

全民办化学工业参考資料

金屬鈉制造小型通用設計

(年产3吨及13吨)

化学工业部化学工业設計院 編
化学工业部共青团試驗田

化学工业出版社出版

全民办化学工业参考資料

金屬鈉制造小型通用設計

(年产 3 吨及13吨)

化学工业部化学工业设计院 編
化学工业部 共青团試驗田

化学工业出版社

这一套丛书(小型設計)是根据党的大、中、小并举,土洋結合办化学工业的方針而編輯的,我們已經出了數十种,今后将再分別陸續出版。

本書內容包括用电解法及用还原法(用炭还原燒碱的方法)制造金屬鈉的二种通用設計(前者年產13吨,后者年產3吨),这部分材料由化工設計院編写。同时也把化工部共青团試驗田写的一篇还原法生产金屬鈉的試驗小結汇编在一起,作为各地建厂生产时的参考。

本書設計部分較詳尽地介紹了二种生产方法的生产流程、主要原材料消耗定額、人員、設備、分析、安全技术、产品成本計算等等,并附有必要的流程图、布置图、設备图。試驗小結部分則介绍还原法生产反应机理及反应阶段、操作規程、生产中可能发生的问题及防止办法等等。可供县、社筹建此項工厂参考之用。

全民办化学工业参考資料
金屬鈉制造小型通用設計
(年產3吨及13吨)

化学工业部化学工业設計院 編
化学工业部共青团試驗田

化学工业出版社出版 北京安定門外和平北路

北京市書刊出版业营业許可証出字第092号

化学工业出版社印刷厂印刷 新华书店发行

开本: 787×1092公厘 $1/32$ 1959年2月第1版

印张: $1\frac{12}{16}$ 插頁: 5 1959年2月第1版第1次印刷

字数: 50千字 印数: 1—3000

定价: (10)0.34元 書号: 15063·0437

目 录

I、年产13吨电解熔融烧碱法制金属钠通用設計	1
一、概論	3
二、流程叙述及生产操作	3
三、主要原材料消耗定额	4
四、开工說明	4
五、人員表	5
六、安全技术	5
七、建厂条件	5
八、分析	6
九、設備表	7
十、車間投資估算	7
十一、单位产品成本計算表	8
附图 1 工艺生产流程图	8
附图 2 工艺生产设备布置图	9
附图 3 立式隔膜电解槽	插頁
附图 4 立式隔膜电解槽分图 (包括五个图)	11
附图 5 熔碱鍋	12
附图 6 金属钠成型模	12
II、年产3吨还原法制金属钠通用設計	13
一、概論	13
二、流程簡述	13
三、主要原材料消耗定额	14
四、人員表	14
五、操作班次及年工作日	14
六、因地制宜說明	14
七、設備及概算表	15
八、开工程序	15
九、操作指标	16
十、停工說明	16
十一、事故处理	16
十二、安全技术与劳动保护	17
十三、包装方法	17
十四、分析方法	17
附图 7 工艺生产流程图	18
附图 8 工艺生产设备布置图	插頁
附图 9: 立体示意图	插頁
附图10 加热爐及烟囪詳图	19
附图11 反应鍋	20
III、还原法生产金属钠的試驗小結	21
一、原料的规格及产品的用途	21
二、反应机理及反应阶段	21

三、本生产所使用的设备	21
四、操作规程	22
五、金属钠生产的流程图	24
六、生产过程中可能发生的问题及防止办法	25
七、本车间的生产发展方向和改进	26
八、安全操作及劳动保护	26
编后语	27

工、年产13吨电解熔融烧碱法制金属钠通用設計

一、概 論

早在十九世紀末即开始用电解熔融 NaOH 的方法生产金属钠。到二十世紀二十年代出现了电解熔融 NaCl 的生产方法。因优于前法，所以在三十年代以后，有很大的发展，逐渐代替了 NaOH 的生产方法。

我国在解放前，几乎没有金属钠的生产。最近几年由于国家工业建設飞速的发展，金属钠的生产亦相应地建立。但仍是采用电解 NaOH 的方法生产。

本設計也是电解 NaOH 的方法，但只推荐小型厂采用，大规模生产时应采用电解 NaCl 的方法，因后者有很多优点（如成本較低、电流效率較高、副产氯气等）。

金属钠的主要用途为：在原子能工业中作传热介质，用以制造放射性原素，抗震剂四乙鉛、金属鈦（用于喷气式飞机、艇舰、优质鋼等之制造），并广泛用于染料、制葯、橡胶等工业，制造其他化工产品，如氰化物、过氧化物及醇类等，也需要大量的金属钠。

