



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 118043498 A

(43) 申请公布日 2024. 05. 14

(21) 申请号 202280065689.9

(22) 申请日 2022.09.29

(30) 优先权数据

2021-162867 2021.10.01 JP

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2024.03.28

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/JP2022/036409 2022.09.29

(87) PCT国际申请的公布数据

W02023/054576 JA 2023.04.06

(71) 申请人 株式会社德山

地址 日本山口县

(72) 发明人 田中康行

(74) 专利代理机构 北京林达刘知识产权代理事务所(普通合伙) 11277

专利代理师 刘新宇 岳红杰

(51) Int.Cl.

C25B 9/00 (2021.01)

C25B 1/04 (2021.01)

C25B 9/63 (2021.01)

C25B 13/02 (2006.01)

C25B 13/04 (2021.01)

C25B 13/05 (2021.01)

C25B 15/00 (2006.01)

F16J 15/06 (2006.01)

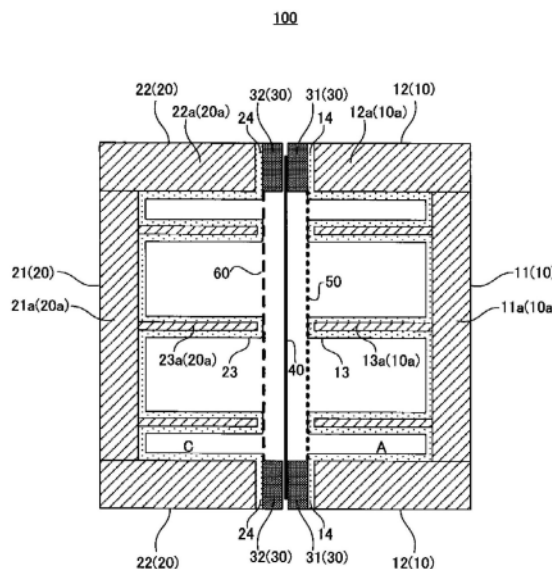
权利要求书2页 说明书18页 附图5页

(54) 发明名称

电解槽

(57) 摘要

一种碱性水电解槽,具备:第1框体,其具备导电性的第1分隔壁和具有第1垫片接触面的第1凸缘部,该第1框体划分出阳极室;第2框体,其具备导电性的第2分隔壁和第2凸缘部,该第2框体划分出阴极室;隔膜,其配置于第1框体与第2框体之间,将阳极室和阴极室划分开;垫片,其被夹持于第1凸缘部与第2凸缘部之间,该垫片保持隔膜;阳极,其配置于阳极室内;以及阴极,其配置于阴极室内,垫片具备第1垫片要素和第2垫片要素,第1框体具备在第1垫片接触面暴露地设置的、厚度 $27\mu\text{m}$ 以上的第1镀镍层,第1垫片接触面的表面粗糙度作为算术平均粗糙度Ra而为 $10\mu\text{m}$ 以下。



1. 一种碱性水电解槽,其中,  
该碱性水电解槽具备:  
第1框体,其具备导电性的第1分隔壁和设于该第1分隔壁的外周部的第1凸缘部,该第1框体划分出阳极室;  
第2框体,其具备导电性的第2分隔壁和设于该第2分隔壁的外周部的第2凸缘部,该第2框体划分出阴极室;  
离子透过性的隔膜,其配置于所述第1框体与所述第2框体之间,将所述阳极室和所述阴极室划分开;  
垫片,其被夹持于所述第1框体的第1凸缘部与所述第2框体的第2凸缘部之间,该垫片保持所述隔膜;  
阳极,其配置于所述阳极室内,与所述第1分隔壁电连接;以及  
阴极,其配置于所述阴极室内,与所述第2分隔壁电连接,  
所述垫片具备与所述第1凸缘部和所述隔膜相接触的第1垫片要素以及与所述第2凸缘部和所述隔膜相接触的第2垫片要素,  
所述第1凸缘部具备与所述第1垫片要素相接触的第1垫片接触面,  
所述第1框体具备在所述第1凸缘部的所述第1垫片接触面暴露地设有的、厚度 $27\mu\text{m}$ 以上的第1镀镍层,  
所述第1垫片接触面的表面粗糙度作为算术平均粗糙度 $R_a$ 而为 $10\mu\text{m}$ 以下。
2. 根据权利要求1所述的碱性水电解槽,其中,  
所述第1垫片接触面的表面粗糙度作为最大高度 $R_z$ 而为 $40\mu\text{m}$ 以下。
3. 根据权利要求1或2所述的碱性水电解槽,其中,  
所述第1镀镍层为化学镀镍层。
4. 根据权利要求1或2所述的碱性水电解槽,其中,  
所述第1框体包括至少一个钢制的第1芯材和设于所述第1芯材的表面的所述第1镀镍层。
5. 根据权利要求1或2所述的碱性水电解槽,其中,  
所述第1镀镍层连续地设于所述第1垫片接触面和所述第1框体的面向所述阳极室的表面。
6. 根据权利要求1或2所述的碱性水电解槽,其中,  
所述第1镀镍层的厚度为 $30\sim 100\mu\text{m}$ 。
7. 根据权利要求1或2所述的碱性水电解槽,其中,  
所述第1框体还具备从所述第1分隔壁向所述阳极室突出地设置并且支承所述阳极的导电性的支承构件。
8. 根据权利要求1或2所述的碱性水电解槽,其中,  
所述第2凸缘部具备与所述第2垫片要素相接触的第2垫片接触面,  
所述第2框体具备在所述第2凸缘部的所述第2垫片接触面暴露地设有的、厚度 $27\mu\text{m}$ 以上的第2镀镍层,所述第2垫片接触面的表面粗糙度作为算术平均粗糙度 $R_a$ 而为 $10\mu\text{m}$ 以下。
9. 根据权利要求8所述的碱性水电解槽,其中,  
所述第2垫片接触面的表面粗糙度作为最大高度 $R_z$ 而为 $40\mu\text{m}$ 以下。

10. 根据权利要求8所述的碱性水电解槽,其中,所述第2镀镍层为化学镀镍层。
11. 根据权利要求8所述的碱性水电解槽,其中,所述第2框体包括至少一个钢制的第2芯材和设于所述第2芯材的表面的所述第2镀镍层。
12. 根据权利要求8所述的碱性水电解槽,其中,所述第2镀镍层连续地设于所述第2垫片接触面和所述第2框体的面向所述阴极室的表面。
13. 根据权利要求8所述的碱性水电解槽,其中,所述第2镀镍层的厚度为50~100 $\mu\text{m}$ 。
14. 根据权利要求1或2所述的碱性水电解槽,其中,所述第2框体还具备从所述第2分隔壁向所述阴极室突出地设置并且支承所述阴极的导电性的支承构件。

## 电解槽

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种碱性水电解用的电解槽。

### 背景技术

[0002] 作为氢气和氧气的制造方法,公知有碱性水电解法。在碱性水电解法中,将溶解有碱金属氢氧化物(例如NaOH、KOH等)的碱性的水溶液(碱性水)用作电解液来对水进行电解,由此从阴极产生氢气,从阳极产生氧气。作为碱性水电解用的电解槽,公知如下的电解槽:其具备由离子透过性的隔膜划分开的阳极室和阴极室,在阳极室配置有阳极,在阴极室配置有阴极。碱性水电解槽的阳极室和阴极室中的各极液的液性为强碱性区域。

[0003] 现有技术文献

[0004] 专利文献

[0005] 专利文献1:日本特开2019-99845号公报

[0006] 专利文献2:国际公开第2019/111832号

[0007] 专利文献3:国际公开第2019/188260号

[0008] 专利文献4:国际公开第2019/188261号

[0009] 专利文献5:国际公开第2021/085334号

[0010] 专利文献6:国际公开第2013/191140号

[0011] 专利文献7:日本特开2016-094650号公报

[0012] 专利文献8:日本特开昭57-137486号公报

[0013] 专利文献9:日本特开平1-119687号公报

[0014] 专利文献10:日本特许第6404685号公报

[0015] 专利文献11:日本特许第6621970号公报

[0016] 专利文献12:国际公开第2015/064644号

[0017] 非专利文献

[0018] 非专利文献1:野口学、八锹浩,“防腐蚀讲座—高温腐蚀的基础和对策技术—”第1报:高温腐蚀的基础I(基础理论)。荏原时报(日文:エバラ時報),No.252(2016-10),32-39。

### 发明内容

[0019] 发明要解决的问题

[0020] 作为能够适用于碱性水的电解、特别是加压条件下的碱性水的电解的电解槽,本发明的发明人发明了如下的电解槽:“该电解槽包括:第1电解元件,其构成第1极室,在外周部具有第1凸缘部;第2电解元件,其构成第2极室,在外周部具有第2凸缘部;垫片,其被夹持于所述第1凸缘部与所述第2凸缘部之间,具有电绝缘性;以及隔膜,其将所述第1极室和所述第2极室分隔,所述第1凸缘部具有与所述第2凸缘部相对且与所述垫片相接触的第1端面,所述第2凸缘部具有与所述第1凸缘部的所述第1端面相对且与所述垫片相接触的第2端面,所述垫片被夹持于所述第1端面与所述第2端面之间,所述第1凸缘部具备从所述垫片的

外周侧与所述垫片的外周部相接触的垫片按压部,所述垫片按压部在所述第1电解元件和所述第2电解元件的层叠方向上朝向所述第2电解元件侧比所述第1端面突出地延伸,所述第2凸缘部具有后退部,该后退部在该第2凸缘部的外周部朝向所述层叠方向上的与所述第1电解元件相反的一侧从所述第2端面后退,所述后退部形成为能够收容所述垫片按压部的至少一部分”,并对该发明进行了专利申请(专利文献1)。在专利文献1中记载了作为各凸缘部的材料而使用铁、镍、不锈钢等具有耐碱性的刚性的材料。

[0021] 作为构成各极室的导电性的分隔壁和凸缘部的材料,从耐碱性和导电性的观点出发,考虑最优选镍。但是,采用镍构件会增大电解槽的成本。从电解槽的低成本化的观点出发,电解槽的构造构件优选使用碳钢(例如软钢等)等廉价的金属材料。但是,本发明的发明人进一步研究后明确了,在凸缘部采用碳钢等廉价的金属材料的碱性水电解槽中,特别是在阳极室侧的凸缘部与垫片之间,电解液和气体的密封性容易降低。该问题难以通过简单地在凸缘部的表面设置镀镍层来解决。

[0022] 本发明的课题为提供一种能够抑制阳极液和阳极室气体的密封性降低的碱性水电解槽。

[0023] 用于解决问题的方案

[0024] 本发明包括以下的技术方案[1]~[14]。

[0025] [1]一种碱性水电解槽,其中,

[0026] 该碱性水电解槽具备:

[0027] 第1框体,其具备导电性的第1分隔壁和设于该第1分隔壁的外周部的第1凸缘部,该第1框体划分出阳极室;

[0028] 第2框体,其具备导电性的第2分隔壁和设于该第2分隔壁的外周部的第2凸缘部,该第2框体划分出阴极室;

[0029] 离子透过性的隔膜,其配置于所述第1框体与所述第2框体之间,将所述阳极室和所述阴极室划分开;

[0030] 垫片,其被夹持于所述第1框体的第1凸缘部与所述第2框体的第2凸缘部之间,该垫片保持所述隔膜;

