

Plant Practice and Analysis of Magnesium Reduction Cell Technologies in China

Baowei Jiang, Zengxin Cai

Zunbao Titanium Co., Ltd., Zunyi
Email: jbw0553@vip.sina.com

Received: Jul. 17th, 2014; revised: Aug. 15th, 2014; accepted: Sep. 1st, 2014

Copyright © 2014 by authors and Hans Publishers Inc.
This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).
<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

Abstract

With the rapid development of China's titanium sponge industry, the importance of magnesium electrolysis has been realized in the titanium industry, many enterprises have introduced the different magnesium reduction cell technology to match with sponge titanium production. The paper, based on the practical application of several magnesium reduction cell technologies introduced by the enterprises in China, carried on detailed comparative analysis of these technologies according to the design index of each magnesium reduction cell technology, expounded the advancement of multi electrode magnesium reduction cell technology, which stated the direction of magnesium electrolysis technology in China.

Keywords

Magnesium Reduction Cell, Technology, Plant Practice, Analysis

我国镁电解槽技术的生产 实践与分析

姜宝伟, 蔡增新

遵宝钛业有限公司, 遵义
Email: jbw0553@vip.sina.com

收稿日期: 2014年7月17日; 修回日期: 2014年8月15日; 录用日期: 2014年9月1日

摘要

随着我国海绵钛产业的快速发展，镁电解在全流程海绵钛生产工艺中的重要性已成业内共识，多家企业相继引进了不同的镁电解槽技术来配套海绵钛生产。本文以国内引进的几种镁电解槽技术在相关企业的实际应用情况为依据，结合每种槽型技术的设计指标进行了详细的对比和分析，阐述了镁电解多极槽技术的先进性，为我国今后镁电解技术的选择明确了方向。

关键词

镁电解槽，技术，生产实践，分析

1. 引言

海绵钛是用于生产金属纯钛、合金钛的主要原料，因其具有耐腐蚀、比强度高、热导和电导低等优良特性，被广泛用于航空航天、舰船、兵器、化工、石油、电力、医疗、体育等领域。有关专家对钛从价值、资源寿命和发展前景评估，钛已成为继铁、铝之后，正在崛起的“第三金属”。特别是钛作为卫星、火箭、导弹、飞机、核潜艇和核电站上的关键材料有不可替代的作用，又誉为“二十一世纪战略金属”。

我国海绵钛工业发展起步于上世纪 60 年代末，至 2004 年我国仅有 2 家海绵钛生产企业，即遵义钛厂和抚顺铝厂的钛分厂，年产量总计约 2000 吨。2004 年末国内海绵钛需求逐步增加，2005 年价格已从 5~6 万元/吨，涨到 20~30 万元/吨，产能翻了 60 倍以上。2005~2008 年，国内由原两家扩张到三四十家，海绵钛企业遍地开花、产能突飞猛进，形成年产 15~20 万吨规模。在这近 10 年的期间内，海绵钛行业经历了两次扩张和一次洗牌，至 2013 年末国内海绵钛企业只剩约 20 家，均处于产能严重过剩、市场与成本倒挂状态。如何及时、有效、合理地消耗掉海绵钛生产过程中产生的大量副产品氯化镁并降低海绵钛生产成本，已引起了海绵钛生产企业的高度重视，一些企业纷纷寻求引进镁电解技术或盲目的实施镁电解技术。由于很多企业对镁电解工艺技术的缺乏了解，因此，不同的镁电解技术在国内不同企业得到了引进和实施。

本文首先论述了镁电解在海绵钛生产工艺中的重要性，进而以国内引进的几种镁电解槽技术在相关企业的实际应用情况为依据，结合每种槽型技术的设计指标进行了详细的对比和分析，归纳总结了镁电解多极槽技术的先进性，为我国今后镁电解技术的选择明确了方向。

2. 镁电解在海绵钛生产工艺中的重要性

我国镁电解技术的开发与工业应用起步较晚，技术来源和技术依托为前苏联。由前苏联援建中国的 156 个项目之一的原有隔板镁电解槽技术之后，于 80 年代末抚顺铝厂花巨资引进了前苏联的 105 KA 大型无隔板镁电解槽技术并进行了推广，至今国内有的企业仍采用该技术配套海绵钛生产[1]。当前，全球海绵钛生产工艺均采用克劳尔法即镁热还原法(见图 1)，镁电解工序是实现海绵钛全流程中氯-镁循环的关键(吨海绵钛消耗金属镁 1.05~1.15 吨、氯气 4.6~5.2 吨)，且电解金属镁经济技术指标与电解氯气浓度对海绵钛生产中的氯化工序及海绵钛的最终成本和环保治理影响极大[2]。

3. 我国海绵钛生产工艺中几种镁电解槽技术的对比分析

我国海绵钛生产工艺中的镁电解工序是将还蒸过程产出的 $MgCl_2$ 电解生产金属镁和氯气，实现了海

海绵钛生产的镁氯循环,降低了海绵钛生产成本。自 2007 年以来,各种镁电解技术在我国得到了引进和实
施,至目前我国海绵钛生产工艺中配套的镁电解技术基本涵盖了世界各种镁电解槽型技术,有 110 KA
无隔板电解槽、200 KA 流水线电解槽、90~165 KA 多极槽。