二、流程叙述及生产操作

1. 固碱的熔化

由貯存仓库运来的固碱，經砸碎后加入熔碱鍋（位号1）进行熔化，温度控制在 400°C 左右，历时两昼夜。使水分蒸发，杂质沉降后便可用碱勺加入电槽内进行电解，两个碱鍋交替熔碱，当一个碱鍋开始熔碱至48小时后，即开始进行第二鍋的熔碱。每鍋碱熔化后可供电槽三日的需要量。熔碱鍋用泥煤进行加热。

2. 熔融碱的电解

熔融的碱液在电槽（位号4）内进行电解，温度控制在 $310\sim 330^{\circ}\text{C}$ （槽上附有水銀温度计），若温度过高可用通风机（位号3）进行通风，温度过低則用木柴或煤火加热至所要求的温度范围。电解所得之金属钠，每隔20~30分钟用小勺舀出放入盛有石油的容器中，至一定量后用小车送至净化厂房进行精制。

3. 金属钠之净化

欲精制之金属钠經称量后，同石油一起放入搪瓷鍋内（位号6）。在电炉（位号5）上加热，温度达 $110\sim 120^{\circ}\text{C}$ 时，金属钠熔化，便停止加热，用搪瓷勺及搪瓷杯将无杂质的熔融金属钠舀出，放入浸没在石油里的模型（位号7）中，使凝固后即用铁夹夹至盛石油的桶中，当达到一定重量后，将桶封好，运至成品仓库中。

精制时分离出之杂质，需加以回收（同净化），至钠含量低至不能再进行回收时，加石油用火点燃进行消化。

净化厂房的石油蒸汽用通风机（位号8）抽出，排至室外大气中。

4. 操作时应特别注意电流效率的提高 具体措施如下：

1) 减少水分。碱鍋中熔融之烧碱須待表面无气泡时才能加入电解槽。取钠之小勺要保持干燥无水分。取钠时要迅速，因钠易吸收空气中的水分。

2) 电解槽温度应严格控制在规定范围内，温度过高时电流效率降低以至于零，温度过低則电解槽内的碱液将凝結。

- 3) 取鈉時間不要相隔太長。
- 4) 鈉的氯化物及取鈉時被電解液凝固包住的鈉粒可與熔化的之雜質合併一起，進行回收。
5. 一年工作日為360天，電解部分每三晝夜停，淨化與熔融鹼部分僅白天生產。
6. 金屬鈉的年產量為13噸，電解槽每二十日檢修一次，每次檢修期限為八小時，每個電解槽的產量為2.55噸/年，每小時的產量為0.295公斤，年生產時間僅為8496小時，槽電流一般為1000安培，可開到1100安培，電壓為4.5~5伏。按1100安培計，陽極電流密度為0.745安培/公分²，陰極電流密度1.15安培/公分²，電流效率約為35%。換鹼液看電解槽操作情況而定。

電解槽數的決定：

每個電解槽的生產能力：

$$0.858 \times 1000 \times 8496 \times 0.35 \times 10^{-6} = 2.55 \text{ 噸/年。}$$

$$\text{電解槽數} = 13 / 2.55 = 5.1$$

採用5個電解槽，備用1個共計6個電解槽。

三、主要原材料消耗定額

序 號	名 稱	規 格	單 位	消 耗 量		備 注
				每公斤產品	年	
1.	產品： 金屬鈉	99.9%	公斤	1	13000	
主要原材料燃料及動力：						
1.	固 鹼	96% 折100%	公斤	2.36	30680	計算直流發電機消耗的交流電量時，應將電動機效率(約85%)及發電機效率(約80%)考慮在內。
			公斤	2.27	29510	
2.	石 油	一 級 品	公斤	0.67		
3.	直流電		度	15.9	266800	
4.	動力電		度	5.11	66528	
5.	泥 煤		公斤	10	130000	

四、開工說明

(一) 開車：

- (1) 將燒鹼在熔鹼鍋內進行熔化至合乎要求。
- (2) 檢查直流發電機轉動是否正常。
- (3) 安裝隔膜網並檢查是否與陰陽極保持一定的距離。
- (4) 联接陰陽極導電線路並進行檢查。將電解槽預先加熱。
- (5) 將熔融好的燒鹼用鹼勺加至電解槽中至要求的液面。
- (6) 各准备工作就緒後，開動電流發電機，先送較小的電流，再逐步調整至電解槽所要求的電流、電壓。