[0031] 阳极,其配置于所述阳极室内,与所述第1分隔壁电连接;以及

[0032] 阴极,其配置于所述阴极室内,与所述第2分隔壁电连接,

[0033] 所述垫片具备与所述第1凸缘部和所述隔膜相接触的第1垫片要素以及与所述第2凸缘部和所述隔膜相接触的第2垫片要素,

[0034] 所述第1凸缘部具备与所述第1垫片要素相接触的第1垫片接触面,

[0035] 所述第1框体具备在所述第1凸缘部的所述第1垫片接触面暴露地设有的、厚度 $27\mu\text{m}$ 以上的第1镀镍层,

[0036] 所述第1垫片接触面的表面粗糙度作为算术平均粗糙度 $R_a$ 而为 $10\mu\text{m}$ 以下。

[0037] [2]根据[1]所述的碱性水电解槽,其中,所述第1垫片接触面的表面粗糙度作为最大高度 $R_z$ 而为 $40\mu\text{m}$ 以下。

[0038] [3]根据[1]或[2]所述的碱性水电解槽,其中,所述第1镀镍层为化学镀镍层。

[0039] [4]根据[1]~[3]中任一项所述的碱性水电解槽,其中,

[0040] 所述第1框体包括至少一个钢制的第1芯材和设于所述第1芯材的表面的所述第1

镀镍层。

[0041] [5]根据[1]~[4]中任一项所述的碱性水电解槽,其中,所述第1镀镍层连续地设于所述第1垫片接触面和所述第1框体的面向所述阳极室的表面。

[0042] [6]根据[1]~[5]中任一项所述的碱性水电解槽,其中,所述第1镀镍层的厚度为30~100 $\mu\text{m}$ 。

[0043] [7]根据[1]~[6]中任一项所述的碱性水电解槽,其中,所述第1框体还具备从所述第1分隔壁向所述阳极室突出地设置并且支承所述阳极的导电性的支承构件。

[0044] [8]根据[1]~[7]中任一项所述的碱性水电解槽,其中,

[0045] 所述第2凸缘部具备与所述第2垫片要素相接触的第2垫片接触面,

[0046] 所述第2框体具备在所述第2凸缘部的所述第2垫片接触面暴露地设有的、厚度27 $\mu\text{m}$ 以上的第2镀镍层,

[0047] 所述第2垫片接触面的表面粗糙度作为算术平均粗糙度Ra而为10 $\mu\text{m}$ 以下。

[0048] [9]根据[8]所述的碱性水电解槽,其中,

[0049] 所述第2垫片接触面的表面粗糙度作为最大高度Rz而为40 $\mu\text{m}$ 以下。

[0050] [10]根据[8]或[9]所述的碱性水电解槽,其中,

[0051] 所述第2镀镍层为化学镀镍层。

[0052] [11]根据[8]~[10]中任一项所述的碱性水电解槽,其中,

[0053] 所述第2框体包括至少一个钢制的第2芯材和设于所述第2芯材的表面的所述第2镀镍层。

[0054] [12]根据[8]~[11]中任一项所述的碱性水电解槽,其中,

[0055] 所述第2镀镍层连续地设于所述第2垫片接触面和所述第2框体的面向所述阴极室的表面。

[0056] [13]根据[8]~[12]中任一项所述的碱性水电解槽,其中,

[0057] 所述第2镀镍层的厚度为50~100 $\mu\text{m}$ 。

[0058] [14]根据[1]~[13]中任一项所述的碱性水电解槽,其中,

[0059] 所述第2框体还具备从所述第2分隔壁向所述阴极室突出地设置并且支承所述阴极的导电性的支承构件。

[0060] 发明的效果

[0061] 根据本发明的碱性水电解槽,划分出阳极室的第1框体具备在凸缘部的垫片接触面暴露地设有的、厚度27 $\mu\text{m}$ 以上的镀镍层,该垫片接触面的表面粗糙度作为算术平均粗糙度Ra而为10 $\mu\text{m}$ 以下,由此能够抑制阳极液和阳极室气体的密封性的降低。

## 附图说明

[0062] 图1是对本发明的一实施方式的电解槽100示意性地进行说明的剖视图。

[0063] 图2是从图1抽出第1框体10的图。

[0064] 图3是从图1抽出第2框体20的图。

[0065] 图4是对本发明的另一实施方式的电解槽200示意性地进行说明的剖视图。

[0066] 图5是从图4抽出第3框体210的图。

## 具体实施方式

[0067] 以下,参照附图对本发明的实施方式进行说明。但本发明并不限于这些方式。此外,附图未必反映准确的尺寸。另外,在图中有时省略一部分的附图标记。在本说明书中,只要没有特别说明,则关于数值A和B,“A~B”这样的记载意为“A以上且B以下”。在这样的记载中,当仅对数值B标注单位时,该单位也适用于数值A。另外,“或”、“或者”这样的用语在没有特别说明的情况下,意为逻辑或。另外,关于要素 $E_1$ 和 $E_2$ ,“ $E_1$ 和/或 $E_2$ ”这样的记载意为“ $E_1$ 或 $E_2$ ,或者它们的组合”,关于要素 $E_1$ 、 $\dots$ 、 $E_N$  (N为3以上的整数),“ $E_1$ 、 $\dots$ 、 $E_{N-1}$ 和/或 $E_N$ ”这样的记载意为“ $E_1$ 、 $\dots$ 、 $E_{N-1}$ 或 $E_N$ ,或者它们的组合”。

[0068] 图1是对本发明的一实施方式的电解槽100示意性地进行的剖视图。电解槽100为碱性水电解用的电解槽。如图1所示,电解槽100具备:第1框体10,其划分出阳极室A;第2框体20,其划分出阴极室C;离子透过性的隔膜40,其配置于第1框体10与第2框体20之间,将阳极室A和阴极室C划分开;电绝缘性的垫片30,其由第1框体10和第2框体20夹持,保持隔膜40的周缘部;阳极50,其配置于阳极室A,与第1分隔壁11电连接;以及阴极60,其配置于阴极室C,与第2分隔壁21电连接。第1框体10具有导电性的第1分隔壁11和设于分隔壁11的外周部的第1凸缘部12。第2框体20也具有导电性的第2分隔壁21和设于分隔壁21的外周部的第2凸缘部22。分隔壁11、21将相邻的电解元件彼此划分开,且将相邻的电解元件彼此以串联的方式电连接。垫片30具备与第1凸缘部12和隔膜40相接触的第1垫片要素31以及与第2凸缘部22和隔膜40相接触的第2垫片要素32。第1凸缘部12与分隔壁11、隔膜40以及垫片要素31一起划分出阳极室A,第2凸缘部22与分隔壁21、隔膜40以及垫片要素32一起划分出阴极室C。

[0069] 第1框体10还具备从分隔壁11突出地设置的至少一个导电性的支承构件(第1支承构件)13、13、 $\dots$  (以下有时称作“支承构件13”),阳极50由支承构件13保持。支承构件13与第1分隔壁11以及阳极50电导通。第2框体20还具备从分隔壁21突出地设置的导电性的支承构件(第2支承构件)23、23、 $\dots$  (以下有时称作“支承构件23”),阴极60由支承构件23保持。支承构件23与第2分隔壁21以及阴极60电导通。此外,第1凸缘部12具备向阳极室A供给阳极液的阳极液供给流路以及从阳极室A回收阳极液和在阳极产生的气体的阳极液回收流路,对此未在图1中示出。另外,第2凸缘部22具备向阴极室C供给阴极液的阴极液供给流路以及从阴极室C回收阴极液和在阴极产生的气体的阴极液回收流路,对此未在图1中示出。

[0070] 作为第1分隔壁11和第2分隔壁21的材质,能够使用具有耐碱性的刚性的导电性材料,例如能够优选地采用如下等金属材料:镍、铁等单质金属;普通钢(即低碳钢和中碳钢)、高碳钢等碳钢、不锈钢(例如SUS304、SUS310、SUS310S、SUS316、SUS316L等)等钢,从成本降低和强度的观点出发,能够尤其优选地采用碳钢、不锈钢等钢材。

[0071] 作为第1凸缘部12的材质,能够使用具有耐碱性的刚性的材料,例如能够优选地采用如下等金属材料:镍、铁等单质金属;普通钢(即低碳钢和中碳钢)、高碳钢等碳钢、不锈钢(例如SUS304、SUS310、SUS310S、SUS316、SUS316L等)等钢。除了成本降低和强度的观点以外,还针对在所述的垫片之间容易发生电解液和气体的密封性降低的问题,从易于更显著地发挥本发明的防止该问题的效果的观点出发,尤其优选地采用碳钢、不锈钢等钢材,最优选碳钢。

[0072] 作为第2凸缘部22的材质,能够使用具有耐碱性的刚性的材料,例如除了镍、铁等

单质金属、普通钢(即低碳钢和中碳钢)、高碳钢等碳钢、不锈钢(例如SUS304、SUS310、SUS310S、SUS316、SUS316L等)等钢等金属材料之外,也能够使用强化塑料等非金属材料,从成本降低和强度的观点出发,能够尤其优选地采用碳钢、不锈钢等钢材。

[0073] 第1框体10的分隔壁11和凸缘部12既可以通过焊接、粘接等接合,也可以由相同的材料一体地形成。同样地,第2框体20的分隔壁21和凸缘部22既可以通过焊接、粘接等接合,也可以由相同的材料一体地形成。不过,从容易提高相对于极室内部的压力而言的耐性这一点来看,第1框体10的分隔壁11和凸缘部12优选由相同的材料一体地形成,第2框体20的分隔壁21和凸缘部22优选由相同的材料一体地形成。

[0074] 作为第1支承构件13和第2支承构件23,能够使用在碱性水电解槽中能够用作导电性肋的支承构件。在电解槽100中,第1支承构件13从第1框体10的分隔壁11立起设置,第2支承构件23从第2框体20的分隔壁21立起设置。第1支承构件13只要能够将阳极50相对于第1框体10固定和保持,则第1支承构件13的连接方法、形状、数量以及配置没有特别限制。另外,第2支承构件23只要能够将阴极60相对于第2框体20固定和保持,则第2支承构件23的连接方法、形状、数量以及配置也没有特别限制。

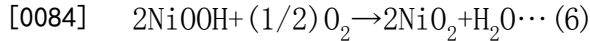
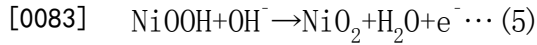
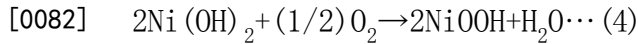
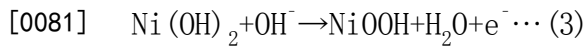
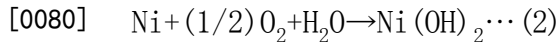
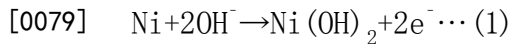
[0075] 作为第1支承构件13和第2支承构件23的材质,能够使用具有耐碱性的刚性的导电性材料,例如能够优选地采用如下等金属材料:镍、铁等单质金属;普通钢(即低碳钢和中碳钢)、高碳钢等碳钢、不锈钢(例如SUS304、SUS310、SUS310S、SUS316、SUS316L等)等钢,从成本降低和强度的观点出发,能够尤其优选地采用碳钢、不锈钢等钢材。

