SO_4-H_3BO_3-H_2O$ 体系或 $MgSO_4-H_3BO_3-H_2O$ 体系 15℃ 时 $MgSO_4$ 析出的界限, 因此, 硼酸纯度可以保证。

2. 循环过程中的分解率可达98%以上, 产品含 H_3BO_3 99% 以上, 杂质 (Cl^- 、 SO_4^{2-} 、Fe、水不溶物) 含量除个别例外, 符合工业一级品要求。按14次循环实验结果计算 B_2O_3 的总收率为 97%, 如连同第一次投料合计总收率为 94%, 硼泥(矿渣)带失 3.3%。

3. 从液相分析结果计算镁的分布情况:

原矿粉经过每一次循环分解反应, 大约有 90~95% 的镁滞留在矿渣中, 仅有 5~10% 进入液相。在硫酸法中, 原矿中的镁是全部进入液相的, 致使工艺循环造成困难。

矿渣中 Na^+ 含量(%), 前十次循环一般含 0.2~0.25%, 第十次循环以后含量增加到 0.5~0.6%, 似有被分离的倾向。

矿渣主要是一种亚硫酸镁、亚硫酸钙和硫酸钙的混合物, 用途有待进一步研究。

4. 循环过程中的水量平衡:

结晶硼酸的母液返回配料一般只差 10~20 毫升水(占配料用水量的 3~7%), 而返回的洗水大约有 100 毫升, 除用于配料及作矿渣第一次和第二次洗涤外, 还多余 30~40 毫升(占配料用水量的 20~25%) 需要蒸发, 水量方能平衡。依此计算, 本工艺中的蒸发水量大约相当于产品的重量。在放大试验中有可能增强过滤效率, 减少洗水用量, 使水量保持平衡, 不需蒸发。

5. 循环过程中的物料平衡:

计算了最初几次及最后几次循环过程 B_2O_3 的物料平衡, 平衡误差一般为 -2% 左右。连同 B_2O_3 总收率(94%) 及矿渣带失量(3.3%) 一并考虑, 这些数值是相吻合的。

结 论

1. 7% SO_2 -空气混合气体分解柱硼

镁石矿, 工艺简单, 母液可以循环利用。十四次循环实验表明:

分解率可达 98%; B_2O_3 总收率可达 94%; 硼酸产品质量符合工业一级品的要求。

2. 按实验结果进行初步估算, 生产 1 吨硼酸(纯度以 100% 计) 所需要的主要原料和排渣量为:

	单位	数量	备 注
矿石(含 B_2O_3 20%)	吨	3.03	
二氧化硫气体(100%, 常温常压)	米 ³	185	折算成 95% 的 H_2SO_4 为 0.765 吨
需水量	吨	3.8	
浓硫酸(95%)	吨	0.282	
蒸发水量	吨	1—1.5	
产生硼泥	吨	(湿) 3.8	相当于干渣为 2.4 吨

以含 B_2O_3 20% 的矿石为例, 与现行硫酸法工艺对比, 本法提高硼酸收率 20~25%, 每吨硼酸少用矿石 0.8 吨, 减少了硫酸用量(将 SO_2 全部折算为硫酸) 0.4~0.5 吨。

3. 反应期间料浆呈微酸性, pH 值为 4.8~5.5, 腐蚀性比硫酸法小。

4. 本法最适于硫酸-硼酸联合企业, 因为 SO_2 系中间产品, 生产成本会大大降低。

5. 本法有可能利用硫酸法工艺无法利用的较低品位的柱硼镁矿, 扩大硼酸生产矿源。

6. 本法需考虑某些设备的密封问题, 否则会造成空气的污染。

7. 本法对其它硼矿的适用情况, 以及若干基础问题有待进一步研究。

附: 西安浐河化工厂提供的东北硼镁矿熟矿粉含 B_2O_3 15.3% 左右, 用 7% SO_2 -空气混合气体分解五小时, 分解率为 95%。

参 考 文 献

[1] 意大利专利 689,646(1965年)

转引 C. A. 66, 47888 Y (1965年)

[2] 奥地利专利 202, 977 (1959年)
转引 C. A. 53, 13522 (1959年)

[3] 比利时专利 631, 217 (1963年)
转引 C. A. 60, 12916 e (1964年)

[4] 《二氧化硫分解柱硼镁石矿制取硼酸(探索实验报告), 1974年》盐湖所五室五组

[5] 前田, 宰三郎, 林, 幸男, 守山逸郎, 旭硝子研究报告: 16, 27-36 (1966年)

[6] 日本专利 70, 02, 650 (1970年)
转引 C. A. 72, 134759 z (1970年)

[7] 瑞士专利 354, 760 (1961年)
转引 C. A. 56, 11211 f (1962年)

[8] «Бор труды конференций по химии бора и его соединений» госхимиздат москова. 122~34 (1968年)

[9] Gmelins Handbuch der Anorga-

nischen Chemie Teil 27, (B 1-4), 207-10, 1939 (Nachdruck 1953年)

[10] 青海化工厂, 《盐湖科技资料》第四辑, 1-4页 (1973年)

[11] 罗马尼亚专利 55, 808 (1973年)
转引 C. A. 81, P15219 z (1974年)

[12] U. S. P. 3, 650, 690 (1972年)

[13] E. M. Якимеш, M. C. Архипова. Труды унихим. вып. 1, СТР 112 (1954年)

[14] A. H. кетов, В. В. Печковский, ЖПХ. XXXI. № 12, 1783, (1958年)

[15] Seidell, Solubilities of Inorganic and organic compounds, vol. 1, p. 397.

[16] Seidell, Solubilities of Inorganic and metal organic compounds. vol. 1, p. 659 (1958年)

更 正

本刊 1975 年第 4 辑

页数	行 数	误	正
19	右10	DCTA	CDTA
19	右16	DTCA	CDTA
19	表 1 中	对该活度系统	对应活度系数
19	表 1	53.2	53.6
19	表 1	离子温度	总离子强度
20	注:	190DCTA	1%CDTA
21	5	电位变化比较小响应时间,	电位变化比较小。响应时间,
23	表 3	共同离子不同TISAB的影响	不同TISAA中共存离子的影响
	表 3 倒数22	$Hg^{+2}10^{-2}$	$Hg^{+2}10^{-4}$
	表 3 倒数21	$K^{+1}10^{-6}$	$K^{+1}10^{-1}$
	表 3 倒数19	9	0
	表 3 倒数12	Pb^{-2}	Pb^{+2}
	表 3 倒数 6	10^{-2}	10^{-3}
24	表 4	190EDCA	1%EDTA
24	右倒数 1	3.9	3.9%
24	表 5	1.62×10^{-6}	1.62×10^{-5}