(7) 轉入正常的操作。

(二) 停車：

- (1) 生火加熱電槽，使槽底凝固的燒鹼熔化。
- (2) 將槽內的金屬鈉舀干淨。

- (3) 停直流发电机。
- (4) 将电槽内的碱液放出。
- (5) 拆卸电槽，将阴阳极联接线路卸开。

五、人員表

(单位: 人)

	一 班	二 班	三 班	替 班	共 計
值班工长	1	1	1	1	4
生产工人	1	8	1	1	8
化 驗 工		1			1
电 工		1			1
鉗 工		1			1
共 計	2	9	2	2	15

六、安全技術

用氢氧化钠电解法制造金属钠的生产过程中，操作人员要经常处理固体和熔融的烧碱。因此，安全技术的主要措施为预防操作人员被烧碱和金属钠灼伤，以及在主要生产设备操作不正常或操作不小心时可能发生的事故。故采取下列措施：

(一) 金属钠部分

1. 金属钠对皮肤具有强烈的侵蚀性，切不可用手直接接触。
2. 金属钠遇水即发生火花。当有火警时，用砂土或石棉布扑盖，切不可用水和泡沫灭火机。
3. 生产厂房严禁有水的存在。
4. 工作人员在操作时需着工作服、戴眼镜、手套及防护面具。
5. 在净化厂房绝对禁止发生直接火焰，不许吸烟或用电焊。
6. 生产厂房内不应储存多于一昼夜生产量的金属钠。

(二) 熔融烧碱部分

1. 操作人员需着工作服等(同金属钠部分的规定)。
2. 砸碎烧碱时用铁鎚轻敲桶皮，将桶内烧碱震碎为止，防止飞跳。移取固碱时用铁鏟或铁钳钳取，勿用手直接接触。
3. 熔融时需冷锅中加烧碱块，勿在热锅中加冷烧碱块，舀熔融碱的碱桶一定要遵守“热碱对热容器及工具，冷碱对冷容器及工具的规定”。
4. 热碱锅内不可渗入或溅入水，否则有强烈的爆溅以致伤人。

七、建廠条件

1. 原材料及产品的规格成分

烧碱根据部颁标准为：

NaOH——不小于96%；

Na₂CO₃——不大于2%；

铁、铝、锰等氧化物——不大于0.03%；

氯化鈉——不大于1.5%。

以上为苛化烧碱的规格，如用隔膜电解烧碱，则因NaOH含量较高，电解槽更换碱液更加频繁。

金属鈉：

金属鈉	99.9%以上	氮化合物	0.002%以下
氯根	0.003%以下	重金屬	0.001%以下
磷酸根	0.002%以下	鉄	0.001%以下

2. 施工力量的要求 施工力量，按一般技术水平即可无甚特殊要求。

3. 操作人員的要求 操作人員在开工前要进行培訓，最好到现有的金属鈉生产厂实习，掌握各项操作与生产过程中需知的安全技术知識，在操作过程中主要的是电解槽的操作，最要注意的事项如下：

- 1) 提高电流效率，使鈉的产量提高(方法如前所述)。
- 2) 維持电解槽的操作正常，要按期的修槽与換碱。
- 3) 經常检查碱液面是否凝固，要使阳极所生的氯气能充分逸出。
4. 建厂需要的时间为一个半月，生产部分占地面积为115米²。

八、分 析

(一) 分析項目 原料烧碱及成品金属鈉。

(二) 分析方法及計算方法

1. 烧碱：

所采用的試剂为：盐酸、酚酞、氯化鋁，不需CO₂的蒸餾水。将取到的样品除去其表面变质的一层，迅速称取40克样品，精确度达到0.01克，装入一立升的容量瓶中，以新煮不含碳酸气的蒸餾水溶解之，俟冷却后，加蒸餾水稀释至刻度。

用移液管在容量瓶中取50毫升的溶液注入200~300毫升的錐形瓶中，再加入10%氯化鋁溶液20毫升，然后加二、三滴酚酞作指示剂，以1N盐酸滴定至終点。

用下式計算：

$$\text{氢氧化鈉含量} = 80 \cdot V / G$$

式中：V——表示滴定用1N盐酸量，以毫升計；

G——表示制备溶液所用烧碱样品重量，以克計。

2. 金属鈉：

所采用的試剂为：乙醇、盐酸、甲基橙，不含CO₂的蒸餾水。

将取得的金属鈉样品，用純汽油洗滌后用濾紙吸干，从鈉块中間迅速切取25克以备檢定之用。試样块置于事先装有純汽油且已知重量的称瓶中称之(精确度至0.001克)。

于磁瓶中倒入60毫升乙醇，用小鋏从称瓶內取出鈉块，用濾紙吸去汽油后置此杯中。杯用表玻璃盖住。于磁杯中加40毫升不含CO₂之水后，将此液移入1立升的容量瓶中。用水冲洗磁杯与表玻璃，洗液并入容量瓶中，加水使达到刻度数，振搖混合之。