[0076] 在碱性水电解槽的阳极室侧,仅简单地在凸缘部的垫片接触面设置了镀镍层的话,并无法防止因凸缘部的垫片接触面处的镍腐蚀的进展导致的阳极液和阳极室气体的密封性的降低,对于其理由,本发明的发明人进行了如下考察。碱性水电解槽的阳极室和阴极室中的各极液的极性为强碱性区域。这样的碱性水将溶解氧气( $O_2$ )的还原反应作为阴极(局部电池的正极)反应,对铁等贱金属显示出腐蚀性。凸缘部的垫片接触面通常在目测观察时看起来十分平滑,但在微观上残存有凹凸,在凸缘部与垫片一起被紧固时,可以认为在垫片接触面的凹部与垫片之间形成有碱性水能够浸入的微小的隧道状的流路。当碱性水浸入到金属制的凸缘部的垫片接触面与垫片之间时,会将垫片接触面的金属腐蚀(离子化)。在发生了金属腐蚀的部位产生微小的凹处,可以认为碱性水通过已有的微小的隧道状的流路进一步流入该凹处而使金属腐蚀扩大,由此导致微小的隧道状的流路扩大和/或发展的恶性循环。若该隧道状的流路充分地发展,则可以认为碱性水以及在更严重的情况下气体能够浸透至凸缘部的垫片接触面的外周部,电解液和气体的密封性降低。

[0077] 镍相对于碱性水具有充分的耐腐蚀性。因此,即使在凸缘部由铁等贱金属(例如碳钢等)形成的情况下,当对凸缘部的垫片接触面实施了镀镍时,即使假设在凸缘部的垫片接触面残存有微小的凹凸并在与垫片之间形成有微小的隧道,也能够避免碱性水导致的金属腐蚀的扩大,因此,可以认为能够维持电解液和气体的密封性。出于该目的,镀镍层的厚度具有 $2 \sim 10\mu\text{m}$ 则足够,即使设置超过该厚度的镀镍层,也只会被认为是浪费。但是,在碱性水电解槽的阳极室中,金属制的凸缘部被置于氧化电位以及大量产生氧气会成为问题。

[0078] 特别是,在碱性水电解槽的阴极室产生的气体为氢气,阴极室由还原性气氛充满,相对于此,在阳极室产生的气体为氧气,阳极室由氧化性气氛充满,并且氧气也在阳极液中溶解至饱和水平。在产氧反应电位的附近,在热力学上进行镍金属的氧化反应(下述式(1))

或(2))。氢氧化镍(II)在非氧化性条件下,在碱性水溶液中稳定,但根据电位和氧气活度等条件,镍的氧化会进一步进行(例如下述式(3)~(6))。



[0085] 这样的镍的氧化反应主要在镍的表面及其附近进行。通常,在氧化物覆膜/环境气体界面,若气体流动充分,则来自氧化物的氧的离解压与气氛的氧分压相等。若气氛的氧分压高于离解压,则金属被氧化,若低于离解压,则氧化物被还原。在氧化物覆膜中产生氧分压的梯度,越是氧化物覆膜的深部,分压越低。若假定在金属/氧化物界面处热力学平衡成立,则可以看作系统为金属与氧化物共存的平衡状态,因此氧分压与离解压相等。因此,可以认为,与氧化物覆膜相接触的相中的氧气的活度越高,则金属/氧化物平衡越向氧化物侧倾斜,氧化物覆膜越厚。这些镍的氧化反应为可逆反应,因此,在碱性水电解槽的运转停止时,会进行镍的氧化反应的逆反应(还原反应)。可以认为从阳极室回收氧气所引起的阳极室中的氧气活度的降低也会推动该逆反应。镍表面及其附近所发生的镍的氧化反应及其逆反应通过晶体构造的变化而带来镍表面及其附近的局部的应力变化。镍表面及其附近所发生的镍的氧化反应及其逆反应的重复,会通过局部的应力变化的重复,促进镀镍覆膜的劣化。该问题在频繁地重复碱性水电解槽的运转和停止的条件下会尤为显著。作为这样的运转条件的例子,能够举出如下的情况:可再生能源(例如太阳能发电、风力发电、潮汐发电等)等不稳定电源在未由二次电池等进行稳定化的情况下被用作碱性水电解槽的电流源。当镀镍覆膜劣化时,表面的凹凸也发展,可以认为这会最终降低凸缘部与垫片之间的电解液和气体的密封性。

[0086] 本发明的发明人发现,通过在阳极室侧的凸缘部的垫片接触面以暴露的方式设置厚度 $27\mu\text{m}$ 以上的镀镍层,并且将该垫片接触面的表面粗糙度作为算术平均粗糙度Ra而设为 $10\mu\text{m}$ 以下,从而即使在碱性水电解槽的阳极室侧这样对于金属腐蚀而言较严峻的条件下,也能够抑制电解液和气体的密封性的降低。

[0087] 图2是从图1仅抽出第1框体10的图。有时在图2中对在图1中已示出的要素标记与图1中的附图标记相同的附图标记而省略说明。第1凸缘部12具有与第1垫片要素31(参照图1)相接触的第1垫片接触面12e。第1框体10具备在第1凸缘部12的第1垫片接触面12e暴露地设有的第1镀镍层14。从抑制阳极液和阳极室气体的密封性的降低的观点以及长期提高氧气活度较高的碱性水中的耐腐蚀性的观点出发,第1镀镍层14在第1垫片接触面12e的厚度为 $27\mu\text{m}$ 以上,更优选为 $30\mu\text{m}$ 以上。该厚度的上限没有特别限制,但从制造成本的观点出发,例如能够设为 $100\mu\text{m}$ 以下。

[0088] 从抑制阳极液和阳极室气体的密封性的降低的观点以及长期提高氧气活度较高的碱性水中的耐腐蚀性的观点出发,第1垫片接触面12e的表面粗糙度作为由JIS B0601规定的算术平均粗糙度Ra而为 $10\mu\text{m}$ 以下,优选为 $9\mu\text{m}$ 以下或 $8\mu\text{m}$ 以下。该算术平均粗糙度Ra的下限没有特别限制,但从垫片的固定的稳定性和制造成本的观点出发,在一实施方式中能

够设为 $1\mu\text{m}$ 以上或 $2\mu\text{m}$ 以上。在一实施方式中,该算术平均粗糙度Ra能够设为 $1\sim 10\mu\text{m}$ 或 $1\sim 9\mu\text{m}$ 或 $1\sim 8\mu\text{m}$ 。

[0089] 从进一步抑制阳极液和阳极室气体的密封性的降低的观点以及进一步提高氧气活度较高的碱性水中的耐腐蚀性的观点出发,第1垫片接触面12e的表面粗糙度作为由JIS B0601规定的最大高度Rz而优选为 $40\mu\text{m}$ 以下,更优选为 $35\mu\text{m}$ 以下。该最大高度Rz的下限没有特别限制,但从制造成本的观点出发,在一实施方式中能够设为 $2\mu\text{m}$ 以上或 $4\mu\text{m}$ 以上或 $6\mu\text{m}$ 以上或 $8\mu\text{m}$ 以上。在一实施方式中,该最大高度Rz能够设为 $2\sim 40\mu\text{m}$ 或 $4\sim 40\mu\text{m}$ 或 $6\sim 40\mu\text{m}$ 。

[0090] 在电解槽100中,第1镀镍层14连续地设于第1垫片接触面12e和第1框体10的面向阳极室A的表面。第1框体10在面向阳极室A的表面也具备这样较厚的镀镍层,由此能够廉价地将阳极室的氧气气氛和氧气饱和碱性水中的耐腐蚀性提高至足以长期使用的水准。从进一步提高阳极室的氧气气氛和氧气饱和碱性水中的耐腐蚀性的观点出发,第1框体10的面向阳极室A的表面的镀镍层的厚度优选为 $27\mu\text{m}$ 以上,更优选为 $30\mu\text{m}$ 以上,尤其优选为 $50\mu\text{m}$ 以上。第1框体10的面向阳极室A的表面的镀镍层的厚度的上限没有特别限制,但从成本的观点出发,例如能够优选为 $100\mu\text{m}$ 以下。第1框体10的面向阳极室A的表面的镀镍层既可以设于第1框体10的面向阳极室A的整个表面,也可以仅设于液体接触部。

[0091] 在一优选实施方式中,第1框体10包括至少一个钢制的芯材10a和设于该芯材10a的表面的第1镀镍层14。在电解槽100中,钢制的芯材10a包括构成分隔壁11的钢制的芯材11a、构成凸缘部12的钢制的芯材12a以及构成支承构件13的钢制的芯材13a。至少在凸缘部12的垫片接触面12e暴露地设有第1镀镍层14,第1镀镍层14既可以进一步从第1垫片接触面12e连续地设于芯材10a中的面向阳极室的整个表面,也可以进一步从第1垫片接触面12e连续地设于芯材10a的整个表面。

[0092] 在一实施方式中,这样的第1框体10能够通过通过对构成分隔壁11的钢制的芯材11a和构成凸缘部12的钢制的芯材12a实施镀镍来制造。既可以包括对构成分隔壁11的钢制的芯材11a和构成凸缘部12的钢制的芯材12a的一体的芯材实施镀镍,也可以分别对构成分隔壁11的钢制的芯材11a和构成凸缘部12的钢制的芯材12a单独实施镀镍之后将两者接合。另外,在第1框体10具备支承构件13的情况下,既可以包括对构成分隔壁11的钢制的芯材11a和构成支承构件13的钢制的芯材13a的一体的芯材,或是包括构成分隔壁11的钢制的芯材11a和构成支承构件13的钢制的芯材13a并且还包括构成凸缘部12的钢制的芯材12a的一体的芯材实施镀镍,也可以对构成支承构件13的钢制的芯材13a单独实施镀镍之后将具备芯材13a和镀镍层的支承构件13接合于分隔壁11。此外,如上所述,第1凸缘部12具备向阳极室A供给阳极液的阳极液供给流路(未图示)以及从阳极室A回收阳极液和在阳极产生的气体的阳极液回收流路(未图示)。在凸缘部12具备钢制的芯材12a的情况下,优选为也在凸缘部12所具备的阳极液供给流路和阳极液回收流路的内表面设置上述镀镍层14。该镀镍层14优选为设于凸缘部12所具备的阳极液供给流路和阳极液回收流路的内表面的至少液体接触部,也可以设于其整个内表面。

[0093] 图3是从图1仅抽出第2框体20的图。有时在图3中对在图1~图2中已示出的要素标注与图1~图2中的附图标记相同的附图标记而省略说明。第2凸缘部22具有与第2垫片要素32(参照图1)相接触的第2垫片接触面22e。第2框体20具备在第2凸缘部22的第2垫片接触面22e暴露地设有的第2镀镍层24。从抑制阴极液和阴极室气体的密封性的降低的观点出发,

第2镀镍层24在第2垫片接触面22e的厚度优选为27 $\mu\text{m}$ 以上,更优选为30 $\mu\text{m}$ 以上。该厚度的上限没有特别限制,但从制造成本的观点出发,例如能够设为100 $\mu\text{m}$ 以下。

