(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 105247109 A
(43)申请公布日 2016.01.13

(21)申请号 201480023590.8
(22)申请日 2014.04.25
(30)优先权数据
102013207737.8 2013.04.26 DE
(85)PCT国际申请进入国家阶段日
2015.10.26
(86)PCT国际申请的申请数据
PCT/EP2014/058478 2014.04.25
(87)PCT国际申请的公布数据
WO2014/174089 DE 2014.10.30
(71)申请人 西格里碳素欧洲公司
地址 德国威斯巴登
(72)发明人 弗兰克·希尔特曼 马库斯·普费弗
(74)专利代理机构 中原信达知识产权代理有限责任公司 11219
代理人 杨靖 车文
(51)Int.Cl.
C25C 3/08(2006.01)
C25C 3/16(2006.01)

权利要求书2页 说明书12页 附图5页

(54)发明名称

具有具不同深度的狭槽和固定系统的阴极块

(57)摘要

一种基于碳和/或石墨的用于铝电解槽的阴极块，其具有用于接纳至少一根母线的至少一个狭槽，所述狭槽在所述阴极块的纵向方向上延伸，其中当在所述阴极块的长度上观察时，所述至少一个狭槽中的至少一者具有变化的深度，且其中在所述阴极块的纵向方向上水平延伸的至少一个凹陷部被设置在邻接所述至少一个狭槽的阴极块壁中。根据另一实施例，一种基于碳和/或石墨的用于铝电解槽的阴极块具有用于接纳至少一根母线的至少一个狭槽，所述狭槽在所述阴极块的纵向方向上延伸，其中当在所述阴极块的长度上观察时，所述至少一个狭槽中的至少一者具有变化的深度，且其中此狭槽与壁邻接，突出到所述狭槽中的至少一个突部突起部被设置在所述壁上。

CN 105247109 A

1. 一种基于碳和 / 或石墨的用于铝电解槽的阴极块 (20)，其中所述阴极块 (20) 具有在所述阴极块 (20) 的纵向方向上延伸的用于容纳至少一根母线 (28) 的至少一个狭槽 (26)，其中当在所述阴极块 (20) 的长度上观察时，所述至少一个狭槽 (26) 中的至少一者具有不同的深度，其中在所述阴极块 (20) 的邻接具有不同深度的所述至少一个狭槽 (26) 的壁 (32、34) 中设置了至少一个凹陷部 (36、36')，所述凹陷部在所述阴极块 (20) 的所述纵向方向上水平延伸。

2. 如权利要求 1 所述的阴极块 (20)，其特征在于，具有不同深度的所述至少一个狭槽 (26) 中的所述至少一者在其纵向末端处具有比在其中心处浅的深度。

3. 如权利要求 1 或 2 所述的阴极块 (20)，其特征在于，邻接具有不同深度的所述至少一个狭槽 (26) 的所述壁 (32、34) 包括底壁 (34) 和两个侧壁 (32)，其中每一侧壁 (32) 包括至少一个凹陷部 (36、36')，其所述至少一个凹陷部 (36、36') 在所述阴极块 (20) 的所述纵向方向上水平延伸。

4. 如权利要求 3 所述的阴极块 (20)，其特在于，所述至少一个凹陷部 (36、36') 中的至少一者在所述至少一个狭槽 (26) 的总长度的至少 60％上延伸。

5. 如权利要求 4 所述的阴极块 (20)，其特征在于，所述至少一个凹陷部 (36、36') 中的至少一者具有在 0.5mm 与 40mm 之间的深度。

6. 如权利要求 5 所述的阴极块 (20)，其特在于，所述至少一个凹陷部 (36、36') 中的至少一者相对于所述阴极块 (20) 的高度具有在 2mm 与 40mm 之间的开口宽度。

7. 一种阴极布置，其含有如权利要求 1 至 6 中的至少一项权利要求所述的至少一个阴极块 (20)，其中在至少一个阴极块 (29) 的具有不同深度的所述至少一个狭槽 (26) 中的至少一者中设置了至少一根母线 (28)，所述母线至少部分具有铸铁 (38) 或捣固糊的封装 (39)，所述封装至少在多个节段中与所述至少一个凹陷部 (36、36') 接合。

8. 一种基于碳和 / 或石墨的用于铝电解槽的阴极块 (20)，其具有至少一个狭槽 (26)，所述狭槽在所述阴极块 (20) 的纵向方向上延伸且用于容纳至少一根母线 (28)，其中当在所述阴极块 (20) 的长度上观察时，所述至少一个狭槽 (26) 中的至少一者具有不同的深度，其中此狭槽 (26) 由壁 (32、34) 限定，其中在所述壁 (32、34) 处，存在延伸到所述狭槽 (26) 中的至少一个突部突起部 (50)。

9. 如权利要求 8 所述的阴极块 (20)，其特征在于，所述壁 (32、34) 包括底壁 (34) 和两个侧壁 (32)，其中在所述底壁 (34) 处，设置了延伸到所述狭槽 (26) 中的至少一个突部突起部 (50)，所述突部突起部优选地垂直延伸到所述至少一个狭槽 (26) 中。

10. 如权利要求 8 或 9 所述的阴极块 (20)，其特征在于，所述至少一个突部突起部 (50) 在其与所述底壁 (34) 相对的侧上具有用于至少一根母线 (28) 的至少一个支撑表面，所述支撑表面至少在多个节段基本上平行于所述阴极块 (20) 的与所述狭槽 (26) 相对的侧的表面延伸。

11. 如权利要求 10 所述的阴极块 (20)，其特征在于，所述至少一个突部突起部 (50) 的与所述底壁 (34) 相对的侧由一个表面限定，当在所述阴极块的纵向方向上观察时，所述表面包括两个外节段 (52、52') 和布置在它们之间的一个中间节段 (54)，其中所述两个外节段 (52、52') 在每一情形中形成用于一根母线 (28) 的支撑表面，且在每一情形中被设计成相对于所述阴极块 (20) 的与所述狭槽 (26) 相对的所述侧的所述表面在平面上、优选地至

少基本上成直角且平行地延伸，且相对于狭槽 (26) 的深度处在相同高度，而另一方面，不同于所述两个外节段 (52、52')，所述中间节段 (54) 在从所述底壁 (34) 观察时被设计成具有凸起形状以延伸到所述狭槽 (26) 中。

12. 如权利要求 11 所述的阴极块 (20)，其特征在于，当在所述阴极块 (20) 的所述纵向方向上的截面中观察时，所述中间节段 (54) 被设计成矩形形状，使得阶状物在每一情形中形成在所述两个外节段 (52、52') 与所述中间节段 (54) 之间形成阶状物。

13. 如权利要求 11 所述的阴极块 (20)，其特征在于，所述至少一个突部突起部 (50) 相对于所述阴极块 (20) 的纵向延伸部布置在所述狭槽 (26) 具有其最大深度的地方。

14. 如权利要求 13 所述的阴极块 (20)，其特征在于，所述至少一个突起部 (50) 由与所述阴极块 (20) 的剩余部分相同的材料构成。

15. 一种如权利要求 1 至 6 或 8 至 14 中的至少一项权利要求所述的阴极块 (20) 或如权利要求 7 所述的阴极块布置 (12) 的用途，其所述阴极块 (20) 或所述阴极布置 (12) 用于进行熔盐电解以生产金属，优选地生产铝。

具有具不同深度的狭槽和固定系统的阴极块

[0001] 本发明涉及用于铝电解槽的阴极块、该阴极块的利用并且还涉及包括该阴极块的阴极。

[0002] 电解槽用于例如铝的电解生产，其在工业规模上通常根据霍尔赫鲁特过程(Hall-Héroult process)进行。在霍尔赫鲁特过程中，电解氧化铝和冰晶石的熔融混合物。此处，冰晶石，$Na_3[AlF_6]$，用于将熔点从纯氧化铝的2045℃的熔点降低到含有冰晶石、氧化铝和另外的物质（诸如，氟化铝和氟化钙）的混合物的大约950℃的熔点。

[0003] 用于这个过程中的电解槽包括阴极底部，其由形成阴极的多个（例如，多达28个）相邻阴极块构成。此处，阴极块之间的中间空间通常填充有含碳捣固糊，以便针对电解槽的熔融组分密封阴极，且以便补偿当电解槽开始操作时产生的机械应力。所述阴极块通常由含碳材料（诸如，石墨）制成，以便耐受当槽处在操作中时普遍存在的热条件和化学条件。所述阴极块的下侧通常设置有狭槽，在每个狭槽中的每个中布置有一根或两根母线，经由阳极供应的电流通过该母线放电。此处，母线和邻接狭槽的单个阴极块壁之间的中间空间通常填充有铸铁，使得如此产生的使用采用铸铁的母线封装将母线电连接和机械连接到阴极块。在阴极的顶侧上的液态铝层（其通常为15到50cm厚）上方约3到5cm处，存在阳极，所述阳极具体地由单独的阳极块形成。电解质（换句话讲，含有氧化铝和冰晶石的熔融物料）存在于这个阳极与铝的表面之间。在电解（其通常在大约1000℃下进行）期间，如此形成的铝因为比电解质重而沉淀沉积在电解质层下方－换句话讲，作为阴极的顶侧与电解质层之间的中间层。在电解中，溶解在熔融物料中的氧化铝通过电流流动被分解成铝和氧气。从电化学角度来看，液态铝层是实际的实质上的阴极，这是因为铝离子在其表面上被还原成元素铝。然而，在下文中，术语阴极将不指代从电化学角度来看的阴极（换句话讲，液态铝层），而是指代例如由一或多个阴极块构成且形成电解槽的底部的组件。