用移液管从容量瓶中吸取25毫升溶液以0.1N盐酸液滴定之，用甲基橙为指示剂。

$$\text{金属鈉含量的百分数} = 0.2 V / G$$

式中：V——表示滴定用去之0.1N盐酸液数量，以毫升計；

G——表示試样重量，以克計。

(三) 分析用的仪器

1 立升的容量瓶、称量瓶、烧杯、锥形瓶、滴定管。

(四) 分析所用药品的配制

1. 酚酞的配制：取0.1克的酚酞溶于100毫升70%的乙醇中，保存在小滴瓶中。
2. 甲基橙的配制：取0.05克的甲基橙溶于100毫升的水中，装入小滴瓶中应用。

九、設 备 表

序 号	名 称 及 详 细 规 格	計 算 单 位	数 量	材 料	重 量 (公斤)	
					单 重	总 重
1	熔碱鍋——平頂圓底，直径1000毫米，高度600毫米	台	2	鑄鉄	410	820
2	直流变电机——型号 DCM-410 型，电流550 安培，电压30 伏，轉数 1450轉/分，所附电动机型号 GDO型，功率30馬力，电压220伏	台	2		1200	2400
3	通风机——CTⅡ型，风量 1100米 ³ /时，全风压 110 毫米水柱，所附电机 A41-6型，功率 1 仟瓦，轉数970 轉/分	台	1		94	94
4	电解槽——直径500毫米，高度385毫米	台	6	鋼	132	792
5	电 爐——电容量15千瓦，电压220伏	台	2			
6	净化鍋——直径300毫米，高度200毫米，容积0.141米 ³	台	4	搪瓷		
7	成型槽——槽长700公厘，宽410公厘，高60公厘	台	2			
8	通风机——CTⅡ型，风量1300米 ³ /时，全风压50.9毫米水柱，电动机A41-4型，功率1.7千瓦，轉数1450轉/分	台	1		94	94
9	台秤——称量100公斤	台	1		22	22

十、車間投資估算

序 号	主 要 設 备 名 称	規 格	台 数	单位价格(元)	总价值(元)
1	熔碱鍋	直径1000毫米，高度600毫米	2	420	840
2	直流发电机	电流550安培，电压30伏，DCM-410型	2	2400	4800
		附电机GDO型，30馬力	2	1320	2640
3	通风机	CTⅡ型，风量1100米 ³ /时，风压 110 毫米水柱	1	146	146
		附电动机A41-6型，功率 1 仟瓦	1	162	162
4	电解槽	直径500毫米，高度385毫米	6	686	4116
5	电 爐	电压220伏，电容量15仟瓦	2	20	40
6	净化鍋	直径300毫米，高度200毫米	4	8	32
7	型 槽	槽外形长700毫米，高60毫米	2	15	30
8	通风机	CTⅡ型，风量1300米 ³ /时，风压50.9毫米水柱	1	146	146
		附电动机A41-4型，功率1.7仟瓦	1	162	162
9	台 秤	称量 100 公斤	1	54	54
10	设备原价合計				13168
11	设备安装費				300
12	设备費	为设备原价的3%			394
13	序号1~12合計				13862
14	車間厂房(估計)	每平方米按12元計			380
15	电气部分				1500
16	估算总价值				15742

3. 1N 盐酸的配制(按1000毫升计)。

用量筒量取81毫升化学纯的盐酸(比重1.19)倒入盛有500毫升水的烧杯中混匀倒入1000毫升的容量瓶中,加水到1000毫升混匀保存应用。

0.1N 盐酸的配制与此法同,取8.1毫升的化学纯盐酸进行配制。

配制好的盐酸用 Na_2CO_3 基准物质进行标定。

4. 10% BaCl_2 溶液的配制:可根据 BaCl_2 固体和水之比进行配制,称取10克的 BaCl_2 溶于100毫升的蒸馏水即可。

十一、单位产品成本计算表

(以北京西四化工厂实际成本作参考)

产品名称: 金属钠

规格: 99.9%

计量单位: 公斤

序号	成本项目	单位成本(元)	成本项目	计量单位	单位用量	金额(元)
1	原料及主要材料	1.48	原料及主要材料			
2	辅助材料	0.80	固碱	公斤	2.36	1.48
3	工艺过程用的燃料	0.10	辅助材料			
4	工艺技术过程用动力	1.99	1. 石油	公斤	0.67	0.50
5	生产工人工资	0.82	2. 铁桶			0.20
6	生产工人工资附加费	0.15	工艺过程用的燃料			
7	车间经费	2.36	泥煤	公斤	10	0.10
8	企业管理费	0.72				
9	工厂成本	8.42				
10	全部成本	8.42				