[0094] 从抑制阴极液和阴极室气体的密封性的降低的观点出发,第2垫片接触面22e的表面粗糙度作为由JIS B0601规定的算术平均粗糙度Ra而优选为10 $\mu\text{m}$ 以下,更优选为9 $\mu\text{m}$ 以下或8 $\mu\text{m}$ 以下。该算术平均粗糙度Ra的下限没有特别限制,但从垫片的固定的稳定性和制造成本的观点出发,在一实施方式中能够设为1 $\mu\text{m}$ 以上或2 $\mu\text{m}$ 以上。在一实施方式中,该算术平均粗糙度Ra能够设为1~10 $\mu\text{m}$ 或1~9 $\mu\text{m}$ 或1~8 $\mu\text{m}$ 。

[0095] 从进一步抑制阴极液和阴极室气体的密封性的降低的观点出发,第2垫片接触面22e的表面粗糙度作为由JIS B0601规定的最大高度Rz而优选为40 $\mu\text{m}$ 以下,更优选为35 $\mu\text{m}$ 以下。该最大高度Rz的下限没有特别限制,但从制造成本的观点出发,在一实施方式中能够设为2 $\mu\text{m}$ 以上或4 $\mu\text{m}$ 以上或6 $\mu\text{m}$ 以上或8 $\mu\text{m}$ 以上。在一实施方式中,该最大高度Rz能够设为2~40 $\mu\text{m}$ 或4~40 $\mu\text{m}$ 或6~40 $\mu\text{m}$ 。

[0096] 在电解槽100中,第2镀镍层24连续地设于第2垫片接触面22e和第2框体20的面向阴极室C的表面。第2框体20在面向阴极室C的表面也具备镀镍层,由此能够将阴极室的碱性条件下的耐腐蚀性提高至充分的水准。在第2框体20的面向阴极室C的表面,镀镍层具有带来能够耐受阴极室的碱性条件的耐腐蚀性的厚度。该厚度有2 $\mu\text{m}$ 则足够,优选为10 $\mu\text{m}$ 以上,更优选为27 $\mu\text{m}$ 以上,在一实施方式中能够设为30 $\mu\text{m}$ 以上。第2框体20的面向阴极室C的表面的镀镍层的厚度的上限没有特别限制,但从成本的观点出发,例如能够优选为100 $\mu\text{m}$ 以下。第2框体20的面向阴极室C的表面的镀镍层既可以设于第2框体20的面向阴极室C的整个表面,也可以仅设于液体接触部。

[0097] 在一优选实施方式中,第2框体20包括至少一个钢制的芯材20a和设于该芯材20a的表面的第2镀镍层24。在电解槽100中,钢制的芯材20a包括构成分隔壁21的钢制的芯材21a、构成凸缘部22的钢制的芯材22a以及构成支承构件23的钢制的芯材23a。至少在凸缘部22的垫片接触面22e暴露地设有第2镀镍层24,第2镀镍层24既可以进一步从第2垫片接触面22e连续地设于芯材20a中的面向阴极室的整个表面,也可以进一步从第2垫片接触面22e连续地设于芯材20a的整个表面。

[0098] 在一实施方式中,这样的第2框体20能够通过通过对构成分隔壁21的钢制的芯材21a和构成凸缘部22的钢制的芯材22a实施镀镍来制造。既可以包括对包括构成分隔壁21的钢制的芯材21a和构成凸缘部22的钢制的芯材22a的一体的芯材实施镀镍,也可以分别对构成分隔壁21的钢制的芯材21a和构成凸缘部22的钢制的芯材22a单独实施镀镍之后将两者接合。另外,在第2框体20具备支承构件23的情况下,既可以包括对包括构成分隔壁21的钢制的芯材21a和构成支承构件23的钢制的芯材23a的一体的芯材,或是包括构成分隔壁21的钢制的芯材21a和构成支承构件23的钢制的芯材23a并且还包括构成凸缘部22的钢制的芯材22a的一体的芯材实施镀镍,也可以对构成支承构件23的钢制的芯材23a单独实施镀镍之后将具备芯材23a和镀镍层的支承构件23接合于分隔壁21。此外,如上所述,第2凸缘部22还具备向阴极室C供给阴极液的阴极液供给流路(未图示)以及从阴极室C回收阴极液和在阴极产生的气体的阴极液回收流路(未图示)。在凸缘部22具备钢制的芯材22a的情况下,优选为也在凸缘部22所具备的阴极液供给流路和阴极液回收流路的内表面设置上述镀镍层24。该镀镍层24优选为设于凸缘部22所具备的阴极液供给流路和阴极液回收流路的内表面的至少液体接

触部,也可以设于其整个内表面。

[0099] 在另一实施方式中,第2框体20能够通过对构成分隔壁21的钢制的芯材21a实施镀镍之后将具备芯材21a和镀镍层的分隔壁21与由非金属材料构成的凸缘部22接合来制造。在第2框体20具备支承构件23的情况下,既可以对包括构成分隔壁21的钢制的芯材21a和构成支承构件23的钢制的芯材23a的一体的芯材实施镀镍,也可以分别对构成分隔壁21的钢制的芯材21a和构成支承构件23的钢制的芯材23a单独实施镀镍之后将两者接合。

[0100] 当在第1框体10设置第1镀镍层14时,能够采用公知的镀镍方法。相对于金属制的芯材的镀镍既可以通过电镀进行,也可以通过化学镀进行。不过,对于电镀,通常表面变得粗糙,而对于化学镀,容易得到满足本发明中的上述算术平均粗糙度Ra的条件的表面。因此,从抑制阳极液和阳极室气体的密封性的降低的观点以及提高氧气活度较高的碱性水中的耐腐蚀性的观点出发,能够优选地采用化学镀镍。化学镀镍能够通过公知的工艺进行。例如,通过对金属制的芯材依次进行酸洗处理工序、脱脂处理工序、电解脱脂处理工序、酸活性工序、化学镀镍析出工序以及镀敷后热处理工序,能够在金属制的芯材的表面形成化学镀镍层。化学镀镍既可以是化学镀镍-磷,也可以是化学镀镍-硼,但从进一步抑制阳极液和阳极室气体的密封性的降低的观点以及进一步提高氧气活度较高的碱性水中的耐腐蚀性的观点出发,优选化学镀镍-磷。化学镀镍层14中的磷含量通常为1~13质量%,在一实施方式中能够设为1质量%以上且小于5质量%、或5质量%以上且小于10质量%、或10质量%以上且13质量%以下。从进一步抑制阳极液和阳极室气体的密封性的降低的观点以及进一步提高氧气活度较高的碱性水中的耐腐蚀性的观点出发,化学镀镍层14中的磷含量优选为5~13质量%,在一实施方式中能够设为5质量%以上且小于10质量%。特别是在第1垫片接触面12e和第1框体10的面向阳极室A的表面连续地设置第1镀镍层14的情况下,从进一步减少电解槽100的电阻来提高能量效率的观点出发,化学镀镍层14中的磷含量优选为5质量%以上且小于10质量%。

[0101] 当在第2框体20设置第2镀镍层24时,能够采用公知的镀镍方法。相对于金属制的芯材的镀镍既可以通过电镀进行,也可以通过化学镀进行。不过,从进一步抑制阴极液和阴极室气体的密封性的降低的观点以及进一步提高碱性水中的耐腐蚀性的观点出发,能够优选地采用化学镀镍。化学镀镍能够通过公知的工艺进行。例如,通过对金属制的芯材依次进行酸洗处理工序、脱脂处理工序、电解脱脂处理工序、酸活性工序、化学镀镍析出工序以及镀敷后热处理工序,能够在金属制的芯材的表面形成化学镀镍层。化学镀镍既可以是化学镀镍-磷,也可以是化学镀镍-硼,但从进一步抑制阴极液和阴极室气体的密封性的降低的观点以及进一步提高碱性水中的耐腐蚀性的观点出发,优选化学镀镍-磷。化学镀镍层24中的磷含量通常为1~13质量%,在一实施方式中能够设为1质量%以上且小于5质量%、或5质量%以上且小于10质量%、或10质量%以上且13质量%以下。从进一步抑制阴极液和阴极室气体的密封性的降低的观点以及进一步提高碱性水中的耐腐蚀性的观点出发,化学镀镍层24中的磷含量优选为5~13质量%,在一实施方式中能够设为5质量%以上且小于10质量%。特别是在第2垫片接触面22e和第2框体20的面向阳极室A的表面连续地设置第2镀镍层24的情况下,从进一步减少电解槽100的电阻来提高能量效率的观点出发,化学镀镍层24中的磷含量优选为5质量%以上且小于10质量%。

[0102] 作为垫片30(参照图1),能够无特别限制地使用能够在碱性水电解用的电解槽中

使用且具有电绝缘性的垫片。在图1中示出了垫片30的剖面。垫片30具有平坦的形状,夹持隔膜40的周缘部,另一方面,垫片30被夹持在第1凸缘部12与第2凸缘部22之间。垫片30具备与第1凸缘部12和隔膜40相接触的第1垫片要素31以及与第2凸缘部22和隔膜40相接触的第2垫片要素32。在一实施方式中,第1垫片要素31和第2垫片要素32为分离开的单独的垫片要素。也可以是,在另一实施方式中,第1垫片要素31和第2垫片要素32在外缘部接合而形成一体的垫片。根据这样的一体型的垫片,能够进一步提高电解液和气体的密封性。垫片30优选由具有耐碱性的弹性体形成。作为垫片30的材料例子,能够举出天然橡胶(NR)、丁苯橡胶(SBR)、氯丁橡胶(CR)、顺丁橡胶(BR)、丁腈橡胶(NBR)、硅橡胶(SR)、乙烯-丙烯橡胶(EPT)、乙烯-丙烯-二烯橡胶(EPDM)、氟橡胶(FR)、异丁烯-异戊二烯橡胶(IIR)、聚氨酯橡胶(UR)、氯磺化聚乙烯橡胶(CSM)等弹性体。另外,在使用不具有耐碱性的垫片材料的情况下,也可以在该垫片材料的表面通过覆盖等方式设置具有耐碱性的材料的层。

[0103] 作为隔膜40,能够无特别限制地使用能够在碱性水电解用的电解槽中使用的离子透过性的隔膜。期望隔膜40的气体透过性较低,电导率较小,强度较高。作为隔膜40的例子,能够举出由石棉、改性石棉构成的多孔质膜、使用聚砜类聚合物的多孔质隔膜、使用聚苯硫醚纤维的布、氟类多孔质膜、使用含无机类材料和有机类材料这两者的混合材料的多孔质膜等多孔质隔膜。另外,除了这些多孔质隔膜以外,也能够使用氟类等的离子交换膜来作为隔膜40。

[0104] 作为阳极50,能够无特别限制地使用能够在碱性水电解用的电解槽中使用的阳极。阳极50通常具备导电性基材和覆盖该基材的表面的催化剂层。催化剂层优选为多孔质。作为阳极50的导电性基材,例如能够使用镍、镍合金、镍铁、钒、钼、铜、银、锰、铂族元素、石墨或铬、或者它们的组合。在阳极50中,能够优选地使用由镍构成的导电性基材。催化剂层优选包含镍元素。催化剂层优选包含氧化镍、金属镍或氢氧化镍、或者它们的组合,也可以包含镍与其他1种以上的金属的合金。催化剂层特别优选由金属镍构成。此外,催化剂层还可以包含铬、钼、钴、钽、锆、铝、锌、铂族元素或稀土类元素、或者它们的组合。也可以是,在催化剂层的表面进一步担载有作为追加的催化剂的铈、钇、铈或钇、或者它们的组合。阳极50的导电性基材既可以是刚性的基材,也可以是挠性的基材。作为构成阳极50的刚性的导电性基材,例如能够举出多孔金属网、冲孔金属等。另外,作为构成阳极50的挠性的导电性基材,例如能够举出由金属线织成(或编成)的金属网等。