[0004] 用于霍尔赫鲁特过程中的阴极布置的一个主要缺点是其相对较差的耐磨性，这体现为电解期间从阴极块表面的材料移除。因此，由于电流在阴极块内的不均分分布，所以材料在阴极块的长度上从阴极块表面被不均匀地移除，而在阴极块的末端处移除程度较大，其结果是，在电解已进行一定的时间之后，阴极块的表面呈现W形轮廓。由于材料从阴极块表面的不均匀移除，所以阴极块的使用寿命受到受限于最大的材料移除为最大的位置的限制。为解决这个问题，在WO 2007/118510 A2中提出一种阴极块，所述阴极块的狭槽（其旨在容纳一或多根母线）相对于阴极块长度在中心位置具有比在阴极块末端处更大的深度。在电解槽的操作中，这导致阴极块长度上的基本上均匀的垂直电流分布，由此减少了阴极块末端处的较高磨损且因此延长了阴极的使用寿命。此处，（多根）母线以通常惯常的方式被封入在铸铁中，由此这种封装通过将液态铸铁浇注到狭槽与（多根）母线之间的中间空间中来实现这种封装。然而，这种阴极块受到多个缺点的牵制。当将液态铸铁浇注到狭槽与（多根）母线之间的中间空间中时，且然后当包括阴极块的电解槽开始操作时，且然后当关闭且然后随后重新启动电解槽时，阴极块暴露于相当大的温度变化，其导致铸铁和（多根）母线相对于阴极块膨胀或收缩。这种膨胀或收缩效应可通过所出现的温度梯度而被放大。当在下文中使用短语‘（多个）大温度变化’时，其应理解为指示所提及的效应中的一

者或两者－换句话讲，存在膨胀／收缩或温度梯度。因为铸铁和（多根）母线的材料具有比阴极块材料高的热膨胀系数，所以当存在温度上升时，铸铁和（多根）母线相对于阴极块膨胀，而另一方面，温度下降导致铸铁和（多根）母线相对于阴极块收缩。这致使母线、铸铁和阴极块之间的电接触劣化（尤其就具有矩形横截面的常见狭槽而言），且这继而导致所述布置的较高电阻较高且因此导致电解过程的低能量效率。除此之外，在将液态铸铁浇注到狭槽与（多根）母线之间的中间空间中时，（多根）母线不仅可垂直移动而且可水平移动，使得当液态铸铁被注入且接着当铸铁冷却且凝固时，（多根）母线可在狭槽中不受控制地移动。这还可导致母线、铸铁和阴极块之间的不均匀的电接触。这还导致所述布置的较高电阻较高且因此导致电解过程的低能量效率。还可使用捣固糊来替代铸铁。基于无烟煤、石墨或它们的任何混合物的捣固糊可用作捣固糊。优选地使用基于石墨的捣固糊。

[0005] 为阻止或至少阻碍母线在阴极块的狭槽中滑动，在 WO 2012/107412 A2 中提出了在邻接阴极块的带石墨箔衬里的狭槽的壁中设置至少一个凹陷部，且在将（多根）母线安装在狭槽中之后，使用液态铸铁填充狭槽与（多根）母线之间的中间空间，填充方式为使得凝固的铸铁与至少一个凹陷部啮合。如果狭槽的深度在阴极块的长度上变化，那么至少一个凹陷部应平行于狭槽的底部延伸－即，相对于水平方向倾斜地延伸－换句话讲，维持与狭槽的底壁的恒定距离，以便确保（多根）母线可平行于狭槽底部移位。然而，因为以下原因这是不利的：由于铸铁和（多根）母线的材料具有比阴极块材料高的热膨胀系数的事实，所以剪切应力由温度变化会引起剪切应力，所述温度变化在将液态铸铁浇注到狭槽与（多根）母线之间的中间空间时，且然后还在包括阴极块的电解槽开始操作时，且在关闭且（如果适用）随后重新启动电解槽时发生，这些温度变化一方面在铸铁与（多根）母线之间发生且另一方面在铸铁与阴极块之间发生。这些剪切应力可导致损坏，诸如，阴极块的破裂或甚至阴极块的断裂，这损害了阴极块的功能。这种损坏导致母线或铸铁与阴极块之间的导电率降低，且导致布置的稳定性下降或甚至导致整个布置失效。如上所述，此处还可使用捣固糊来替代铸铁。

[0006] 当下文提及铸铁时，应理解，捣固糊可取代铸铁而这无需每次明确陈述。

[0007] 因此，本发明的目的是提供一种特别适合用于铝电解槽中的阴极块，使用所述阴极块，当电解槽处在操作中时在阴极块的长度上实现了基本上均匀的垂直电流分布，在（多根）母线被安装且封入在铸铁中的情况下，所述阴极块甚至在温度变化较大的情况下还具有较低的特定电阻，且具体地在长时间操作期间具有封入在铸铁中的母线与阴极块之间的永久较低的特定电阻和低过渡电阻，且所述阴极块在温度变化较大的情况下相对于机械损坏（诸如，破裂）是稳定的，即使在（多根）母线被安装且封入在铸铁中的情况下也是如此。还可使用捣固糊来替代铸铁。

[0008] 根据本发明，这个问题通过基于碳和／或石墨的用于铝电解槽的阴极块来解决，其中所述阴极块具有在该阴极块的纵向方向上延伸的用于容纳至少一根母线的至少一个狭槽，其中当在该阴极块的长度上观察时所述至少一个狭槽中的至少一者具有不同的深度，其中在邻接具有不同深度的至少一个狭槽的阴极块壁中设置至少一个凹陷部，所述凹陷部在阴极块的纵向方向上水平延伸。

[0009] 在本发明的上下文内，凹陷部在阴极块的纵向方向上水平延伸应理解为凹陷部平行于阴极块的纵向平面延伸。此处，平行延伸表示凹部在其所有位置处均相对于阴极块的

纵向平面具有小于8°、优选地小于5°、非常优选地小于2°、特别优选地小于1°、极其优选地小于0.5°且最优选地小于0.1°的角度。在此上下文中，纵向平面应理解为在阴极块的纵轴的方向上延伸且平行于阴极块侧的与狭槽相对的表面延伸的平面。

[0010] 此外，在本发明的上下文内，凹陷部不同于仅仅表面粗糙度，应理解为相对于邻接狭槽的壁的表面具有至少0.5mm且优选地至少2mm的深度的凹陷部。

[0011] 根据本发明，应意识到，由于在邻接阴极块狭槽的壁中设置了在阴极块的纵向方向上水平延伸的至少一个凹陷部，且优选地在侧壁中的两者中设置所述凹陷部，具体地还在在阴极块中形成具有不同深度的狭槽时，产生一种阴极块，所述阴极块即使在母线被安装在狭槽中且封入铸铁中的情况下也具有低电阻和低过渡电阻。除此之外，由于在邻接阴极块中的狭槽的壁中设置了在阴极块的纵向方向上水平延伸的凹陷部，所以在母线被安装在狭槽中且封入在铸铁中的情况下可靠地防止对阴极块的机械损坏（诸如，阴极块的破裂），即使在温度变化较大的情况下也如此。一方面，使用在阴极块的纵向方向上具有不同长度的狭槽在阴极块表面处产生某种电流密度分布，所述电流密度分布是如此均匀使得当包括阴极块的电解槽处在操作中时，在当使用在其纵向方向上具有恒定狭槽深度的阴极块时将存在较高局部电流密度的区域中有效地防止阴极块材料的过量移除。通过对狭槽深度进行适当调整，可修改电流密度分布且在宽泛的限度内使其均等。由于阴极块在其狭槽中具有在阴极块的纵向方向上水平延伸的凹陷部，所以实现了封入在铸铁中的母线在阴极块的狭槽中的垂直固定，其仍然允许在阴极块的水平方向上的一定量的移动。由于封入在铸铁中的母线的这种水平移动性，尤其在当包括阴极块的电解槽开始操作且然后或关闭时发生突然的温度变化的情况下，可靠地防止在封入在铸铁中的母线与阴极块之间出现剪切应力，在凹陷部倾斜配置的情况下，将由于铸铁和母线相对于阴极块的较大膨胀或收缩而出现剪切应力，其中铸铁和母线相对于阴极块的较大膨胀或收缩是由于铸铁和（多根）母线的材料具有比阴极块材料高的热膨胀系数。以此方式，即使当电解槽长时间操作时也可靠地防止对阴极块的损坏（例如，以阴极块的破裂或甚至断裂的形式），而同时确保母线或铸铁与阴极块之间的良好的电导率。由于封入在铸铁中的母线在阴极块的狭槽中垂直固定，所以由于当槽开始操作时阴极条/铸铁布置相对于阴极块的热膨胀而出现阴极条/铸铁布置抵着狭槽底部的有利按压。以此方式，实现了改善的电接触，其导致较低电阻较低且因此导致较高能量效率。在优于从WO 2012/107412 A2知晓的阴极块的另一优点中，尤其当阴极块中的狭槽未覆盖有施加起来同样价格高昂的昂贵石墨箔时也实现了这些良好特性。总而言之，即使具有较大温度变化，也如此实现了对拉伸应力、剪切应力和压缩应力（诸如由铸铁、母线以及阴极块的不同热膨胀系数引起）的控制，这确保了阴极块的良好的电导率和优异的机械稳定性，即使在母线被安装在狭槽中且封入在铸铁中的情况下也是如此。