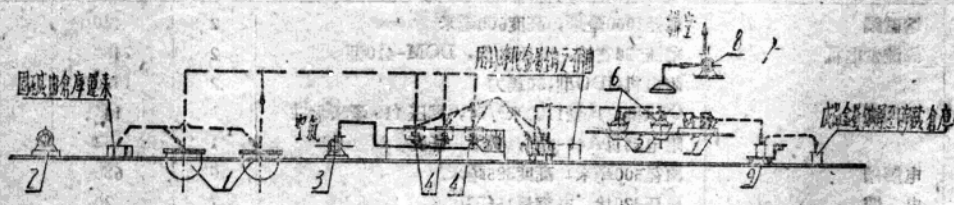


图 1 工艺生产流程图

1—熔碱锅; 2—直流发电机; 3—通风机; 4—电解槽; 5—电槽; 6—净化锅; 7—成型槽;
8—通风机; 9—磅秤。

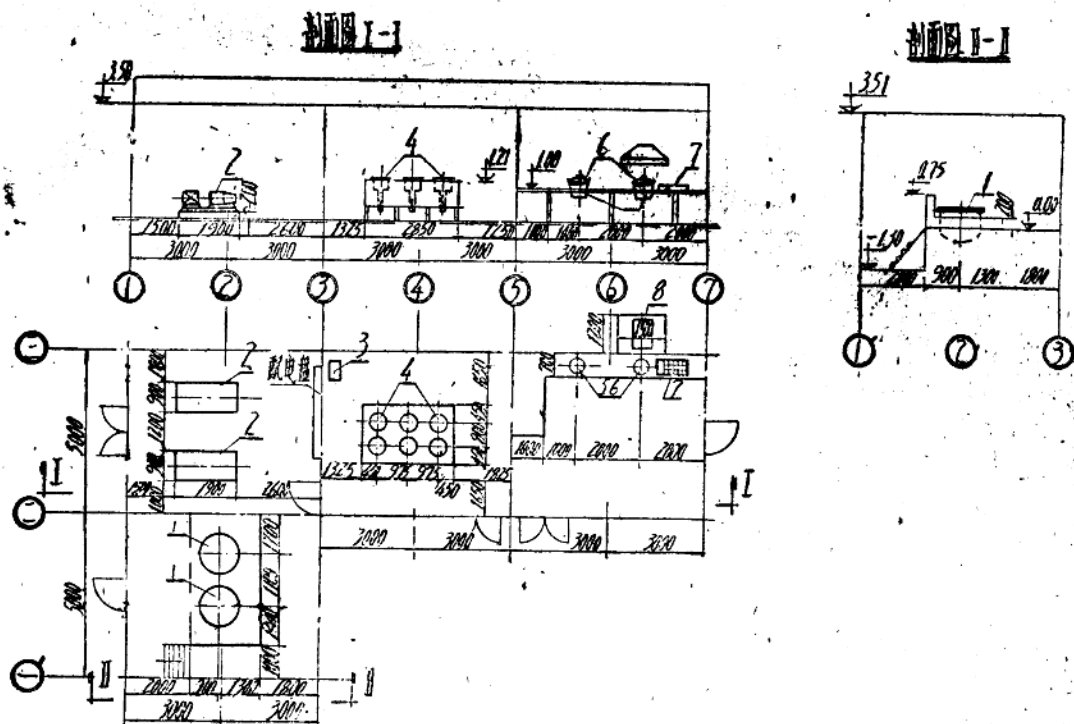
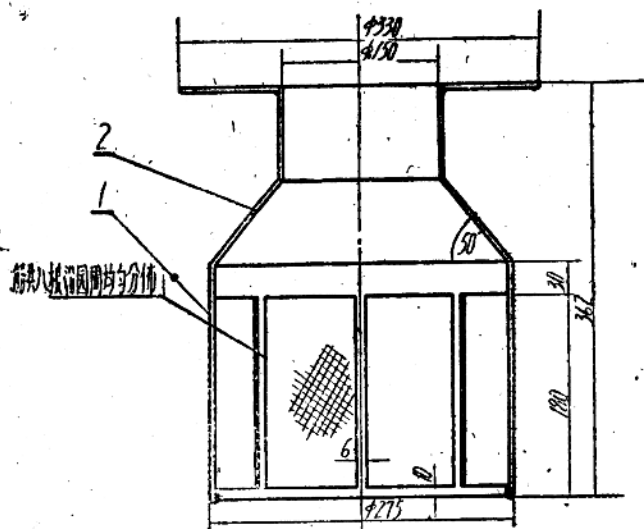