[0105] 作为阴极60,能够无特别限制地使用能够在碱性水电解用的电解槽中使用的阴极。阴极60通常具备导电性基材和覆盖该基材的表面的催化剂层。作为阴极60的导电性基材,例如能够优选地采用镍、镍合金、不锈钢、软钢、镍合金、或者在不锈钢或软钢的表面实施镀镍而成的材料。作为阴极60的催化剂层,能够优选地采用贵金属氧化物、镍、钴、钼、或锰、或者它们的氧化物、或者由贵金属氧化物构成的催化剂层。构成阴极60的导电性基材例如既可以是刚性的基材,也可以是挠性的基材。作为构成阴极60的刚性的导电性基材,例如能够举出多孔金属网、冲孔金属等。另外,作为构成阴极60的挠性的导电性基材,例如能够举出由金属线织成(或编成)的金属网等。

[0106] 根据电解槽100,划分出阳极室A的第1框体10具备在第1凸缘部12的垫片接触面12e暴露地设有的、厚度 $27\mu\text{m}$ 以上、更优选为 $30\mu\text{m}$ 以上的第1镀镍层14,该垫片接触面12e的表面粗糙度作为算术平均粗糙度Ra而为 $10\mu\text{m}$ 以下,由此能够抑制阳极液和阳极室气体的密

封性的降低。

[0107] 在关于本发明的上述说明中,举出了在阳极50与隔膜40之间以及阴极60与隔膜40之间具有间隙的形态的电解槽100的例子,但本发明并不限于该形态。例如也能够设为如下形态的所谓零间隙型的碱性水电解槽,即,其在阴极室具备柔软的阴极来代替刚性的阴极60,具备:阴极集电体,其保持于支承构件23;导电性的弹性体,其配置于阴极集电体与隔膜40之间并支承于阴极集电体;以及柔软的阴极,其配置于该弹性体与隔膜40之间,弹性体将柔软的阴极朝向隔膜40和阳极50按压,由此柔软的阴极与隔膜40直接接触,并且隔膜40与阳极50直接接触。

[0108] 在关于本发明的上述说明中,举出了第1镀镍层14连续地设于第1垫片接触面12e和第1框体10的面向阳极室A的表面的形态的电解槽100的例子,但本发明并不限于该形态。例如也能够设为如下形态的碱性水电解槽:在第1框体10中,仅在第1垫片接触面12e设有镀镍层。另外,例如也能够设为如下形态的碱性水电解槽:在第1垫片接触面12e暴露地设有第1镀镍层14,并且在第1框体10的面向阳极室A的表面设有未与第1镀镍层14相连续的第3镀镍层。

[0109] 在关于本发明的上述说明中,举出了第2镀镍层24连续地设于第2垫片接触面22e和第2框体20的面向阴极室C的表面的形态的电解槽100的例子,但本发明并不限于该形态。例如也能够设为如下形态的碱性水电解槽:在第2框体20中,仅在第2垫片接触面22e设有镀镍层。另外,例如也能够设为如下形态的碱性水电解槽:在第2垫片接触面22e暴露地设有第2镀镍层24,并且在第2框体的面向阳极室C的表面设有未与第2镀镍层24相连续的第4镀镍层。

[0110] 在关于本发明的上述说明中,举出了如下形态的电解槽100的例子:划分出阴极室C的第2框体20具备在第2垫片接触面22e暴露地设有的第2镀镍层24,但本发明并不限于该形态。例如也能够设为第2框体20在第2垫片接触面22e不具备镀镍层的形态的碱性水电解槽。

[0111] 在关于本发明的上述说明中,举出了第1框体10具备从第1分隔壁11向阳极室A突出地设置并且支承阳极50的导电性的支承构件13的形态的电解槽100的例子,但本发明并不限于该形态。例如也能够设为不具备支承构件13的形态的碱性水电解槽。作为这样的碱性水电解槽的例子,能够举出如下形态的碱性水电解槽:具备配置于第1分隔壁11与阳极50之间的第1导电性的弹性体来代替导电性的支承构件13,该第1导电性的弹性体将阳极50从背后朝向隔膜40按压。

[0112] 在关于本发明的上述说明中,举出了第2框体20具备从第2分隔壁21向阴极室C突出地设置并且支承阴极60的导电性的支承构件23的形态的电解槽100的例子,但本发明并不限于该形态。例如也能够设为不具备支承构件23的形态的碱性水电解槽。作为这样的碱性水电解槽的例子,能够举出如下形态的碱性水电解槽:具备配置于第2分隔壁21与阴极60之间的第2导电性的弹性体来代替导电性的支承构件23,该第2导电性的弹性体将阴极60从背后朝向隔膜40按压。

[0113] 在关于本发明的上述说明中,举出了由单一的元素构成的形态的电解槽100的例子,但本发明并不限于该形态。例如,也能够设为如下形态的电解槽:利用由第1框体10划分出的阳极室A和由第2框体20划分出的阴极室C的组构成的电解元件串联连接有多个。另

外,例如,也可以是,第1框体10的凸缘部12也向分隔壁11的相反侧(图1中的纸面右侧)延伸,与分隔壁11一起进一步划分出相邻的电解元件的阴极室,另外,也可以是,第2框体20的凸缘部22也向分隔壁21的相反侧(图1中的纸面左侧)延伸,与分隔壁21一起进一步划分出相邻的电解元件的阳极室。图4是对这样的另一实施方式的碱性水电解槽200(以下,有时称作“电解槽200”)示意性地进行说明的图。有时在图4中对在图1~图3中已示出的要素标注与图1~图3中的附图标记相同的附图标记而省略说明。电解槽200是具有由阳极室A1和阴极室C1构成的电解元件以及由阳极室A2和阴极室C2构成的电解元件串联连接起来的构造的碱性水电解槽。电解槽200具备与阳极端子相连接并且划分出阳极室A1的第1框体10、与阴极端子相连接并且划分出阴极室C2的第2框体20、配置于第1框体10与第2框体20之间的至少一个第3框体210、以及多个垫片30、多个隔膜40、多个阳极50、多个阴极60。隔膜40配置于第1框体10与相邻于该第1框体10的第3框体210之间、第2框体20与相邻于该第2框体20的第3框体210之间、以及第3框体210存在多个的情况下的相邻的两个第3框体210之间,隔膜40分别被垫片30夹持。由第1框体10和第3框体210划分出阳极室A1和阴极室C1,由第3框体210和第2框体20划分出阳极室A2和阴极室C2。在阳极室A1和阳极室A2分别配置有阳极50,在阴极室C1和阴极室C2分别配置有阴极60。

[0114] 第1框体10和第2框体20分别具有与上述说明的电解槽100(图1)中的第1框体10(图2)和第2框体20(图4)相同的结构。第1框体10的分隔壁11与阳极端子相连接,第2框体20的分隔壁21与阴极端子相连接。另外,在由第1框体10划分出的阳极室A1中,阳极50保持于支承构件13,在由第2框体20划分出的阴极室C2中,阴极60保持于支承构件23,关于这一点也与上述相同。

[0115] 第3框体210为具有使第1框体10和第2框体20成为一体的构造的复极式电解元件。即,第3框体210具备导电性的分隔壁211、从分隔壁211的外周部向第2框体20侧(图4的纸面左侧)延伸的第1凸缘部212以及从分隔壁211的外周部向第1框体10侧(图4的纸面右侧)延伸的第2凸缘部222。在第3框体210中,第1凸缘部212和第2凸缘部222一体地形成。在第3框体210中,在分隔壁211的第1框体10侧(图4的纸面右侧)从分隔壁211突出地设有导电性的支承构件(第2支承构件)223。支承构件223在阴极室C1中保持阴极60,支承构件223与配置于阴极室C1的阴极60以及分隔壁211电导通。在第3框体210中,在分隔壁211的第2框体20侧(图4的纸面左侧)从分隔壁211突出地设有导电性的支承构件(第1支承构件)213。支承构件213在阳极室A2中保持阳极50,支承构件213与配置于阳极室A2的阳极50以及第3框体210的分隔壁211电导通。分隔壁211、第1支承构件213以及第2支承构件223的结构与上文关于电解槽100(图1)说明的分隔壁11、第1支承构件13以及第2支承构件23相同。除了第1凸缘部212和第2凸缘部222一体地形成之外,第1凸缘部212和第2凸缘部222的结构与上文关于电解槽100(图1)说明的第1凸缘部12和第2凸缘部22分别相同。第3框体210的第1凸缘部212与分隔壁211、隔膜40以及第1垫片要素31一起划分出阳极室A2,第3框体210的第2凸缘部222与分隔壁211、隔膜40以及第2垫片要素32一起划分出阴极室C1。

[0116] 图5是从图4中仅抽出第3框体210的图。有时在图5中对在图1~4中已示出的要素标注与图1~图4中的附图标记相同的附图标记而省略说明。第3框体210的第1凸缘部212具有与第1垫片要素31(参照图1)相接触的第1垫片接触面212e。第3框体210具备在第1凸缘部212的第1垫片接触面212e暴露地设有的第1镀镍层214。从抑制阳极液和阳极室气体的密封

性的降低的观点以及长期提高氧气活度较高的碱性水中的耐腐蚀性的观点出发,第1镀镍层214在第1垫片接触面212e的厚度为27 $\mu\text{m}$ 以上,更优选为30 $\mu\text{m}$ 以上。该厚度的上限没有特别限制,但从制造成本的观点出发,例如能够设为100 $\mu\text{m}$ 以下。

[0117] 从抑制阳极液和阳极室气体的密封性的降低的观点以及长期提高氧气活度较高的碱性水中的耐腐蚀性的观点出发,第1垫片接触面212e的表面粗糙度作为由JIS B0601规定的算术平均粗糙度Ra而为10 $\mu\text{m}$ 以下,优选为9 $\mu\text{m}$ 以下或8 $\mu\text{m}$ 以下。该算术平均粗糙度Ra的下限没有特别限制,但从垫片的固定的稳定性和制造成本的观点出发,在一实施方式中能够设为1 $\mu\text{m}$ 以上或2 $\mu\text{m}$ 以上。在一实施方式中,该算术平均粗糙度Ra能够设为1~10 $\mu\text{m}$ 或1~9 $\mu\text{m}$ 或1~8 $\mu\text{m}$ 。

[0118] 从进一步抑制阳极液和阳极室气体的密封性的降低的观点以及进一步提高氧气活度较高的碱性水中的耐腐蚀性的观点出发,第1垫片接触面212e的表面粗糙度作为由JIS B0601规定的最大高度Rz而优选为40 $\mu\text{m}$ 以下,更优选为35 $\mu\text{m}$ 以下。该最大高度Rz的下限没有特别限制,但从制造成本的观点出发,在一实施方式中能够设为2 $\mu\text{m}$ 以上、或4 $\mu\text{m}$ 以上、或6 $\mu\text{m}$ 以上、或8 $\mu\text{m}$ 以上。在一实施方式中,该最大高度Rz能够设为2~40 $\mu\text{m}$ 、或4~40 $\mu\text{m}$ 、或6~40 $\mu\text{m}$ 。