[0012] 为在电解操作期间在阴极块表面处实现特别均匀的垂直电流密度分布，在本发明的概念的发展中提出，至少一个狭槽中的至少一者或优选地具有不同深度的所有狭槽在它或它们的纵向末端处具有比在它或它们的中心位置小浅的深度。以此方式，在阴极块的整个长度上实现了在电解操作期间供应的电流的均匀分布，由此在阴极块的纵向末端处避免了过高的电流密度且因此防止了阴极块的末端处的过早磨损。由于在阴极块的长度上的这种均匀电流密度分布，避免了由电解期间的电磁场的相互作用引起的铝熔体的移动，由此可在铝熔体的表面上方的较低高度处布置阳极。这降低了阳极与铝熔体之间的电阻，且提

高了所进行的熔盐电解的能量效率。本实施例的另一特别优点是，使用这种狭槽设计，设置在狭槽的凹陷部中且可能地封入在铸铁中的（多根）母线在当电解槽开始操作时发生的温度上升期间和温度上升之后水平膨胀，由此，此时（多根）母线中的每一者被抵着邻接狭槽的阴极块底壁按压，由此降低了封入在铸铁中的母线与阴极块之间的过渡电阻。

[0013] 在前述实施例中，当在阴极块的纵向方向上观察时，具有不同深度的至少一个狭槽中的至少一者的深度优选地从一个纵向末端到阴极块的中心以至少基本上恒定的梯度增大，且优选地从阴极块的中心到另一纵向末端以至少基本上恒定的梯度减小，使得当在阴极块的纵向截面中观察时，产生至少基本上为三角形的狭槽。以此方式，在更大程度上实现了上述优点。

[0014] 根据本发明的另一个优选实施例，邻接具有不同的深度的至少一个狭槽的壁具有底壁和两个侧壁，其中两个侧壁中的每个具有在阴极块的纵向方向上水平延伸的至少一个凹陷部。以此方式，实现了母线在狭槽中的特别良好的垂直固定，而同时母线在水平方向上具有充分大的移动性，以便在具有较大的温度变化的情况下也可靠地防止由于铸铁、母线和阴极块具有不同热膨胀系数而出现剪切应力。

[0015] 优选地，邻接具有不同的深度的至少一个狭槽的壁包括底壁和两个侧壁，其中每个侧壁恰好具有在阴极块的纵向方向上水平延伸的一个凹陷部。以此方式，在相对低的生产成本下，实现了母线在狭槽中的特别良好的垂直固定，而同时母线在水平方向上具有充分大的移动性，以便即使在具有较大的温度变化的情况下也可靠地防止由于铸铁、母线和阴极块具有不同热膨胀系数而出现剪切应力。

[0016] 同样优选的是使邻接具有不同的深度的至少一个狭槽的壁包括底壁和两个侧壁，其中每个侧壁具有在阴极块的纵向方向上水平延伸的两个凹陷部。以此方式，当单个凹陷部的深度相对浅时，也实现了母线在狭槽中的特别良好的垂直固定，而其同时在水平方向上具有充分大的移动性。

[0017] 此处，阴极块可具有布置在阴极块的同一侧上的两个狭槽，其中所述两个狭槽具有相同的尺寸且它们的邻接壁在每个情形中包括底壁和两个侧壁，其中每个侧壁具有在阴极块的纵向方向上水平延伸的凹陷部，或其中每个侧壁具有在阴极块的纵向方向上水平延伸的两个凹陷部。以此方式，在相对低的生产成本下，针对具有两个狭槽的阴极块实现了两根母线在狭槽中的特别良好的垂直固定，而其同时在水平方向上具有充分大的移动性，以便即使在具有较大的温度变化的情况下也可靠地防止由于铸铁、母线和阴极块具有不同热膨胀系数而出现剪切应力。

[0018] 作为对以上实施例的替代，所述阴极块也可仅具有一个狭槽。

[0019] 基本上，至少一个狭槽可具有任何已知横截面形状，其中，然而当至少一个狭槽中的至少一者且优选地当至少一个狭槽中的每一者具有至少基本上为矩形但优选地实际上为矩形的横截面时获得特别良好的结果。

[0020] 为确保母线（在适用的情况下被封入在铸铁中）在垂直方向上被特别良好地固定在狭槽中，而同时在水平方向上具有充分的移动性，在本发明的概念的发展中提出，至少一个凹陷部中的至少一者且尤其优选地至少一个凹陷部中的每一者在至少一个狭槽的整个长度的至少 60％、优选地至少 80％、尤其优选地至少 90％、非常尤其优选地至少 95％上且最优选地至少在至少一个狭槽的大约整个长度上延伸。

[0021] 出于同样的原因优选的是，至少一个凹陷部中的至少一者且尤其优选地至少一个凹陷部中的每一者具有 0.5mm 到 40mm、优选地在 2mm 与 30mm 之间且尤其优选地在 5mm 与 20mm 之间的深度。

[0022] 出于同样的原因优选的是，至少一个凹陷部中的至少一者且尤其优选地至少一个凹陷部中的每一者相对于阴极块的高度具有 2mm 到 40mm、优选地在 5mm 与 30mm 之间且尤其优选地在 10mm 与 20mm 之间的开口宽度。

[0023] 基本地，所述至少一个凹陷部可具有任何多边形或弯曲横截面。当至少一个凹陷部中的至少一者且尤其优选地至少一个凹陷部中的每一者具有基本上为半圆形、三角形、矩形或梯形且优选地半圆形、三角形、矩形或梯形的横截面时，尤其实现了关于如下的良好结果：铸铁封装与所述至少一个凹陷部的良好接合，且同时关于凹陷部在浇铸期间使用铸铁的可靠且不成问题的填充能力的良好结果。

[0024] 根据本发明的另一个优选实施例，至少一个凹陷部至少基本上正交地、优选地正交地延伸到邻接至少一个狭槽的阴极块壁中。

[0025] 根据本发明，当在狭槽的深度的方向上观察时，至少一个凹陷部在其各个末端中的每一者处由该凹陷部与和与其毗邻的狭槽壁节段之间的过渡区域限定。如果这个过渡区域具有角形状，那么当从阴极块的内侧观察时，狭槽壁的毗邻节段与凹陷部的壁之间的角度的量测值将优选地为 90° 到 160°、尤其优选地为 90° 到 135° 且非常尤其优选地为 100° 到 120°。

[0026] 在这个过渡区域具有弯曲的（可能但不一定理想地圆弯曲）形状的情况下，过渡区域的曲率半径将优选地最大为 50mm、尤其优选地最大为 20mm 且最尤其优选地最大为 5mm。

[0027] 此外，本发明涉及一种阴极布置，其含有至少一个先前描述的阴极块，其中在所述至少一个阴极块的具有不同深度的至少一个狭槽中的至少一者中设置至少一根母线，所述母线至少部分封入在铸铁中，所述铸铁至少在多个节段中与至少一个凹陷部接合。

[0028] 根据本发明的优选实施例，所述与至少一个凹陷部接合的铸铁封装的节段具有与凹陷部互补的形状。以此方式，可实现铸铁封装与凹陷部的特别良好的互锁接合且因此实现铸铁封装和相关联母线与阴极块的特别有效的机械附接，然而，其仍然允许母线在水平方向上的充分的移动性以避免由较大温度变化引起的铸铁、母线和阴极块之间的剪切应力。

[0029] 优选地，铸铁封装在其长度的至少 50％、更优选地 80％、尤其优选地至少 90％、非常尤其优选地至少 95％上且最优选地在基本上其全长上与至少一个凹陷部接合。以此方式，在特别高的程度上实现了上述优点。

[0030] 出于同样的原因，根据本发明的另一个优选实施例，设想了与至少一个凹陷部和（在适用的情况下）由其封入的母线接合的封装的节段填充凹陷部的至少 70％、优选地至少 80％、尤其优选地至少 90％、非常尤其优选地至少 95％且最优选地填充凹陷的 100％。以此方式，可尤其可靠地防止母线在阴极块的垂直方向上的非所要移位且尤其防止母线掉出狭槽。