图 2 工艺生产设备布置图

1—熔碱锅；2—直流发电机；3—通风机；4—电解槽；5—电炉；6—净化锅；
7—成型槽；8—通风机。

- 注：1. 通风机(位号 8)之安装高度在施工时按通风管之高度再决定。
2. 通风机(位号 3)在厂房内之位置及通风管道施工时决定。
3. 熔碱厂房东部无墙。
4. 熔碱锅与电炉之烟囱方位高度由施工现场决定。
5. 由直流发电机至电解槽之铜导板及其回路数设于地沟内，方位、深度、宽度皆由施工现场决定。

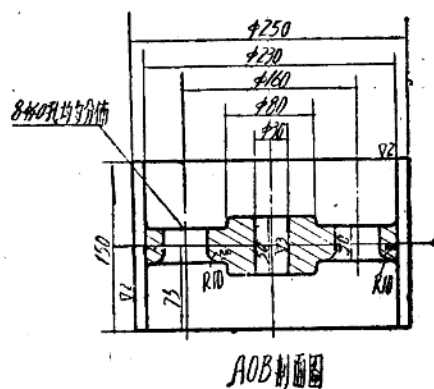
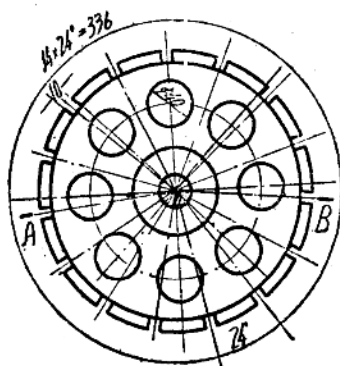


(1) 隔膜罩

技术要求

1. 鉄絲網之鉄絲不得有鍍鋅等的保护层。
2. 鉄絲網与鈉收集罩的联结上下两端系用鉄絲纏繞，鉄絲直径1毫米。
3. 鉄絲網必須平滑紧贴于鈉收集罩上。

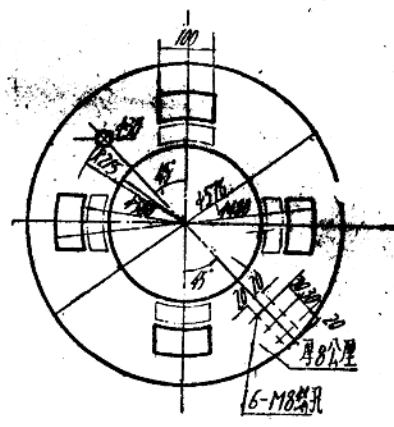
序号	名 称	鋼丸3
		軟 鋼
1	方孔平漏綫网 (每吋40目)	