[0119] 在电解槽200中,第1镀镍层214连续地设于第1垫片接触面212e和第3框体210的面向阳极室A2的表面。第3框体210在阳极室A2的液体接触部具备这样较厚的镀镍层,由此,能够将阳极室的氧气气氛和氧气饱和碱性水中的耐腐蚀性提高至足以长期使用的水准。从进一步提高阳极室的氧气气氛和氧气饱和碱性水中的耐腐蚀性的观点出发,第3框体210的面向阳极室A2的表面的镀镍层的厚度优选为27 $\mu\text{m}$ 以上,更优选为30 $\mu\text{m}$ 以上,尤其优选为50 $\mu\text{m}$ 以上。第3框体210的面向阳极室A2的表面的镀镍层的厚度的上限没有特别限制,但从成本的观点出发,例如能够优选为100 $\mu\text{m}$ 以下。第3框体210的面向阳极室A2的表面的镀镍层既可以设于第3框体210的面向阳极室A2的整个表面,也可以仅设于液体接触部。

[0120] 在一优选实施方式中,第3框体210包括至少一个钢制的芯材210a和设于该芯材210a的表面的第1镀镍层214。在电解槽200中,第3框体210的钢制的芯材210a包括构成分隔壁211的钢制的芯材211a、分别构成第1凸缘部212和第2凸缘部222的钢制的芯材212a和芯材222a、以及分别构成第1支承构件213和第2支承构件223的钢制的芯材213a和芯材223a。在第3框体210中,构成第1凸缘部212的钢制的芯材212a和构成第2凸缘部222的钢制的芯材222a一体地形成。至少在第1凸缘部212的垫片接触面212e暴露地设有第1镀镍层214,第1镀镍层214既可以进一步从第1垫片接触面212e连续地设于芯材210a中的面向阳极室A2的整个表面,也可以进一步从第1垫片接触面212e连续地设于芯材210a的整个表面。

[0121] 第3框体210的第2凸缘部222具有与第2垫片要素32(参照图4)相接触的第2垫片接触面222e。第3框体210具备在第2凸缘部222的第2垫片接触面222e暴露地设有的第2镀镍层224。从抑制阴极液和阴极室气体的密封性的降低的观点出发,第2镀镍层224在第2垫片接触面222e的厚度优选为27 $\mu\text{m}$ 以上,更优选为30 $\mu\text{m}$ 以上。该厚度的上限没有特别限制,但从制造成本的观点出发,例如能够设为100 $\mu\text{m}$ 以下。

[0122] 从抑制阴极液和阴极室气体的密封性的降低的观点出发,第2垫片接触面222e的表面粗糙度作为由JIS B0601规定的算术平均粗糙度Ra而优选为10 $\mu\text{m}$ 以下,更优选为9 $\mu\text{m}$ 以下或8 $\mu\text{m}$ 以下。该算术平均粗糙度Ra的下限没有特别限制,但从垫片的固定的稳定性和制造

成本的观点出发,在一实施方式中能够设为 $1\mu\text{m}$ 以上或 $2\mu\text{m}$ 以上。在一实施方式中,该算术平均粗糙度Ra能够设为 $1\sim 10\mu\text{m}$ 或 $1\sim 9\mu\text{m}$ 或 $1\sim 8\mu\text{m}$ 。

[0123] 从进一步抑制阴极液和阴极室气体的密封性的降低的观点出发,第2垫片接触面222e的表面粗糙度作为由JIS B0601规定的最大高度Rz而优选为 $40\mu\text{m}$ 以下,更优选为 $35\mu\text{m}$ 以下。该最大高度Rz的下限没有特别限制,但从制造成本的观点出发,在一实施方式中能够优选为 $2\mu\text{m}$ 以上、或 $4\mu\text{m}$ 以上、或 $6\mu\text{m}$ 以上、或 $8\mu\text{m}$ 以上。在一实施方式中,该最大高度Rz能够优选为 $2\sim 40\mu\text{m}$ 、或 $4\sim 40\mu\text{m}$ 、或 $6\sim 40\mu\text{m}$ 。

[0124] 在电解槽200中,第2镀镍层224连续地设于第2垫片接触面222e和第3框体210的面向阴极室C1的表面。第3框体210在面向阴极室C1的表面也具备镀镍层,由此能够将阴极室的碱性条件下的耐腐蚀性提高至充分的水准。在第3框体210的面向阴极室C1的表面,镀镍层具有带来能够耐受阴极室的碱性条件的耐腐蚀性的厚度。该厚度有 $2\mu\text{m}$ 则足够,优选为 $10\mu\text{m}$ 以上,更优选为 $27\mu\text{m}$ 以上,在一实施方式中能够设为 $30\mu\text{m}$ 以上。第3框体210的面向阴极室C1的表面的镀镍层的厚度的上限没有特别限制,但从成本的观点出发,例如能够优选为 $100\mu\text{m}$ 以下。第3框体210的面向阴极室C1的表面的镀镍层既可以设于第3框体210的面向阴极室C1的整个表面,也可以仅设于液体接触部。

[0125] 在一优选实施方式中,第3框体210包括至少一个钢制的芯材210a以及设于该芯材210a的表面的上述第1镀镍层214和第2镀镍层224。在电解槽200中,第3框体210的钢制的芯材210a包括构成分隔壁211的钢制的芯材211a、分别构成第1凸缘部212和第2凸缘部222的钢制的芯材212a和芯材222a、以及分别构成第1支承构件213和第2支承构件223的钢制的芯材213a和芯材223a。在第3框体210中,构成第1凸缘部212的钢制的芯材212a和构成第2凸缘部222的钢制的芯材222a一体地形成。至少在第2凸缘部222的垫片接触面222e暴露地设有第2镀镍层224,第2镀镍层224既可以进一步从第2垫片接触面222e连续地设于芯材210a中的面向阴极室C1的整个表面,也可以进一步从第2垫片接触面222e连续地设于芯材210a的整个表面。

[0126] 在一实施方式中,这样的第3框体210能够通过通过对构成分隔壁211的钢制的芯材211a以及构成第1凸缘部212的钢制的芯材212a,或是构成分隔壁211的钢制的芯材211a、构成第1凸缘部212的钢制的芯材212a以及构成第2凸缘部222的钢制的芯材222a实施镀镍来制造。既可以对包括构成分隔壁211的钢制的芯材211a和构成凸缘部212、222的钢制的芯材212a、222a的一体的芯材实施镀镍,也可以分别对构成分隔壁211的钢制的芯材211a、构成第1凸缘部212的钢制的芯材212a以及构成第2凸缘部222的钢制的芯材222a单独地实施镀镍之后将两者接合。另外,在第3框体210具备支承构件213、223的情况下,既可以对包括构成分隔壁211的钢制的芯材211a和构成支承构件213、223的钢制的芯材213a、223a的一体的芯材,或是包括构成分隔壁211的钢制的芯材211a和构成支承构件213、223的钢制的芯材213a、223a并且还包括构成凸缘部212、222的钢制的芯材212a、222a的一体的芯材实施镀镍,也可以对构成支承构件213、223的钢制的芯材213a、223a单独实施镀镍之后将具备芯材213a和镀镍层的第1支承构件213以及具备芯材223a和镀镍层的第2支承构件223分别接合于分隔壁211。

[0127] 此外,在第3框体210中,凸缘部212、222具备向阳极室A2供给阳极液的阳极液供给流路(未图示)、从阳极室A2回收阳极液和在阳极产生的气体的阳极液回收流路(未图示)、

向阴极室C1供给阴极液的阴极液供给流路(未图示)以及从阴极室C1回收阴极液和在阴极产生的气体的阴极液回收流路(未图示),对此未在图4~5中示出。在电解槽200中,设于第3框体210的阳极液供给流路和阳极液回收流路经由分别设于垫片30和隔膜40的贯通孔(未图示)与设于第1框体10的阳极液供给流路和阳极液回收流路分别流体连通。另外,设于第3框体210的阴极液供给流路和阴极液回收流路经由分别设于垫片30和隔膜40的贯通孔(未图示)与设于第2框体20的阴极液供给流路和阴极液回收流路分别流体连通。不过,阳极液供给流路和阳极液回收流路不与阴极室C1、C2流体连通,两者之间没有电解液和气体的流动。另外,阴极液供给流路和阴极液回收流路不与阳极室A1、A2流体连通,两者之间没有电解液和气体的流动。在凸缘部212、222具备钢制的芯材212a、222a的情况下,优选为也在凸缘部212、222所具备的阳极液供给流路和阳极液回收流路的内表面设置镀镍层214,优选为也在凸缘部212、222所具备的阴极液供给流路和阴极液回收流路的内表面设置镀镍层224。该镀镍层214优选为设于凸缘部212、222所具备的阳极液供给流路和阳极液回收流路的内表面的至少液体接触部,也可以设于其整个内表面。另外,镀镍层224优选为设于凸缘部212、222所具备的阴极液供给流路和阴极液回收流路的内表面的至少液体接触部,也可以设于其整个内表面。在第3框体210中,第1镀镍层214和第2镀镍层224也可以是连续的一体的镀镍层。例如,第1镀镍层214和第2镀镍层224也可以经由在第1凸缘部212和第2凸缘部222设置的阳极液供给流路和阳极液回收流路以及阴极液供给流路和阴极液回收流路的内表面而形成一体的连续的镀镍层。另外,例如,第1镀镍层214和第2镀镍层224也可以经由凸缘部212、222的外周面而形成一体的连续的镀镍层。

[0128] 根据电解槽200,划分出阳极室A1的第1框体10具备在第1凸缘部12的垫片接触面12e暴露地设有的、厚度 $27\mu\text{m}$ 以上、更优选为 $30\mu\text{m}$ 以上的第1镀镍层14,该垫片接触面12e的表面粗糙度作为算术平均粗糙度Ra而为 $10\mu\text{m}$ 以下,并且划分出阳极室A2的第3框体10具备在第1凸缘部212的垫片接触面212e暴露地设有的、厚度 $27\mu\text{m}$ 以上、更优选为 $30\mu\text{m}$ 以上的第1镀镍层214,该垫片接触面212e的表面粗糙度作为算术平均粗糙度Ra而为 $10\mu\text{m}$ 以下,由此能够抑制阳极液和阳极室气体的密封性的降低。

[0129] 实施例

[0130] 以下基于实施例和比较例进一步具体地说明本发明。不过,本发明并不限于这些实施例。

[0131] (测量方法)

[0132] 在以下的实施例和比较例中,镀层厚度的测量使用电磁膜厚仪(株式会社凯特科学研究所制,LE-373)进行。表面粗糙度的测量使用表面粗糙度形状测量器(东京精密制,SURFCOM480A)进行。

[0133] (样本的制作)

[0134] 作为镀镍对象物,使用了对焊接构造用轧制钢材(SM400B)制的钢板(纵 $30\text{mm}$ ×横 $50\text{mm}$ ×厚度 $10\text{mm}$ )的边缘部实施倒角得到的对象物。作为为了夹持垫片所需的螺栓孔,在四角设置了直径 $5\text{mm}$ 的孔。制作了多个种类的有意地调整了钢板的表面粗糙度以改变镀敷后的表面粗糙度的钢板样本,并针对各个种类制作了多片钢板样本。表面粗糙度不同的钢板样本通过喷丸加工来制作,该喷丸加工使用褐色氧化铝(2000~4000号)来作为研磨材料。喷丸加工中的表面粗糙度的调整通过调整研磨剂的号数和喷射时间来进行。通过化学镀镍