[0031] 在本发明的概念的发展中，提出了阴极布置的阴极块具有狭槽，所述狭槽具有至少基本上为矩形但优选地为矩形的横截面，并且一根或两根毗邻母线安装在狭槽中，其中

狭槽与（多根）母线之间的中间空间填充有铸铁，填充方式为使得铸铁在至少基本上其整个长度上与至少一个凹陷部接合。

[0032] 本发明的另一主题是一种阴极，其包括至少一个先前描述的阴极块或至少一个一种先前描述的阴极布置。

[0033] 此外，本发明涉及使用先前描述的阴极块的用途、先前描述的阴极布置的用途或先前描述的阴极来用于进行熔盐电解以生产金属，即优选地生产铝的用途。

[0034] 本发明的另一主题是一种基于碳和/或石墨的用于铝电解槽的阴极块，具体地讲，一种先前描述的阴极块，其具有至少一个狭槽，所述狭槽在阴极块的纵向方向上延伸且用于容纳至少一根母线，其中当在阴极块的长度上观察时，至少一个狭槽中的至少一者具有不同的深度，其中此狭槽由壁限定，其中在所述壁处，设置延伸到狭槽中的至少一个突部突起部。

[0035] 根据本发明，应认识到，通过设置延伸到狭槽中的至少一个突部突起部（其充当用于母线末端或它们的铸铁封装的支撑表面），具体地还通过给予阴极块中的狭槽不同的深度，产生了一种阴极块，在所述阴极块中，安装在狭槽中的母线且—特别地，另外在两根母线彼此相邻地安装在狭槽中的情形中（两根母线在每一情形中相对于阴极块的长度具有一半长度）-（多根）母线（这取决于突部突起部的设计）-在垂直和/或水平方向上固定，使得当（在产生具有一个阴极块且一或多根母线安装在其狭槽中且封入在铸铁中的阴极布置期间）将熔融铸铁浇注到狭槽与（多根）母线之间的中间空间中时且具体地还在铸铁的后续冷却和凝固期间，尽管铸铁和（多根）母线的材料通常具有比阴极块材料的热膨胀系数高的热膨胀系数，仍然可靠地防止了母线的不受控制的移动或移位，其中这种移动或移位可导致母线、铸铁和阴极块之间的不良或不均匀的电接触。延伸到狭槽中的至少一个突部突起部因此为可在其上搁置母线的一个端件或两根母线的两个端件的支撑凸耳或支撑柱。因此，由具有封入在铸铁中的一一根或多根安装母线的阴极块制成的阴极布置即使在较大温度变化中也具有封入在铸铁中的（多根）母线与阴极块之间的较低特定电阻和较低过渡电阻，且具体地还具有封入在铸铁中的（多根）母线与阴极块之间的永久较低特定电阻和较低过渡电阻。根据本发明的阴极块因此特别适于容纳彼此相邻地安装在狭槽中的两根母线（其在每一情形中相对于阴极块的长度具有一半长度），其中在此情形中，突部突起部优选地设置在阴极块的中心，使得在每一情形中，两根母线的一端可搁置在由突部突起部产生的支撑表面上。此外，根据本发明的阴极块还特别适于具有矩形横截面的母线。尤其在在阴极块的狭槽壁中额外地设置在阴极块的纵向方向上水平延伸的凹陷部的情形中，可靠地防止在母线被安装在狭槽中且封入在铸铁中的情况下对在邻接阴极块中的狭槽的壁中的阴极块的机械损坏（诸如，阴极块的破裂），即使在温度变化较大的情况下也是如此。此处，使用在阴极块的纵向方向上具有不同长度的狭槽在阴极块表面处产生某种电流密度分布，所述电流密度分布是如此均匀使得当包括阴极块的电解槽处在操作中时，在当使用在其纵向方向上具有恒定狭槽深度的阴极块时将存在较高局部电流密度的区域中有效地防止阴极块材料的过量移除。通过对狭槽深度进行适当调整，可修改电流密度分布且在宽泛的限度内使其均等。

[0036] 作为一个整体考虑，即使具有较大或较强的温度变化，也如此实现了对拉伸应力、剪切应力和压缩应力（其由于铸铁、母线以及阴极块具有不同热膨胀系数而出现）的控制，

这确保了阴极块的良好的电导率和优异的机械稳定性，即使在母线被安装在狭槽中且封入在铸铁中的情况下也是如此。为在电解操作期间在阴极块表面处实现特别均匀的垂直电流密度分布，在本发明的概念的发展中提出，至少一个狭槽中的至少一个狭槽或优选地具有不同深度的所有狭槽在它或它们的纵向末端处具有比在它或它们的中心位置小浅的深度。以此方式，在阴极块的整个长度上实现在电解操作期间供应的电流的均匀分布，由此在阴极块的纵向末端处避免了过高的电流密度且因此防止了阴极块的末端处的过早磨损。

[0037] 由于在阴极块的长度上的这种均匀电流密度分布，避免了由电解期间的电磁场的相互作用引起的铝熔体的移动，由此可在铝熔体的表面上方的较低高度处布置阳极。这降低了阳极与铝熔体之间的电阻，且提高了所进行的熔盐电解的能量效率。本实施例的另一特别优点是，使用这种设计，由至少一个突部突起部固定在适当位置的且可能地封入在铸铁中的（多根）母线在当电解槽开始操作时发生的温度上升期间和温度上升之后水平膨胀，由此，此时（多根）母线被抵着限定狭槽的（多个）阴极块狭槽的底壁按压，由此降低了封入在铸铁中的（多根）母线与阴极块之间的过渡电阻。

[0038] 在前述实施例中，当在阴极块的纵向方向上观察时，具有不同深度的至少一个狭槽中的至少一者的深度优选地从一个纵向末端到阴极块的中心以至少基本上恒定的梯度增大，且优选地从阴极块的中心到另一纵向末端以基本上恒定的梯度减小，使得当在阴极块的纵向截面中观察时，产生至少基本上为三角形的狭槽。以此方式，在更大程度上实现了上述优点。

[0039] 根据本发明的另一个优选实施例，邻接具有不同的深度的至少一个狭槽的壁包括底壁和两个侧壁，其中在底壁处设置突部突起部，所述突部突起部延伸到狭槽中且优选地垂直延伸到至少一个狭槽中。以此方式，可实现母线在狭槽中的特别良好的固定，即同时母线在水平方向上具有充分大的移动性，以便即使在具有较大的温度变化的情况下也可靠地防止由于铸铁、母线和阴极块具有不同热膨胀系数而出现剪切应力。

[0040] 根据本发明的另一个优选实施例，上述实施例中的至少一个突部突起部在其与底壁相对的侧上包括用于至少一根母线的至少一个支撑表面，所述支撑表面至少在多个节段中至少基本上平行于、优选地平行于侧阴极块侧的与狭槽相对的表面延伸－换句话讲，正交于为阴极块中的狭槽划定的壁的侧壁的底端延伸。这种支撑表面特别适合作为用于一根母线的支撑件或作为用于两根母线的支撑件。

[0041] 关于这一点的良好结果具体地在至少一个突部突起部的至少一个支撑表面中的至少一者被设计成相对于阴极块侧的与狭槽相对的表面在平面上、优选地至少基本上成直角且平行地、尤其优选地成直角且平行地延伸的情况下获得。

[0042] 为实现即使用于两根母线的两个相邻端件也足够大的支撑表面，在本发明的概念的发展中提出，与至少一个突部突起部的底壁相对的侧由支撑表面限定，所述支撑表面被设计成相对于阴极块的与狭槽相对的侧的表面完全在平面上、优选地至少基本上成直角且平行地、尤其优选地成直角且平行地延伸。在此实施例中，与阴极块的底壁相对的整个突起表面因此被设计为用于一根或多根母线的一个或多个端件的支撑表面。

[0043] 举例来说，上述实施例可通过将至少一个突起部设计成当在阴极块的纵向延伸部中的截面中观察时在其整个长度上至少基本上为矩形或梯形、优选地为矩形或梯形来实现，其中至少一个突起部的与底壁相对的侧由支撑表面限定，所述支撑表面被设计成相对

于阴极块的与狭槽相对的侧的表面在平面上、优选地至少基本上成直角且平行地、优选地成直角且平行地延伸。

[0044] 优选地，在阴极块的纵向延伸部中延伸的矩形支撑表面的延伸部的测量值将为20到600mm、尤其优选地50到400mm、非常尤其优选地100到300mm且最优选地150到250mm(例如，200mm)，而另一方面，在阴极块的宽度方向上延伸的矩形支撑表面的延伸部的测量值将优选地为在矩形支撑表面的平面中测量的狭槽的宽度的至少50％、进一步优选地至少80％、尤其优选地至少90％且非常尤其优选地100％的宽度。