(2) 陰極

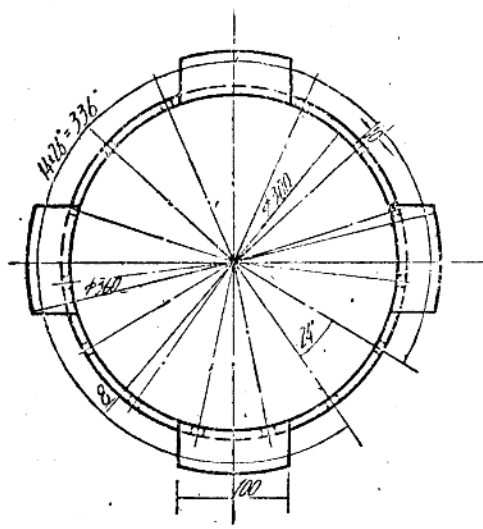
技术要求

本号件可用鑄鋼或鋼板焊接制成

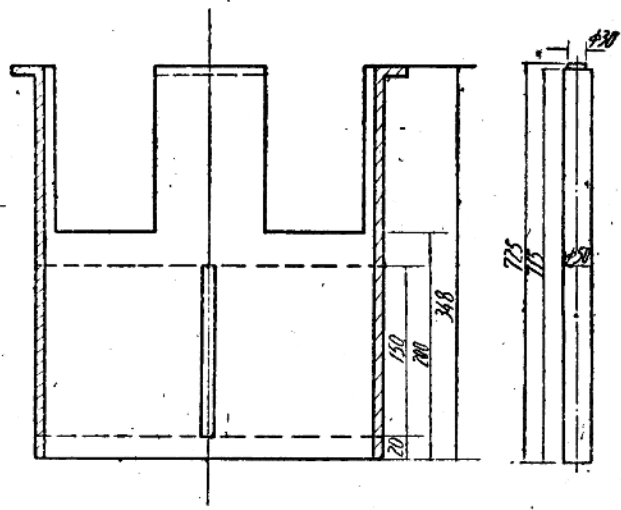


注：图中点线表示阳极固定位置

(3) 盖



(4) 阳极

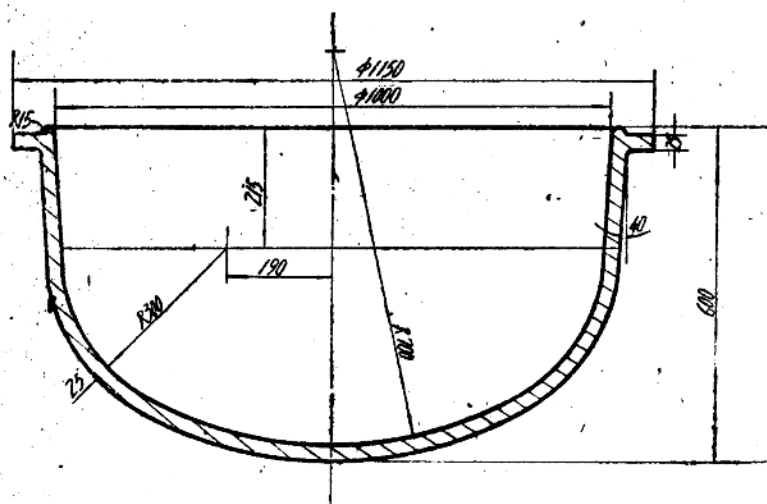


(5) 阴极棒

图 4 立式隔膜电解槽分图(包括五个图)

技 术 要 求

阳极内圆弧表面必须是圆形，椭圆度不得大于2毫米。



技术要求

鑄件不得有裂紋

鑄鐵材料成分

C: 3~3.3%

Si: 1.25~1.75%

Mn: 0.4~0.9%

P: 0.15~0.3%

S: 0.05~0.1%

其余为Fe

图5 熔碱鍋

附注: 本熔碱鍋所需鍋蓋由現場自行制作

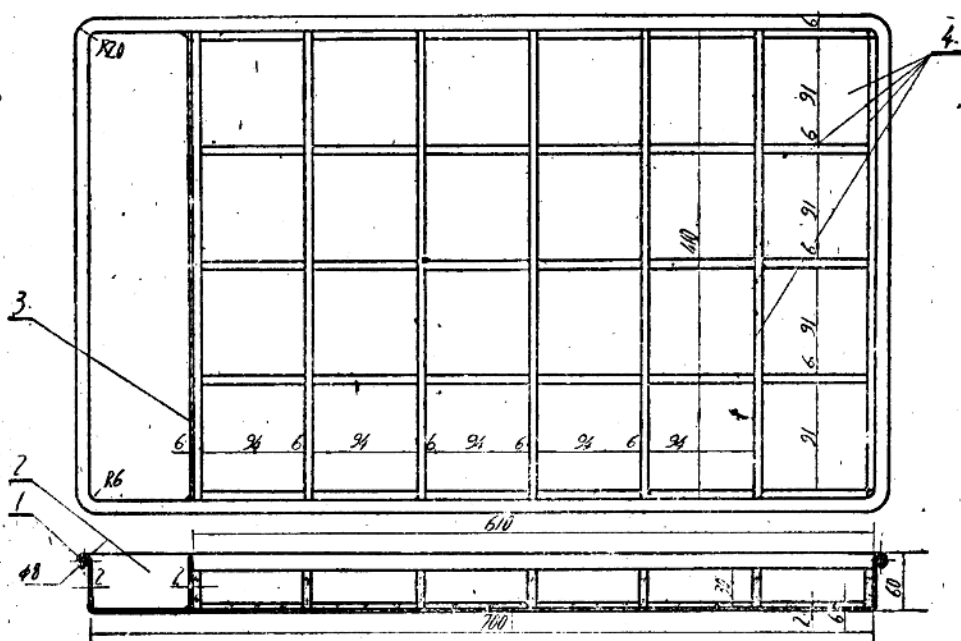


图6 金屬鈉成型模

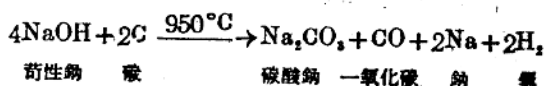
4	玻璃板 $\delta=6$		玻璃	各件尺寸詳本图
3	隔板 $\delta=2$	1	鋼光3	
2	槽体 $\delta=2$	1	鋼光3	
1	元鋼 $\phi 8$	1	鋼光3	L=1800
序号	名 称	数量	材 料	备 注