或电镀镍对各钢板样本实施镀镍,制作了镀敷厚度和表面粗糙度不同的镀镍钢板样本。

[0135] 化学镀处理按照一般的化学镀镍的处理顺序进行。将钢板样本浸渍于丙酮溶液中,进行了10分钟超声波脱脂。然后进行纯水清洗,通过在10%稀盐酸中浸渍5分钟而进行了酸清洗。对钢板进行纯水清洗之后,浸渍于镍-磷化学镀液(中磷型,奥野制药工业公司制,トップニコロン(注册商标))中。镀液的温度维持为90℃。在将钢板浸渍于镀液期间,缓慢地搅拌镀液。为了抑制镀浴组成的变化,对镀液实施适当的更换。镀膜厚度通过变更钢板浸渍于镀液的时间来调整。将钢板从镀液中提起之后,进行纯水清洗、干燥,得到了化学镀镍的试验片。测量了所得到的试验片的镀敷厚度和表面粗糙度(算术平均粗糙度Ra和最大高度Rz)。

[0136] 电镀处理按照一般的电镀镍的处理顺序进行。将钢板样本浸渍于丙酮溶液,进行了10分钟超声波脱脂。然后,进行纯水清洗,通过在10%稀盐酸中浸渍5分钟而进行了酸清洗。对钢板进行纯水清洗之后,浸渍于电镀镍浴液(瓦特浴,硫酸镍280g/L,氯化镍45g/L,硼酸35g/L)中,以10A/dm<sup>2</sup>的电析电流密度来使镀镍层电析。在镀敷处理中,镀敷浴液的温度维持为45℃,缓慢地搅拌镀液。为了抑制镀浴组成的变化,对镀液实施适当的更换。使镀镍层电析直至得到预定的镀膜厚度,之后将钢板从镀浴中提起,进行纯水清洗和干燥,得到了电镀镍的试验片。测量了所得到的试验片的镀敷厚度和表面粗糙度(算术平均粗糙度Ra和最大高度Rz)。

[0137] 利用实施了化学镀镍或电镀镍的、具有相同的表面粗糙度的两片试验片来夹持平板状垫片(EPDM制,纵30mm×横50mm×厚度3mm),以相当于碱性水电解槽的实机的按压面压(1.5kgf/cm<sup>2</sup>)进行紧固而固定,由此制作了浸渍用样本。

[0138] <实施例1~5和比较例1~5>

[0139] (碱浸渍-盐水喷雾试验(1))

[0140] 在表1~2中示出各浸渍用样本的镀敷前后的性状。将各浸渍用样本在碱液(30质量%氢氧化钾水溶液,100℃)中浸渍240小时。对于金属腐蚀而言,这是比碱性水电解槽中的一般的电解液严峻的条件。在将浸渍用样本从碱液中提起之后,进行解体、水洗以及干燥。对于试验片与垫片接触的面(试验对象面),按照JIS Z2371进行使用中性氯化钠水溶液的盐水喷雾试验,观察从盐水喷雾经过72小时之后的试验对象面的表面状态,以1~3的评分进行评价。评价的基准如下。

[0141] 3:完全没有观察到红锈的产生,也没有观察到变色

[0142] 2:没有观察到红锈的产生,但观察到变色

[0143] 1:在较大的表面观察到了红锈和变色这两者

[0144] 在表1~表2中示出结果。

[0145] [表1]

表1	实施例				
	1	2	3	4	5
镀敷法	化学镀	化学镀	化学镀	化学镀	化学镀
镀敷厚度 $\mu\text{m}$	31	32	30	31	89
镀敷前钢板的表面粗糙度					
Ra $\mu\text{m}$	8	6	4	2	4
Rz $\mu\text{m}$	30	20	12	5	12
镀敷后钢板的表面粗糙度					
Ra $\mu\text{m}$	10	7	4	2	4
Rz $\mu\text{m}$	38	34	16	8	14
碱浸渍-盐水喷雾试验 (1) 30% KOHaq, 100°C, 240h 评分	2	3	3	3	3

[0147] [表2]

表2	比较例				
	1	2	3	4	5
镀敷法	电镀	电镀	化学镀	化学镀	化学镀
镀敷厚度 $\mu\text{m}$	33	31	38	36	87
镀敷前钢板的表面粗糙度					
Ra $\mu\text{m}$	4	2	24	39	38
Rz $\mu\text{m}$	13	11	94	139	128
镀敷后钢板的表面粗糙度					
Ra $\mu\text{m}$	48	22	29	42	40
Rz $\mu\text{m}$	51	45	89	181	196
碱浸渍-盐水喷雾试验 (1) 30% KOHaq, 100°C, 240h 评分	1	1	1	1	1

[0149] 在上述的碱浸渍-盐水喷雾试验中,若在试验对象面存在镀镍劣化的部位,则评分较差。而且,在将试验片与垫片一起紧固并浸渍于碱液中时,试验片与垫片之间的密封性越差,越会有大量的碱液大范围浸入试验片与垫片之间,因此,试验对象面的镀镍容易大范围劣化。当镀镍劣化时,碱液进一步浸入该劣化的部位,因此密封性进一步劣化而导致恶性循环。实施例1~5的试验片均在碱浸渍-盐水喷雾试验中显示出良好的成绩。

[0150] 在镀敷后钢板的表面粗糙度作为算术平均粗糙度Ra而超过了 $10\mu\text{m}$ 的比较例1~5的试验片中,虽然镀敷厚度为 $27\mu\text{m}$ 以上,但在碱浸渍-盐水喷雾试验中显示出较差的结果。

[0151] <实施例6和比较例6~7>

[0152] (碱浸渍-盐水喷雾试验(2))

[0153] 在表3中示出各浸渍用样本的镀敷前后的性状。将各浸渍用样本在碱液(48质量%氢氧化钾水溶液,120°C)中浸渍2000小时。对于金属腐蚀而言,这是比实施例1~5和比较例1~5中的条件更加严峻的条件。在将浸渍用样本从碱液中提起之后,进行解体、水洗以及干燥。对于试验片与垫片接触的面(试验对象面),与上述同样地进行了盐水喷雾试验,评价了经过72小时之后的试验对象面的表面状态。在表3中示出结果。

[0154] [表3]

表3		实施例	比较例	
		6	6	7
	镀敷法	化学镀	化学镀	化学镀
	镀敷厚度 $\mu\text{m}$	31	25	14
[0155]	镀敷前钢板的表面粗糙度			
	Ra $\mu\text{m}$	6	7	6
	Rz $\mu\text{m}$	20	28	23
	镀敷后钢板的表面粗糙度			
	Ra $\mu\text{m}$	8	9	8
	Rz $\mu\text{m}$	32	31	26
	碱浸渍-盐水喷雾试验 (2) 48% KOHaq, 120°C, 2000h 评分	3	2	1

[0156] 在对实施例6和比较例6~7进行的碱浸渍-盐水喷雾试验中也是同样地,若在试验对象面存在镀镍劣化的部位,则评分较差。而且,在将试验片与垫片一起紧固并浸渍于碱液时,试验片与垫片之间的密封性越差,越会有大量的碱液大范围浸入试验片与垫片之间,因此,试验对象面的镀镍容易大范围劣化。当镀镍劣化时,碱液进一步浸入该劣化的部位,因此密封性进一步劣化而导致恶性循环。本试验与比实施例1~5、比较例1~5的试验相比,碱液的腐蚀性较高,而且碱浸渍的时间也较长,因此该恶性循环更容易推进。但是,实施例6的试验片在碱浸渍-盐水喷雾试验中显示出良好的成绩。

[0157] 在镀敷厚度小于 $27\mu\text{m}$ 的比较例6~7的试验片中,虽然镀敷后钢板的表面粗糙度作为算术平均粗糙度Ra而为 $10\mu\text{m}$ 以下,但在碱浸渍-盐水喷雾试验中显示出较差的结果。

[0158] 基于以上的结果可以认为,根据本发明的碱性水电解槽,在对于金属腐蚀而言条件较为严峻的阳极室侧中,也能够抑制阳极液和阳极室气体的密封性的降低。另外,可以认为,在对于金属腐蚀而言较为严峻的条件下,也能够使凸缘部的垫片接触面的镀镍长寿命化。

[0159] 附图标记说明

[0160] 10、第1框体;20、第2框体;210、第3框体;10a、20a、210a、(钢制的)芯材;14、214、第1镀镍层;24、224、第2镀镍层;11、21、211、(导电性的)分隔壁;12、212、第1凸缘部;22、222、第2凸缘部;13、213、23、223、(导电性的)支承构件;30、垫片;31、第1垫片要素;32、第2垫片要素;40、(离子透过性的)隔膜;50、阳极;60、阴极;100、200、电解槽;A、A1、A2、阳极室;C、C1、C2、阴极室。