[0045] 根据本发明的作为对上述实施例的替代且为尤其优选的实施例的实施例，与底壁相对的至少一个突部突起部的侧由一个表面限定，所述表面在在阴极块的纵向方向上观察时包括两个外节段和它们之间的一个中间节段，其中所述两个外节段在每一情形中形成用于一根母线的支撑表面且在每一情形中被设计成相对于阴极块的与狭槽相对的侧的表面在平面上延伸、优选地至少基本上成直角且平行地、尤其优选地成直角且平行地延伸，且所述表面相对于狭槽的深度处在相同高度，而另一方面，不同于两个外节段，中间节段在从底壁观察时被设计成具有凸起形状以延伸到狭槽中。这个实施例对于被设计成保持两根母线(其在每一情形中相对于阴极块的长度大约具有一半长度)的阴极块来说特别优选。这是因为由于设置在突部突起部的中间节段中的凸起部，突部突起部的在每一情形中形成的用于母线的一个端件的支撑表面的两个相邻外节段通过在狭槽的深度方向上延伸的隔断壁分隔，使得两根母线的端件搁置在隔断壁的相对侧上，由此两根母线不仅在垂直方向上固定而且在水平方向固定在两个端件处。由此实现的结果是，两根母线在出现由于温度上升的膨胀的情况下将在限定方向，即在阴极块的末端的方向上膨胀。以此方式，可封入在铸铁中的两根母线将在电解槽开始操作时发生的温度上升期间和温度上升之后，由于在阴极块末端的方向上的膨胀而在此时被抵着邻接狭槽的阴极块底壁在水平方向上按压，由此降低了封入在铸铁中的母线与阴极块之间的过渡电阻。

[0046] 为实现上文描述的特别高程度的优点，优选的是，当在阴极块的纵向方向上的截面中观察时，突部突起部的中间节段被给予矩形设计—换句话讲，为矩形凸耳的形状－使得在每一情形中在两个外节段与中间节段之间形成阶状物。在从支撑表面到凸起部的过渡区域中，此阶状物可为矩形或被修圆。

[0047] 当阶状物的高度是10到100mm、优选地40到80mm且尤其优选地50到70mm，而另一方面在阴极块的宽度方向上延伸的阶状物的延伸部是狭槽的宽度的优选至少50％、进一步优选地至少80％、尤其优选地至少90％且非常尤其优选地100％时，尤其实现了良好结果。

[0048] 举例来说，本实施例可通过至少一个突部突起部实现，当在阴极块的纵向方向上的截面中观察时，所述突部突起部被设计为在其高度的20％到80％且优选地30％到50％上至少基本上为矩形或梯形、优选地为矩形或梯形，其中在突部突起部与底壁相对的这个节段的侧上，当在阴极块的纵向方向上观察时在中心设置凸起部或凸耳且所述凸起部或凸耳在突部突起部的剩余高度上延伸。

[0049] 根据本发明的另一个优选实施例，设想了至少一个突部突起部相对于阴极块的纵向方向布置在狭槽具有其最大深度的地方，其中在此处不考虑突部该突起部本身。如先前已呈现为特别优选的，当具有不同深度的狭槽在其纵向末端处具有比在其中心浅的深度，

且具体地当在阴极块的纵向方向上观察时狭槽的深度至少从一个纵向末端一直到阴极块的中心至少基本上连续增大且从阴极块的中心到另一纵向末端以至少基本上恒定的梯度减小时，所述至少一个突部突起部因此相对于阴极块的纵向延伸部优选布置在中心。

[0050] 已进一步证明有利的是，使所述至少一个突部突起部在狭槽的总宽度的至少50％、优选地80％、尤其优选地90％上且非常尤其优选地在整个宽度上延伸。这首先导致突部突起部具有足够的机械稳定性且其次导致（多根）母线以它或它们的端件搁置在由突部突起部形成的（多个）支撑表面的至少主要部分或全宽上。基本上，所述至少一个突部突起部可由任何材料（诸如，举例来说，金属）组成。

[0051] 然而，优选的是，所述至少一个突部突起部由具有与阴极块的剩余部分的材料相同的热膨胀系数的材料组成。尤其优选的是，所述至少一个突部突起部由与阴极块的剩余部分相同的材料组成。

[0052] 根据本发明，所述阴极块的组合物是基于碳和/或石墨。关于充分高的电导率和充分高的耐磨性，此处在至少一个突部突起部和阴极块的剩余部分由非晶碳、石墨碳和/或石墨化碳制成的情况下尤其实现了良好结果。

[0053] 在本发明的概念的另一发展中，提出至少一个突部突起部和阴极块的剩余部分是整体的，即，是单件。这提供了突部突起部与阴极块的剩余部分的连接的特别高的机械稳定性。

[0054] 作为对此的替代，所述至少一个突部突起部可甚至通过连接部件附接到阴极块的底壁。举例来说，这可通过使用粘合剂（诸如，例如，合成树脂、乳香脂、焦油或类似物质或上述物质的任何混合物）将所述至少一个突部突起部粘附到阴极块的剩余部分或使用紧固元件将所述（多个）突起部机械附接到阴极块的剩余部分来实现。

[0055] 此外，本发明涉及一种阴极布置，其含有至少一个先前描述的阴极块，其中在所述至少一个阴极块中的具有不同深度的至少一个狭槽中的至少一者中设置了至少一根母线，所述母线优选地至少部分封入在铸铁中，其中所述母线（其可封入在铸铁中）至少搁置在至少一个突部突起部的节段上。

[0056] 所述阴极布置优选地包括至少一个阴极块，其中在所述至少一个阴极块中的具有不同深度的至少一个狭槽中的至少一者中设置了优选地至少部分封入在铸铁中的两根母线，所述母线优选地至少部分封入在铸铁中，所述母线在每一情形中以它们的端件中的一者至少搁置在至少一个突部突起部的一个节段上。

[0057] 根据本发明的另一个优选实施例，所述至少一根母线至少以多个节段被封入在铸铁中且尤其优选地被完全封入在铸铁中。

[0058] 本发明的另一主题是一种阴极布置，其包括至少一个先前描述的阴极块或至少一个一种先前描述的阴极布置。

[0059] 此外，本发明涉及使用先前描述的阴极块的用途、先前描述的阴极布置的用途或先前描述的阴极布置来用于进行熔盐电解以生产金属，即优选地生产铝的用途。

[0060] 在下文中，完全以举例方式使用有利实施例且参考附图描述了本发明。

[0061] 此处：

[0062] 图1示出根据本发明的第一实施例的具有阴极布置的铝电解槽的节段的横截面，

[0063] 图2示出图1中所示的铝电解槽的阴极布置的纵向截面，

[0064] 图 3 示出根据本发明的第二实施例的具有阴极布置的铝电解槽的节段的纵向截面，

[0065] 图 4 示出图 3 中所示的铝电解槽的阴极布置的横截面，

[0066] 图 5a-d 示出设置在根据本发明的阴极块的狭槽中的凹陷部的横截面的实例，

[0067] 图 6 示出根据本发明的第三实施例的阴极块的纵向截面，

[0068] 图 7 示出根据本发明的第四实施例的阴极块的纵向截面，且

[0069] 在图 1 中，以横截面示出具有阴极布置 12 的铝电解槽 10 的的节段，所述阴极布置同时形成大桶的底部，所述大桶用于在电解槽 10 的操作期间产生的铝熔体 14 且用于定位在铝熔体 14 上方的冰晶石和氧化铝熔体 16 的大桶的底部。阳极 18 与冰晶石和氧化铝熔体 16 接触。由铝电解槽 10 的下部形成的大桶由未在图 1 中示出的碳和 / 或石墨包壳横向限定。

[0070] 阴极布置 12 包括多个阴极块 20，所述阴极块在每一情形中经由捣固糊 24 彼此连接，所述捣固糊插入到布置在阴极块 20 之间的捣固糊间隙 22 中。此处的阴极块 20 在此处包括定位在其下侧上的两个狭槽 26，所述狭槽具有矩形、即基本上矩形横截面，其中每一狭槽 26 在每一情形中容纳一根母线 28，所述母线由钢制成且也具有矩形横截面。

[0071] 狭槽 26 在每一情形中由阴极块 20 的两个侧壁 32 和底壁 34 限定，其中在侧壁 32 中的每一者中，设置了基本上正交延伸到侧壁 32 中且具有近似半圆形横截面的凹陷部 36。每一凹陷部 36 由阴极块 20 的上和下过渡区域 37 限定。本示例性实施例中的过渡区域 37 具有角形状，所述角形状具有狭槽壁的相邻节段与凹陷部的壁之间的 90° 角 α。此处所述的母线 28 与狭槽 26 之间的中间空间在每一情形中均填充有铸铁 38。此处，铸铁 38 形成用于母线 28 的封装 39 且具有与母线 28 的粘合连接。

[0072] 此外，接纳在凹陷部 36 中的铸铁 38 与邻接凹陷部 36 的阴极块 20 材料形成机械互锁连接，所述连接防止连接到铸铁 38 的母线 28 在箭头 40 的方向上移动。