II、年产3吨还原法制金属钠通用设计

一、概 論

金属钠主要应用在有色金属提炼、人造橡胶、石油以及医药等工业中，是不可缺少的原料。

目前金属钠的生产多采用电解法，但在电源不足或缺乏的条件下应用电解法制钠即发生困难。为了适应这种情况，本设计以氢氧化钠还原方法制得金属钠。其生产原理为用碳与苛性钠反应而得金属钠。其反应式如下：



此种方法生产的特点为投资少，材料简单，利用青砖、火砖、石灰砌成的加热炉，放进一个铁制反应筒即可进行生产，不需要直流发电机即可生产，便利遍地开花。

金属钠遇水即起猛烈的反应，而生成苛性钠及氢气，它在空气中亦立即被氧化而燃烧，因此，必须貯存在石油中。

• 本设计之金属钠年产量为三吨。

产品规格：金属钠含量98.5%。

金属钠的反应缶由于受高温的影响，故很易烧坏，因此在生产时应经常有四至五个备品准备更换。

本产品生产之建筑为单层砖砌建筑物，占地面积为169.6公尺²。

二、流程简述

本生产之主要原料为木炭粉和苛性钠。

先将木炭粉在加热炉(位号1)上之炭粉烘焙锅(位号2)中烘焙30~60分钟以除去其中之水分，同时再将称过重之苛性钠放入苛性钠熔融锅(位号3)中开动鼓风机(位号5)升高炉温以使其熔化脱水，约4~5小时，然后将两种物质皆加入反应缶(位号4)中，加热使其反应，反应后产生的金属钠蒸气，通过反应缶支管之冷却即成液体状态流入玻璃瓶(位号6)之石油中，使冷却变为固体粗制金属钠。然后将固体粗制金属钠放在盛有石油之精制锅(位号11)中，将炭粉烘焙锅取下并将精制锅放在炭粉烘焙锅的位置处进行加热，以使其杂质分离。将分离后之金属钠取出倒入模型中即为成品。

反应过程中生成的氢气及一氧化碳气通过一油封瓶(位号7)而将气体压入在下口瓶(位号8)中，同时将与共相连接的另一下口瓶连接管打开使瓶(位号8)中之油利用反应气体之压力压入另一下口瓶中(位号9)，当瓶(位号8)中之油被压尽后即将通入该瓶之气体管活门关闭，同时打开放空管活门，以使其排入大气。

当反应終了或中途反应停止时，无气体排出，温度下降，有自排气吸气情况时，即可关闭其排入大气之活门，而打开通下口瓶之活门以调节反应缶(位号4)内之压力，以避免空气被吸入而发生爆炸或使其中之金属钠被氧化。

反应完毕后应进行排渣，其方法是将反应缶(位号4)下部之出液口盖打开，并用一铁溜子由炉外经过炉门伸入炉内将熔融渣子放出。

排渣完毕后，加盖，重新加入新料进行反应。

三、主要原材料消耗定额

序号	名 称	规 格	单 位	消 耗 量			
				每吨产品	小 时	星 夜	年
1. 1. 1. 1.	苛性碱	95%	吨	9.27	0.033	0.794	27.8
	木炭粉	一般	吨	1.85	0.0066	0.159	5.56
	电	380/220伏	仟瓦小时	2090	0.746	17.9	6270
	煤	热值5000大卡/公斤	吨	250	0.0893	2.14	750

四、人 员 表

序号	职 别	每 班 人 数			共 计
		一 班	二 班	三 班	
	司 爐 工	3	3	3	9
	出 炉 及 加 料 工	3	3	3	9
	分 析 工		1		1
	精 制 工		1		1
	香 班				3
	共 计				23

五、操作班次及年工作日

本生产之年工作日为350天，以三班操作，每班八小时。

六、因地制宜说明

根据各地特点可将以下条件进行更改：

1. 在少雨、气温较高及风力小的地区可将厂房更改为木制或竹制简易建筑物。
2. 在地下水较高的地区，可将整个炉体提高，并将地下烟道移置地上。
3. 反应缶为鑄铁制成，如当地对钢板加工有条件时可更改为钢板焊接制成较为耐久。
4. 加热炉可改为碎石砖砌制，内部用青灰嵌里。
5. 在人力条件充裕的地方或无电源的地方可将鼓风机改为风箱。
6. 在木炭缺乏的地方可改为焦炭粉代替之。