3.1. 几种镁电解槽型技术设计指标的对比分析

近十年来海绵钛产业在我国得到了迅猛发展,全流程海绵钛生产工艺中必配的镁电解工序也得到了
广泛的应用,因此,几种镁电解槽型技术在相关海绵钛企业不同时期进行了引进、推广应用和实
施,其设计指标如表 1 所示。

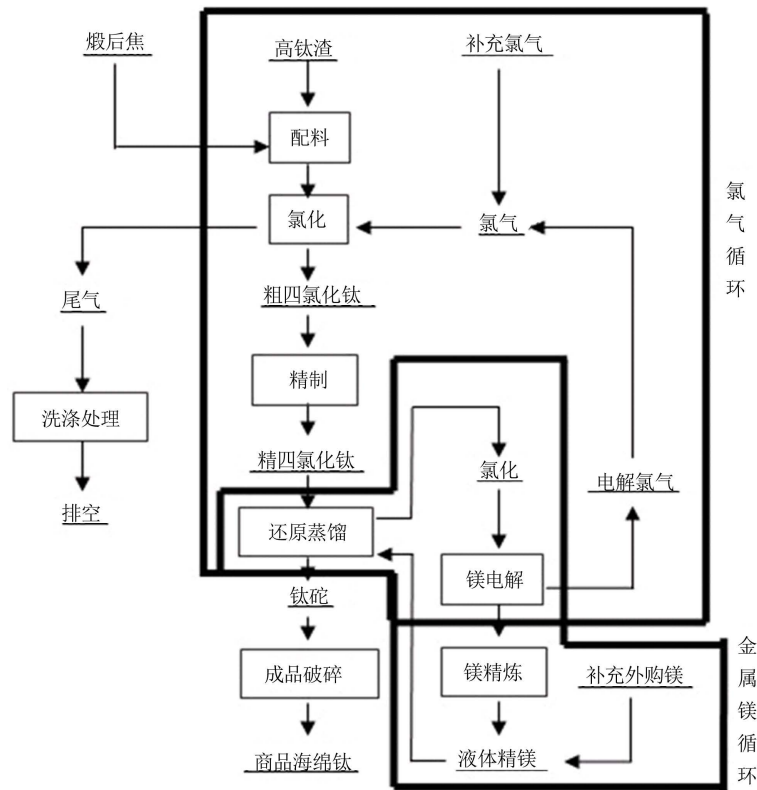


Figure 1. Flow diagram of titanium sponge production process

图 1. 海绵钛生产工艺流程图

Table 1. Comparison of design index of several magnesium reduction cell technologies [3]

表 1. 几种镁电解槽型技术设计指标对比[3]

槽型 指标	110 KA 无隔板槽	175 KA 无隔板槽	200 KA 流水线槽	90~165 KA 多极槽
单槽产能(t·Mg/d)	0.933	1.525	1.743	3.65
直流电耗(kwh/t·Mg)	14,500	13,250	12,400	10,500
电流效率(%)	78	80	80	80
氯气回收率(t/t·Mg)	2.75	2.8	2.8	2.9
氯气回收浓度(%)	80	89	90	95
电解镁纯度(wt%)	98.5	98.5	98.5	99.95

由表 1 可以看出, 90~165 KA 多极槽各项指标最优, 具体体现在:

- 单槽产能大

各槽型的体积基本相似, 尺寸范围大约都在(长)5/7 m × (宽)4 m × (高)4 m 左右。

- 电耗低

90~165 KA 多极槽不仅直流电耗低, 且电解槽产出的镁纯度高, 可以直接作为钛还原剂, 无需精炼, 可节约精炼电耗约 1000 kwh/t·Mg。其他三种槽型电解槽产出的是粗镁, 需要进行精炼过程。

- 氯气回收率高

随着镁电解生产的进行, 电解槽中将不断地产出金属镁和氯气。理论上讲, 每生产 1 t 镁, 将产出 2.958 t 的氯气, 但实际生产仅能回收 2.75~2.9 t, 主要的损失途径为被卫生排气带走后被碱液中和或散入空气中这两部分。电解槽中产生的氯气需及时地被氯压机所产生的负压抽走, 否则将严重影响环境。

- 氯气回收浓度高

90~165 KA 多极槽在槽盖与槽体、阳极与槽体之间采用了严格的密封技术, 以防止液镁氧化和氯气外溢, 并由此减除了其它三种槽型必配的卫生排气系统。

- 电解镁纯度高

90~165 KA 多极槽不仅密封性能好, 而且电解温度低, 因此产出的金属镁杂质含量低。

3.2. 几种镁电解槽型技术在我国海绵钛企业的实际应用情况

自 2007 年 1 月起, 遵义钛业万吨海绵钛扩建工程指挥部成立, 标志着全流程海绵钛企业对镁电解技术引进的开始。随后河南双瑞万基钛业、攀钢钛业等企业陆续开始引进、实施镁电解技术。下面对各种镁电解槽型技术在我国海绵钛企业的实际应用情况简介如下。