[0073] 在图 1 中，在具体实例中，示出了阴极布置 12 在阴极块 20 的一个纵向末端处的横截面。此处，阴极块 20 的狭槽 26 的深度在狭槽 26 的长度上变化。狭槽 26 的中心（相对于阴极块的纵向方向）的区域中的狭槽横截面在图 1 中通过虚线 42 示出。狭槽 26 的纵向末端处的狭槽深度与狭槽 26 的中心（相对于阴极块的纵向方向）处的狭槽深度之间的差值在本示例性实施例中为约 5cm。此处，狭槽 26 在狭槽 26 的两个纵向末端处的深度为约 16cm，而另一方面，狭槽 26 在狭槽 26 的中心（相对于阴极块的纵向方向）处的深度为约 21cm。每一狭槽 26 的宽度 44 在整个狭槽长度上基本上恒定且测量值为大约 15cm，而另一方面，阴极块 20 的宽度 46 在每一情形中测量值为约 42cm。

[0074] 在本示例性实施例中，若干阳极 18 和若干阴极块 20 布置在彼此上方，其布置方式为使得每一阳极 18 在其宽度上覆盖两个相邻布置的阴极块 20 且在其长度上覆盖阴极块 20 的一半，其中在每一情形中，两个相邻布置的阳极 18 覆盖一个阴极块 20 的长度。

[0075] 图 2 示出图 1 中所示的阴极块 20 的纵向截面。如从图 2 可见，当在其纵向截面中观察时，狭槽 26 以三角形形状朝向阴极块 20 的中心渐缩，由此在阴极的整个长度上确保了基本上均匀的垂直电流密度。此处，如由图 2 中的对应标记线指出，凹陷部 36 平行于水平方向 - 换句话讲，平行于阴极块 20 的与狭槽 26 相对的侧的表面延伸。母线 28（其出于改善清晰度的目的未在图 2 中示出）在本示例性实施例中具有条形形状且具有矩形横截面，

使得在母线与狭槽 34 之间存在朝向狭槽 26 的中心变大的中间空间，所述中间空间可填充有铸铁 38 或由连接到母线 28 的另外金属板填充。

[0076] 根据本发明的第二例示性实施例的以图 3 和 4 中的纵向截面和横截面示出的阴极布置和阴极块与图 1 和 2 中的阴极布置和阴极块的不同之处在于，阴极块 20 仅具备一个狭槽 26，所述狭槽具有两个凹陷部 36、36'。

[0077] 此外，图 5a 到 d 以横截面示出设置在根据本发明的阴极块 20 的狭槽 26 中的凹陷部 36 的实例。此处，凹陷部 36 在每一情形中均具有基本上半圆形的横截面（图 5a）、基本上梯形的横截面（图 5b）或基本上三角形的横截面（图 5c）。此处，当从阴极块 20 的内侧观察时，过渡区域 37 在凹陷部 36 的壁与狭槽壁 32 的相邻节段之间的角度 α 的测量值在图 5a 中为约 90°、在图 5b 中为约 120° 且在图 5c 中为约 125°。图 5d 示出一个实施例，在所述实施例中，具有如图 5c 中所示的三角形横截面的若干凹陷部 36 在狭槽 26 的深度方向上连续布置，以便获得对所安装母线 28 的特别可靠的保持。此处，当从阴极块 20 的内侧观察时，两个相邻凹陷部 36 之间的过渡区域 48 具有两个相邻凹陷部 36 的壁之间的约 70° 角 β。图 5a 到 d 中所示的凹陷部 36 在每一情形中正交延伸到阴极块 20 的邻接狭槽 26 的侧壁 32 中，使得在铸铁被接纳到凹陷部 36 中的情况下，它们形成某种固定，所述固定在狭槽 26 的深度方向上有效，且所述固定防止在使用铸铁 38 浇铸母线 28 之后母线 28 平行于狭槽 26 的深度方向的非所要移动，但所述固定允许封入在铸铁中的母线的水平移动 - 例如，其由于封入在铸铁中的母线归因于较大温度变化而膨胀而引起。

[0078] 图 6 示出根据本发明的第三例示性实施例的阴极块 20 的纵向截面，即与图 1 到 4 中所示的阴极块形成对比，在此情形中相对于其稍后在电解槽中的安装被倒置以倒置形式示出当液态铸铁被注入时的布置。此阴极块 20 与图 1 到 4 中所示的阴极块的不同之处在于在邻接狭槽 26 的壁中不具有凹陷部。相反，此阴极块 20 在其狭槽 26 中具有突部突起部 50，所述突部突起部相对于阴极块 20 的纵向方向布置在中心，且当在阴极块的纵向方向上的截面中观察时具有梯形形状。此处，邻接突部突起部 50 的与阴极块 20 的底壁 34 相对的侧的表面被设计成相对于阴极块的与狭槽相对的侧的表面在平面上、成直角地且平行延伸，且因此形成用于两根母线 28 的端件的支撑表面。自然地，如图 1 和 2 中所示的一个凹陷部或如图 3 和 4 中所示的两个凹陷部也可设置在阴极块 20 的邻接狭槽 26 的侧壁中的至少一者或两者中。

[0079] 此外，在图 7 中示出根据本发明的第四示例性实施例的阴极块 20，即与图 1 到 4 中的阴极块形成对比，再次以倒置形式示出为被倒置。此阴极块 20 与图 6 中所示的阴极块的不同之处在于，当在沿着阴极块的纵向方向的截面中观察时，突部突起部 50（在此处示出为交叉影线）不是梯形形状的而是在其下部中是矩形形状的，其中在突部突起部 50 的此部分的侧（其与阴极块 20 的底壁 34 相对）上，存在凸耳 54，当在阴极块 20 的纵向延伸部中观察时，所述凸耳布置在中心，并且所述凸耳在突部突起部 50 的剩余高度上延伸。换句话讲，至少一个突部突起部 50 的与底壁 34 相对的侧由一个表面限定，当在阴极块的纵向方向上观察时，所述表面包括两个外节段 52、52' 和布置在它们之间的一个中间节段 54，其中所述两个外节段 52、52' 在每一情形中形成用于一根母线 28 的支撑表面，且在每一情形中被设计成相对于阴极块 20 的与狭槽 26 相对的侧的表面在平面上延伸、成直角且平行延伸，且所述表面相对于狭槽 26 的深度处在相同高度，而另一方面，不同于所述两个外节段 52、

52’，中间节段 54 在从底壁观察时被设计成具有凸起形状以延伸到狭槽 26 中。此处，当在阴极块 20 的纵向方向上的截面中观察时，中间节段 54 是矩形形状的，使得阶状物在每一情形中形成在两个外节段 52、52’ 与中间节段 54 之间。自然地，如图 1 和 2 中所示的一个凹陷部，或如图 3 和 4 中所示的两个凹陷部也可设置在阴极块 20 的邻接狭槽 26 的侧壁中的至少一者或两者中。

