

[19]中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl⁷

C23C 2/24

[12] 发明专利说明书

[21] ZL 专利号 94193846.8

[45]授权公告日 2001 年 9 月 12 日

[11]授权公告号 CN 1070931C

[22]申请日 1994.7.20

[21]申请号 94193846.8

[86]国际申请 PCT/FR94/00907 1994.7.20

[87]国际公布 WO96/02684 法 1996.2.1

[85]进入国家阶段日期 1996.4.19

[73]专利权人 德罗工艺公司

地址 法国圣弗洛朗坦

[72]发明人 乔斯·德罗 杰拉尔德·桑切斯

[56]参考文献

FR2237975A 1990.12.7 _

WO93/18198A 1993.9.16 _

WP0402270A 1990.12.12 _

审查员 魏保志

[74]专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专利商标事务所

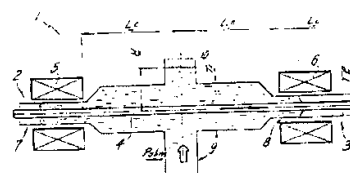
代理人 郑修哲

权利要求书 2 页 说明书 16 页 附图页数 1 页

[54]发明名称 确定镀槽尺寸的方法

[57]摘要

本发明涉及确定镀槽尺寸的方法,该镀槽设有磁性涂抹要镀锌的冶金产品的装置,特别用在连续的镀锌过程的范围内。所述的装置最好是一设在该端头的感应单元,绕在镀槽的出口通道以便在所述的产品表面产生一横交的,变化的及滑动的电磁场,其特征在于包括主要从所述的镀槽的横向尺寸,其轴向长度,所述产品的横向截面,其速度,所述的涂覆液体的动力学粘度,它在槽中的压力镀槽出口通道的横向尺寸,滑动电磁场的位移速度,其在所述液体中的强度,及最后是代表冶金产品可能的粗糙度的参数进行计算及修改,其条件是在该条件下与涂覆液体在镀槽中及其出口通道中的液流相应的库氏长度保持低于会使所述的流动成为紊流的临界值。



I S S N 1 0 0 8 - 4 2 7 4

权 利 要 求 书

1. 一种确定镀槽尺寸的方法，所述的镀槽在冶金产品已通过镀槽中涂覆液池后的出口侧设有至少一个密封装置和/或涂抹装置，所述的装置是一个感应单元，绕在镀槽的出口通道以便在所述的产品表面产生一横交的，变化的及滑动的电磁场，其特征在于包括主要从所述的镀槽的横向尺寸，镀槽的轴向长度，冶金产品的横向截面，冶金产品通过镀槽的速度，所述的涂覆液体的动力学粘度，它在槽中的压力，镀槽出口通道的横向尺寸，滑动电磁场的位移速度，滑动电磁场在所述液体中的强度，及代表冶金产品的粗糙度的参数进行计算及修改，其条件是在该条件下与涂覆液体在镀槽中及其出口通道中的液流相应的库氏长度保持低于会使所述的流动成为紊流的临界值。

2. 按照权利要求 1 的确定镀槽尺寸的方法，其特征在于在镀槽进口到出口通道液流的层流或紊流边界层的厚度保持低于一极限值。

3. 按照权利要求 1 或 2 的确定镀槽尺寸的方法，其特征在于还包括校核在要处理的冶金产品上沉积的镀层厚度，所述的镀层厚度是所述冶金产品通过镀槽的速度的函数，由类似于在 Landau 和 Levitch 的流体动力学模型中用的公式求出。

4. 按照权利要求 3 的确定镀槽尺寸的方法，其特征在于在上述校核在要处理的冶金产品上沉积的镀层厚度时，所述的镀层厚度的计算通过应用直接邻近要涂覆的冶金产品的液流的表面效应

定律考虑要处理的冶金产品的可能的粗糙度。

5. 按照权利要求 4 的确定镀槽尺寸的方法，其特征在于所述的考虑的表面效应定律是 Karman - Nikuradze 定律。

6. 按照权利要求 1 或 2 的确定镀槽尺寸的方法，其特征在于在使用多相线圈（6）的形式的感应单元的情形下，产生有效电感的交流电的强度调整成使得涂覆的液体渗入小于感应线圈（6）的一半长度，该线圈（6）绕着镀槽（1）的出口通道（8）。

7. 按照权利要求 1 或 2 的确定镀槽尺寸的方法，其特征在于在使用多相线圈（6）的形式的感应单元的情形下，产生有效电感的交流电激磁频率调整成使得涂覆的液体渗入小于感应线圈（6）的一半长度，该线圈（6）绕着镀槽（1）的出口通道（8）。