3.2.1. 110 KA 无隔板电解槽

该槽型技术来源于原抚顺铝厂引进的前苏联 105 KA 无隔板电解槽技术, 经贵阳铝镁设计院略做改进设计而成。该槽型技术自 2001 年起应用于遵义钛业配套海绵钛生产至今, 虽未完全达到设计指标, 主要表现在能耗和氯气回收浓度指标上, 但该技术仍具有成熟性、完整性、操作粗放、对氯化镁原料质量要求不高、电解槽材料无需进口等优点。

3.2.2. 175 KA 无隔板电解槽

遵义钛业万吨海绵钛扩建工程指挥部成立之初, 对具有合法引进途径的乌克兰镁电解技术“175 KA 无隔板电解槽”和“200 KA 流水线电解槽”进行了论证和选择, 确定了引进 175 KA 无隔板镁电解槽技术, 并与乌克兰国立钛研究设计院进行了一系列的技术交流, 正意欲实施之际, 找到了更为先进的多极槽技术引进途径, 因此, 175 KA 无隔板镁电解槽技术在我国没有得到应用。该槽型技术是前苏联上世纪 80 年代开发应用的电解法制镁技术, 目前仍配套应用于乌克兰、独联体海绵钛生产企业。该技术是在原 105 KA 无隔板镁电解槽技术的基础上大型化创新的具体体现, 其各项指标略优于原技术以及我国的 110 KA 无隔板镁电解槽技术。

3.2.3. 200 KA 流水线电解槽

攀钢钛业和金川钛业引进的是乌克兰 200 KA 流水线电解槽技术。该项技术经过两家企业几年的建设与试生产, 效果极不理想。金川钛业现已将其改为 90~165 KA 多极槽, 正在实施中。攀钢钛业运行槽台数较少, 实际指标与设计指标差距较大, 尚在攻关中, 未实现成功应用。

3.2.4. 90~165 KA 多极槽

在上世纪 80 年代, 90~165 KA 多极槽即已广泛应用于美国、日本等海绵钛企业。由于西方发达国家

对我国长期的技术封锁,该项技术时至 2007 年才得以引进。我国全流程海绵钛企业配套该项技术的最多,如:遵宝钛业、双瑞万基钛业、新宇化工、云南新立、唐山天赫、抚顺钛业等。该项技术在我国已经实现了消化、吸收、提高与再创新,目前遵宝钛业、双瑞万基钛业的镁电解仍满负荷配套其海绵钛生产,唐山天赫也在加速启动电解槽台数。在当今激烈的海绵钛市场竞争中,采用该技术配套生产的全流程海绵钛企业是市场竞争的主体,也是今后能否生存与发展的关键,采用该项技术的重要性得以突显。

4. 镁电解多极槽技术的先进性

在镁电解工艺过程中,电解槽是核心设备。镁电解的技术水平主要取决于镁电解槽的技术水平。体现镁电解槽技术水平的主要技术指标是单位产品能耗低、单槽产能大、产品回收率高、产品质量好及环保指标好。国际上镁电解槽的设计都是朝着电解槽大型化、大电流方向发展,并在结构上不断优化改进。目前国际上具有代表性的镁电解槽按照阴阳极的结构分为单极槽和多极槽。多极槽是指在阳极和阴极之间还设有数个呈双极性的导电电极,以增加电解面积和提高电解能力。与单极槽相比,多极槽具有更高的电解效率、单槽(同等大小)产出率、设备利用率和产品质量高等优点。我国目前使用的 110 KA 无隔板电解槽和 200 KA 流水线电解槽均属单极槽。

从上述指标对比分析和实际应用情况得到证明,多极槽明显具有单槽产能大、能耗低、镁和氯气纯度高、回收率高、电流强度可调节幅度大等优点,是当今世界上最为先进的镁电解技术。

5. 结语

以上从三个方面对我国海绵钛生产工艺中配套的几种镁电解槽技术做了对比分析。生产实践证明:采用 90~165 KA 多极槽技术,可以高效、节能、安全、环保地生产优质电解金属镁供还蒸工序使用[4]。该项技术在我国的成功应用,极大地提高了我国海绵钛尤其是镁电解工艺技术及装备水平,同时也为我国海绵钛企业今后选择配套镁电解技术明确了方向。如何实现多极槽技术的进一步提高与再创新,还需要我们每一名镁电解工作者去努力研究和探索,以获得更好的电解指标,实现经济价值和技术进步。

参考文献 (References)

- [1] 苏联许可证设备 (1987) 无隔板电解槽(抚顺铝厂内部资料).
- [2] (2009) 国际科技合作项目申报材料(遵宝钛业有限公司内部资料).
- [3] (2007-2014) 各种镁电解槽型技术资料(遵义钛业股份有限公司内部资料).
- [4] 姜宝伟 (2011) 海绵钛生产工艺中多极性镁电解槽技术应用研究. *轻金属*, 8, 59-61.