[0080] 参考符号列表

[0081] 10 铝电解槽

[0082] 12、12’ 阴极布置

[0083] 14 铝熔体

[0084] 16 冰晶石和氧化铝熔体

[0085] 18 阳极

[0086] 20 阴极块

[0087] 22 捣固糊间隙

[0088] 24 捣固糊

[0089] 26 狭槽

[0090] 28 母线

[0091] 32 侧壁

[0092] 34 底壁

[0093] 36、36’ 凹陷部

[0094] 37 凹陷部的壁与狭槽壁的相邻节段之间的过渡区域

[0095] 38 铸铁

[0096] 39 封装

[0097] 40 箭头

[0098] 42 虚线

[0099] 44 狭槽 26 的宽度

[0100] 46 阴极块 20 的宽度

[0101] 48 两个相邻凹陷部之间的过渡区域

[0102] 50 突部突起部

[0103] 52、52’ 突部突起部的外节段

[0104] 54 突部突起部 / 凸耳的中间节段

[0105] α 凹陷部的壁与狭槽壁的相邻节段之间的角

[0106] β 两个相邻凹陷部的壁之间的角

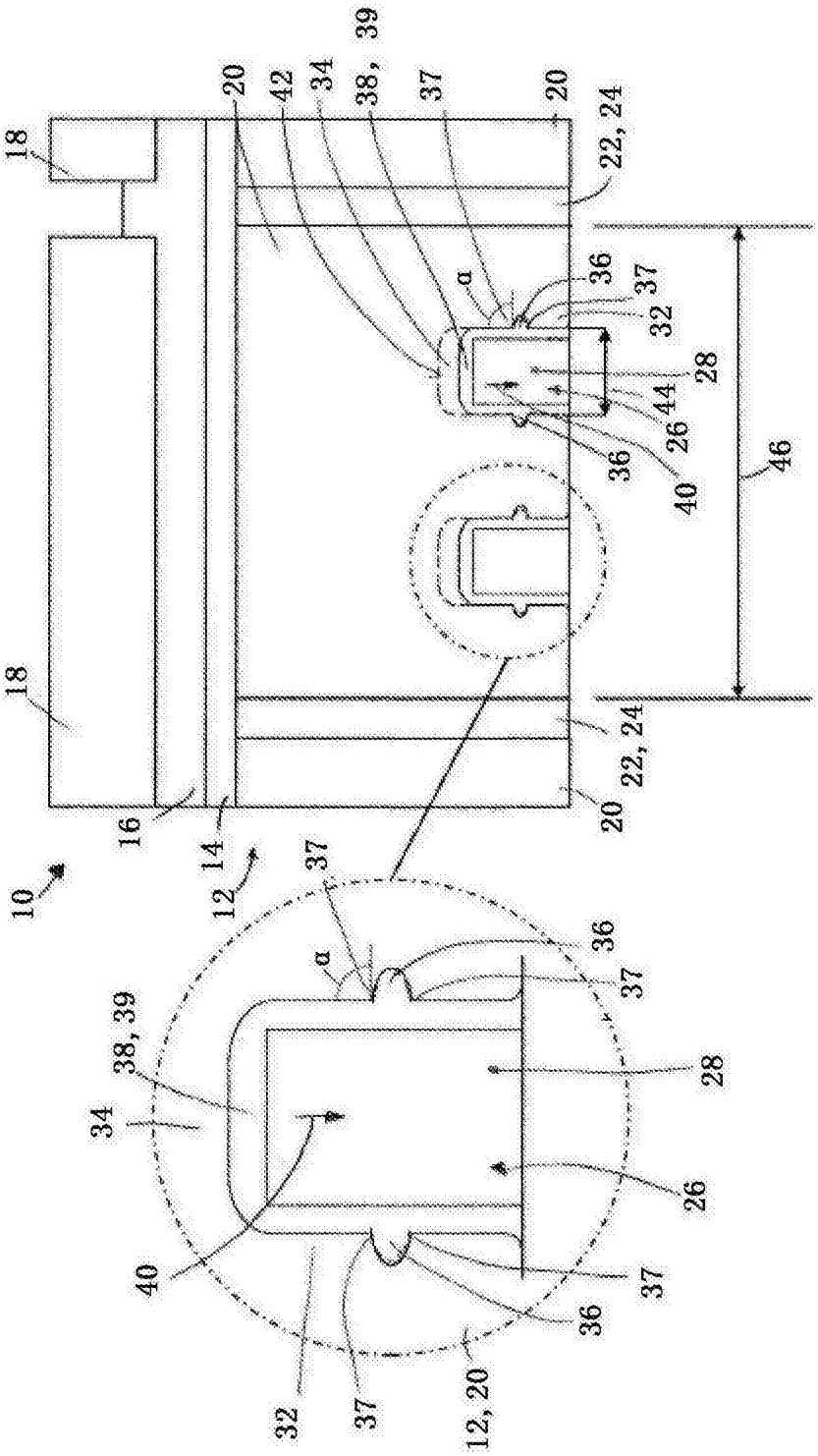

18
20
42
34
38, 39
37
20
22, 24
α
36
37
32
28
44
26
36
40
46
18
22, 24
20
16
14
12
10
37
36
37
38, 39
28
34
26
40
37
36
32
37
12, 20