100

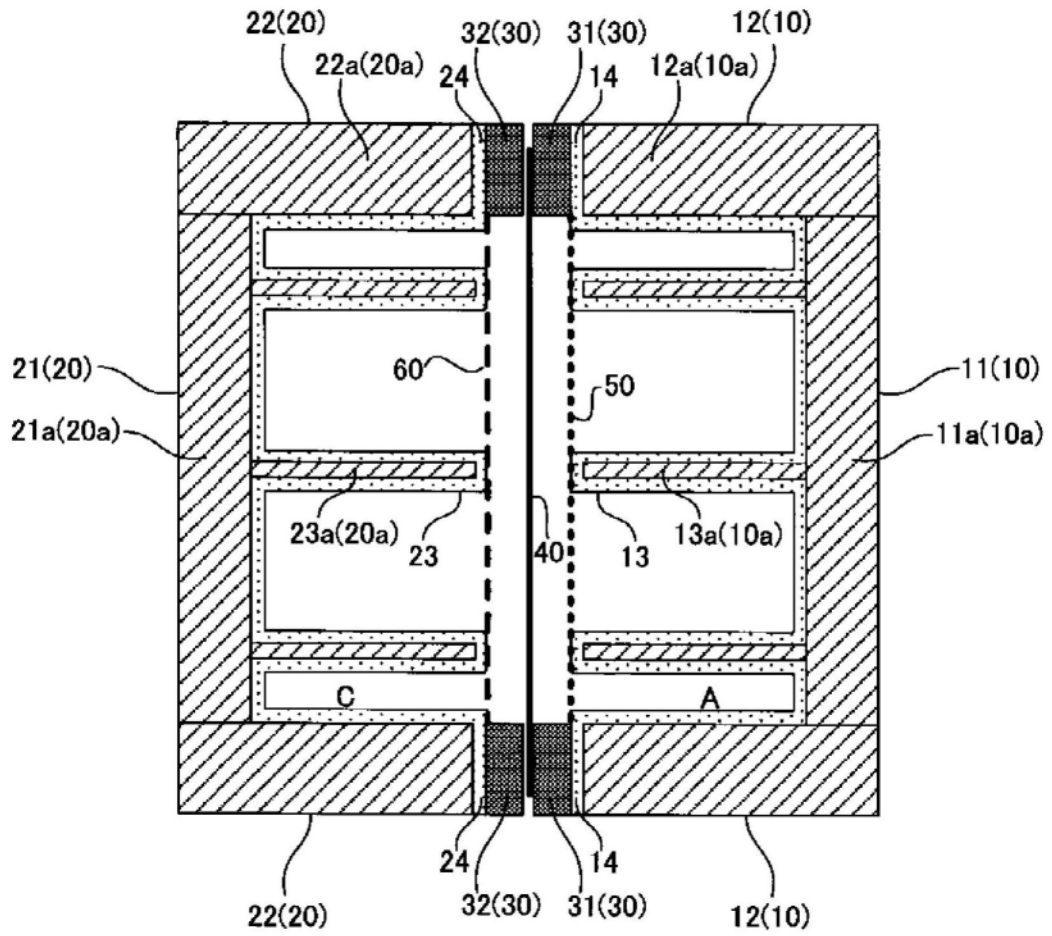


图1

10

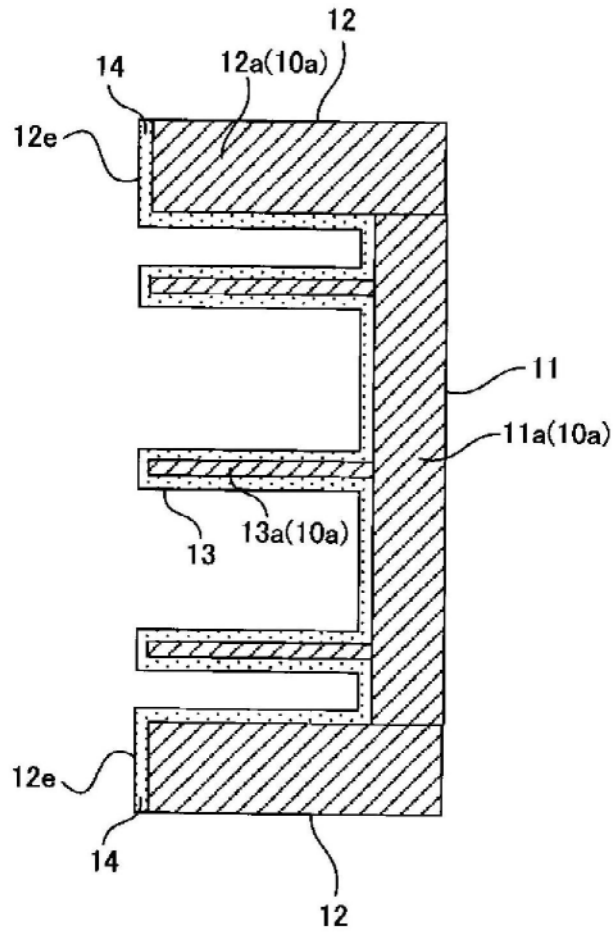


图2

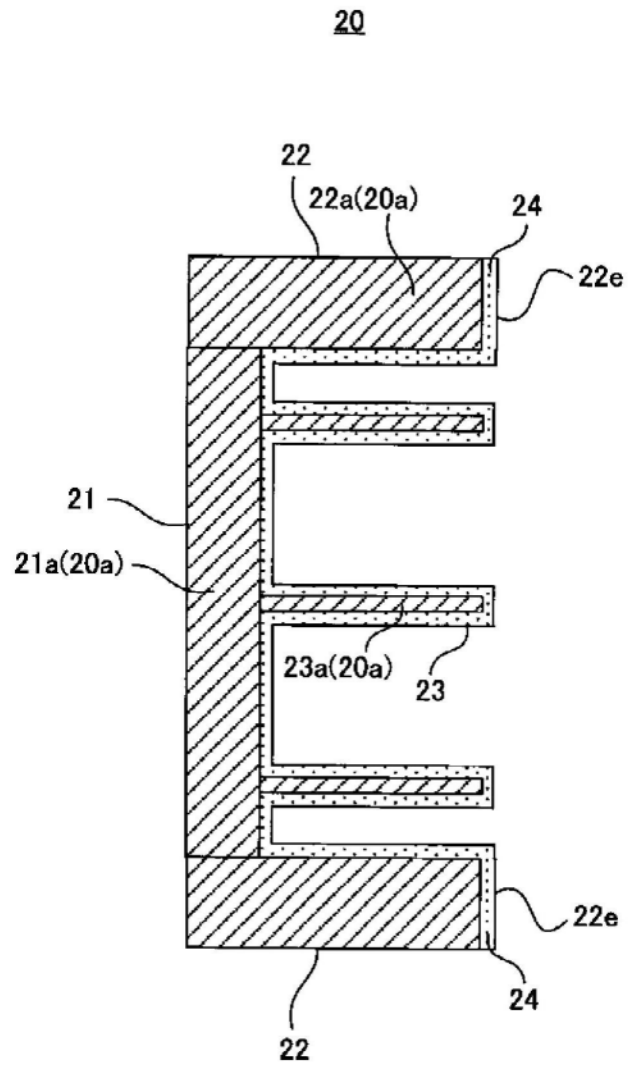


图3

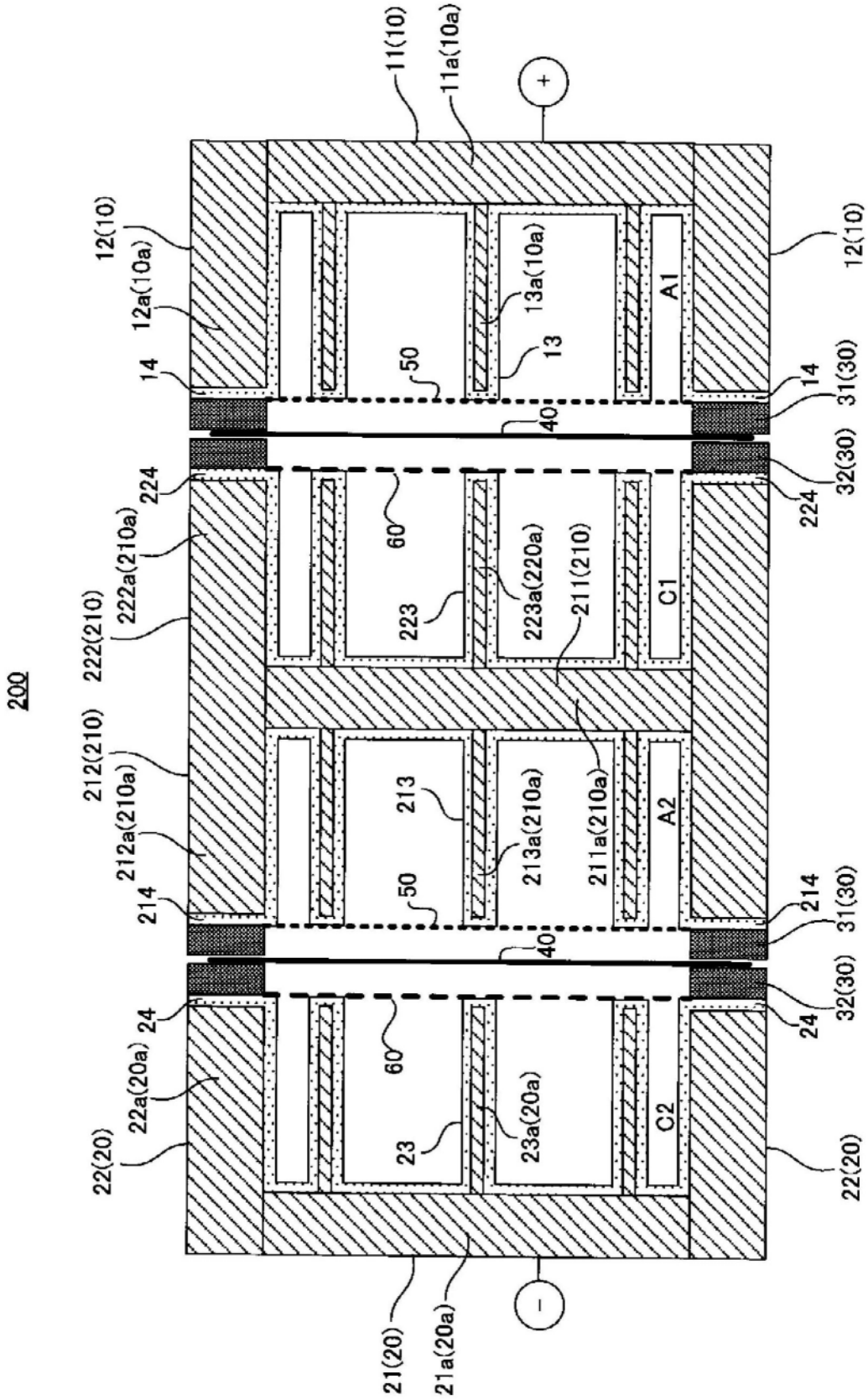


图4

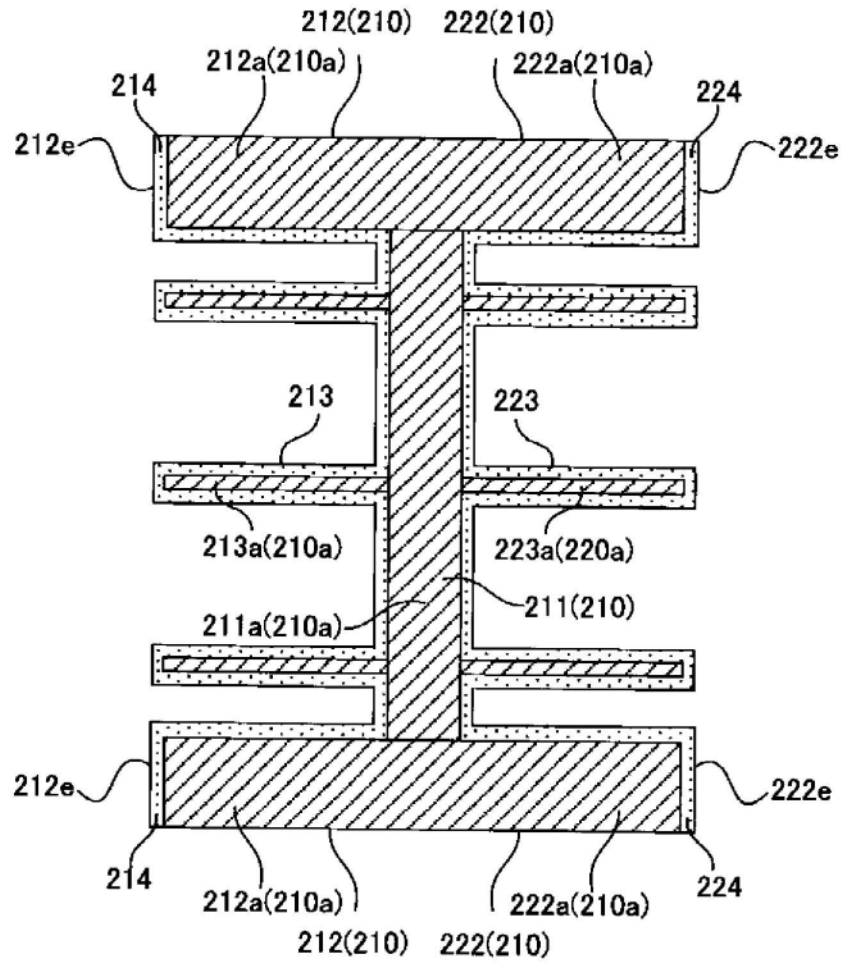


图5