图 1

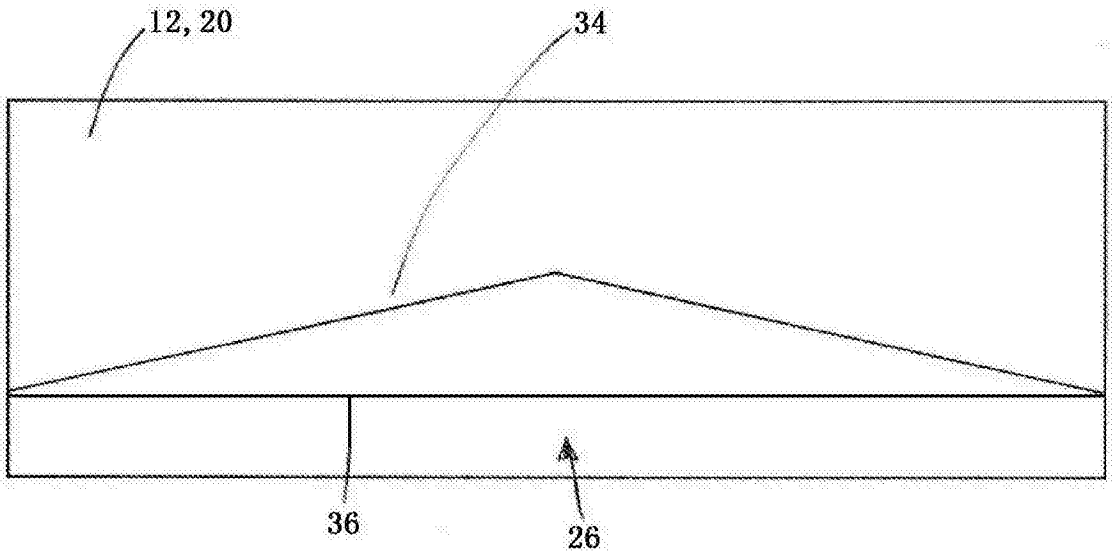


图 2

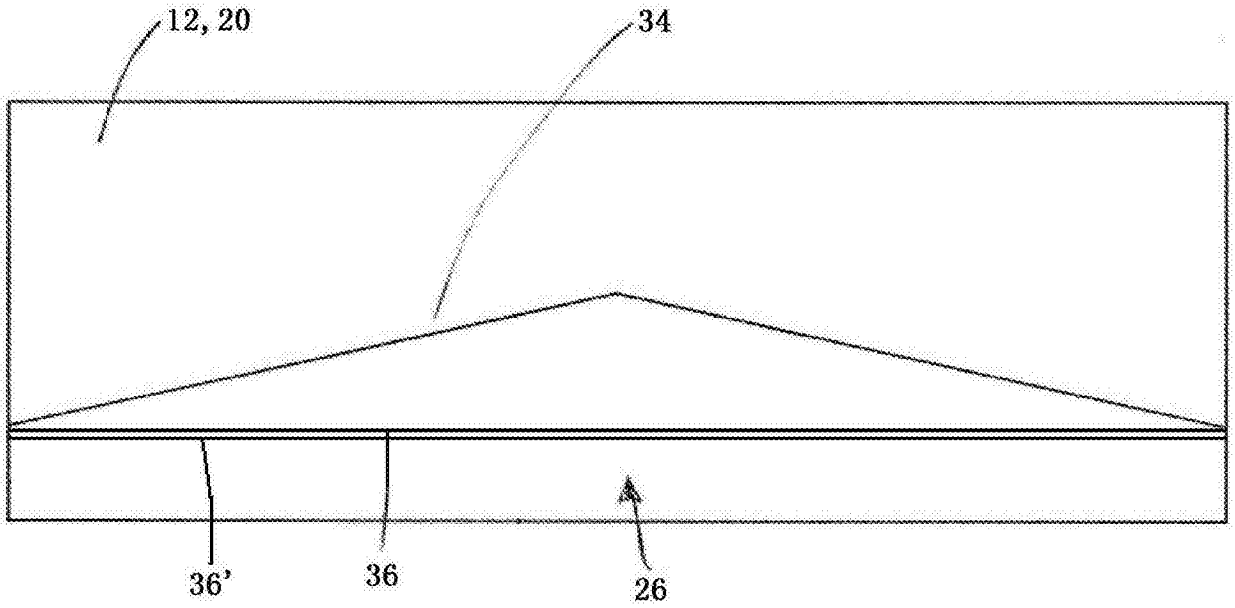


图 4

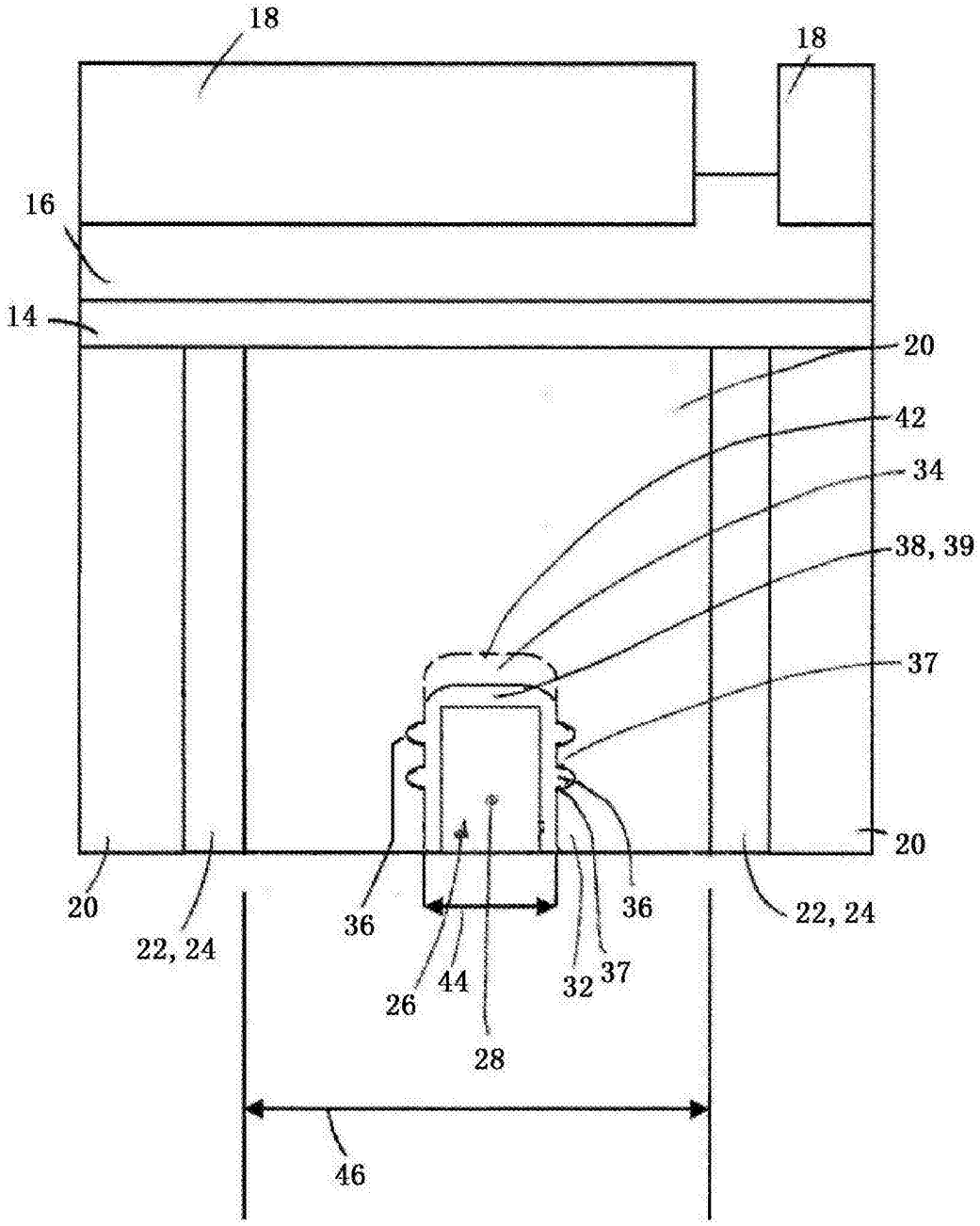


图 3

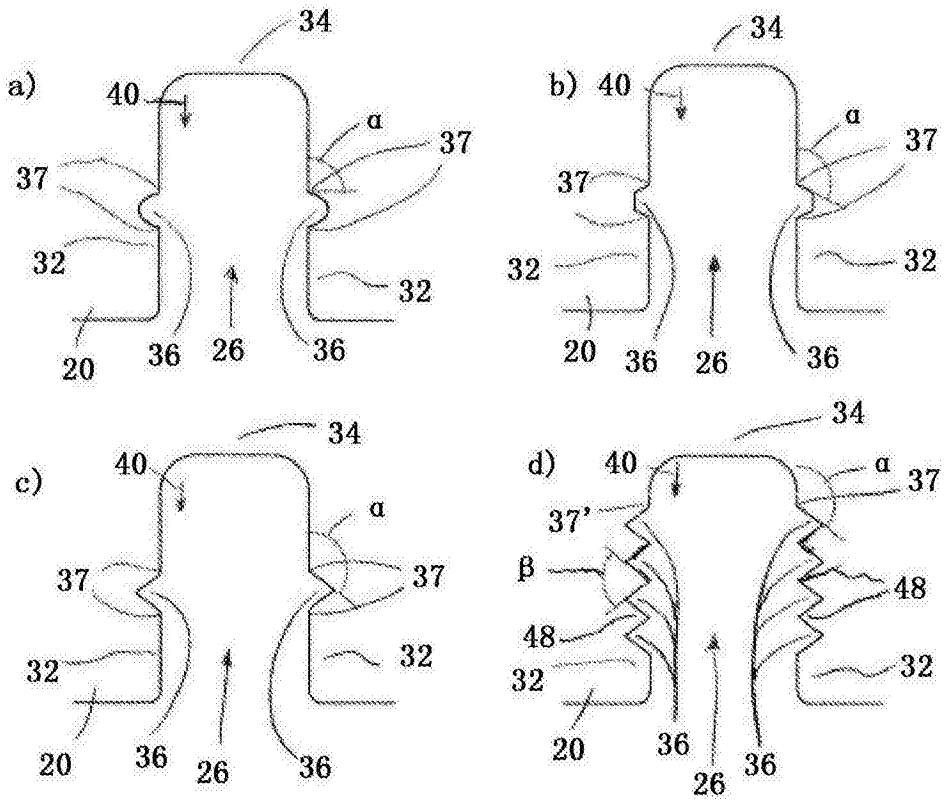


图 5

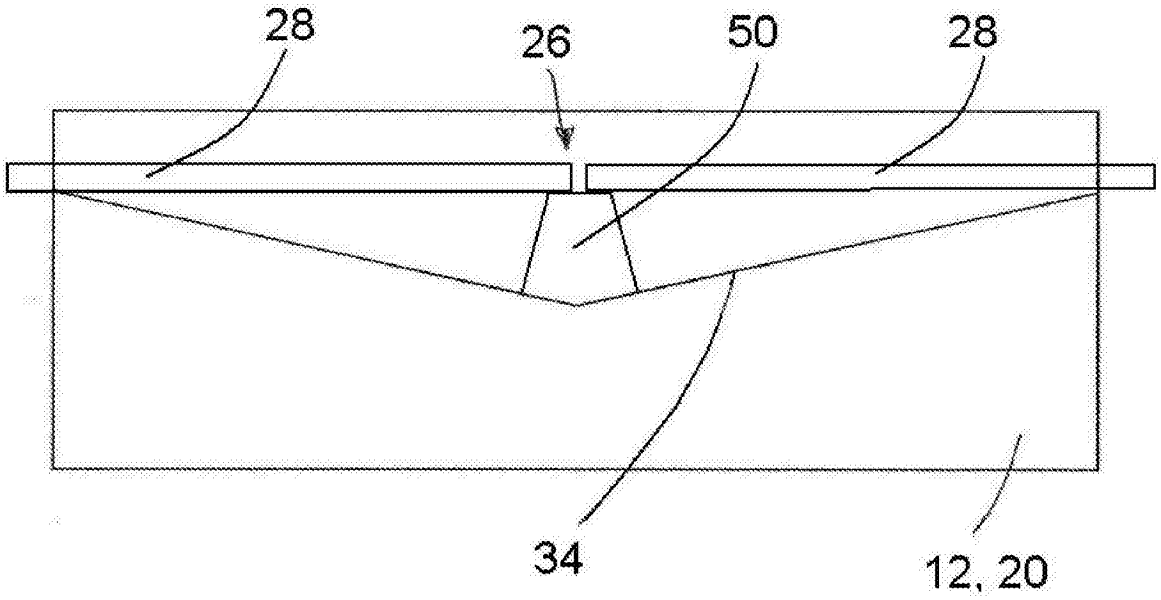


图 6

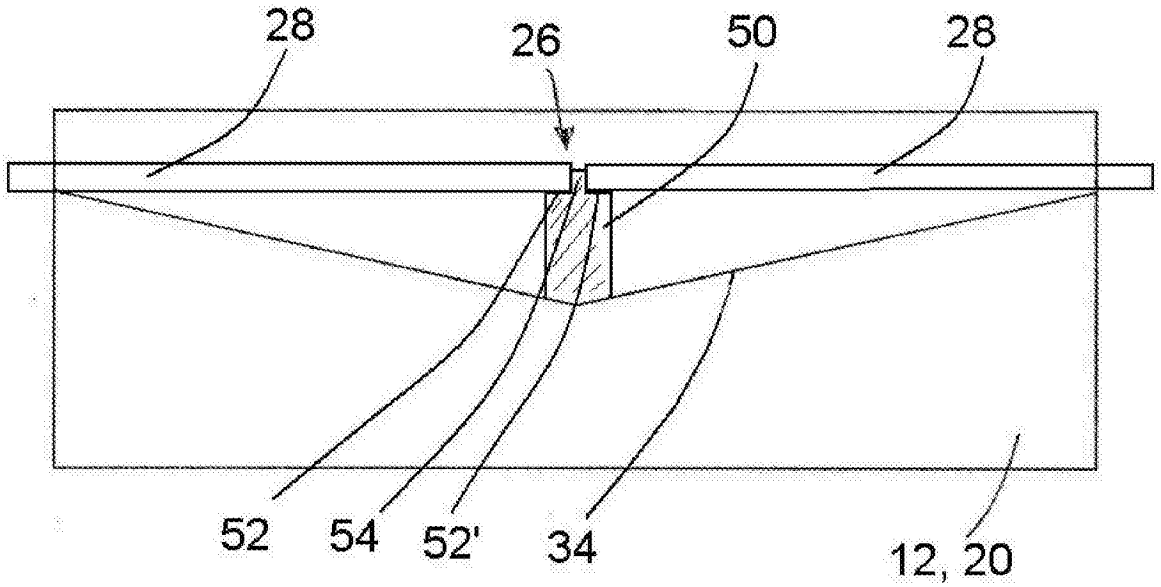


图 7