8. 按照权利要求 1 或 2 的确定镀槽尺寸的方法，其特征在于所述的多相线圈（6）的间隙选定成使得磁性的半节距与所述的间隙之比不大于 3。

说 明 书

确定镀槽尺寸的方法

本发明涉及确定镀槽尺寸的方法，更具体地涉及确定装有磁性涂抹要涂锌的冶金产品的装置的镀槽尺寸的方法，特别是用在连续镀锌方法的范围内。

从经典的流体动力学研究已知惯性力(主要是重量)和摩擦力(粘度对表面特性的影响)总的控制靠近被涂覆的冶金产品表面的液体涂层的回流量的发展。

在一定的反应性条件下(其后将可以不考虑)，按照本发明的主题，在靠近所述的产品的区域回流量的发展较大程度控制了沉积在冶金产品上的最终厚度。

在这方面，以前建立层流似乎是合乎要求的，这是就它允许人们以通常的边界层近似法通过简单的已知定律把特征的物理量，也就是相对冶金产品的表面的速度分布，冶金产品本身以固定速度移动，涂覆液体的动力学粘度，其密度和在冶金产品和所述的液体(润湿性参数)之间的表面张力联系起来。然后用当冶金产品从液槽中抽出时冶金产品带走的液膜厚度控制沉积厚度，在该情况下有用的近似法是 *Landau* 和 *Levitch* 在“用移动板拖动液体”的报告中建立的方法(参见前苏联“*Acta Physicochimica*” 17 卷, No. 1—2. 1942)。

在理想的层流情形下，对要求的镀锌应用所得到的涂层厚度常常太大；这就是为什么已经设想了多种的涂抹形式，也就是提出减小沉积厚度的方法，所作的建议主要是对气动涂抹技术(从液槽中引出

的冶金产品自由表面上产生背压的空气刀片的作用),机械涂抹技术(用石棉垫擦冶金产品的滚轮作用)及磁性涂抹技术。本发明属于最后一类。

现时已有多种磁性涂抹装置。这后一种的技术提出使用洛伦兹力(*Lorenz force*),通过磁场(静止的或变化的,固定的或滑动的),该磁场在所述液体(用锌、铜或铝时,很明显是导体)中由感应电流产生的,洛伦兹力通过所述的液体和磁场的相对运动而在涂覆液体中发展起来的。在下面讨论的各种情形下,假定洛伦兹力与对液流有作用的惯性力及粘度相对,因此当然它们是足够强,可修改靠近冶金产品表面的速度分布。因此可明白借助磁场,它可对边界层的厚度起作用,这些效果是:

——在涂覆液体槽中,在冶金产品离开前,磁场作用直接及平衡惯性力,主要减小重力作用;

——在液池外面,磁场作用只在卷带的液膜上感到。

在这方面,由发展这些技术的公司命名的这些已知技术,也就是如 *ASEA*, *ARBEP*, *AUSTRALIAN WIRE* 和 *LYSAGHT*,代表实施包括现时这方面使用的几乎所有的技术的方法的实例。例如,在授予 *AUSTRALIAN WIRE IND PROPRIETARY* 的法国专利 *FR-2412109* 中,推荐使用固定的单相电磁场,也就是说,一个非滑动磁场,使用者可改变其强度或频率以便调整沉积厚度。在授予 *JOHN LYSAGHT AUSTRALIA* 公司的法国专利 *FR2410247* 中示出一个类似的装置,但是其几何尺寸与上面的专利所用的不同,之外,磁场脉冲频率最好设在 30KHz 左右。在比利时专利 *BE882069* 所说明的以前的 *ARBED* 技术,在其它方面,设计使用一滑动电磁

场,它作用在由离开镀槽的金属板带走的过量的液体金属上。最后在 ASEA 的法国专利 DE2023900,示出涂抹镀槽外面的所有可能性(纵向横向、交变的固定磁场或滑动磁场)。

发明人知道磁场的作用只是敏感的,因此上是有效地可控制,因此由于纯的流体动力学现象不掩盖所寻求的磁源的作用。可清楚地看到这观点没有在磁性涂抹的任何现有技术中涉及,因此在本申请提出的问题是完全新的。

更具体说,在所有涉及磁性涂抹的现有专利中,要涂覆的冶金产品垂直地穿过自由表面是水平的镀槽,因此,这样就不可能盖住由镀槽逸出的液体。但是在表面处理工业中新的制约导致研究连续镀锌装置的磁性涂抹技术措施,如在授予 FRANCE GALVA LORRINE 的法国专利 FR2647814 中所述的是水平设置的装置;由英国专利 GB-A-777213,及美国专利 US-A-2834692 中已知同样类型的其它装置。应记住,在这类装置中,镀锌槽具有与要处理的产品的通路对齐的进出口,涂覆液体池的上液面高于所述的开口,因此要设密封装置,来补偿会引起所述的液体流出镀槽的流体静压力。在这方面,可以设想用于磁性涂抹的这类连续或交变的磁感,通过同样的物理机构,可至少部分地挡住镀槽中的液体。

因为原则上一个交变的固定磁场与滑动磁场相对不发展任何在涂覆液体中具转动特性的力,足够强到补偿镀槽的惯性力的洛伦兹力(对这种磁场)只能在很高频率和/或强磁场中产生;第一方面它导致表面深度(磁场渗入液体导体中的深度)太小而不能保持涂覆液体在靠近冶金产品处,第二方面导致装置的较贵且尺寸过大。因此,实际上排斥使用具有交变的固定磁场的磁性涂抹装置作为水平镀槽

的密封装置。

另一方面，可以知道仅仅可以用已知的磁性涂抹装置处理的冶金产品是很光滑的。现在在实际中，本发明人已经重视由处理的产品表面粗糙度起作用的主要部分，明显地在靠近表面的涂覆液体层流特性的（一般可接受的）近似法无效的情形下。在这方面，在流体动力学紊流现象出现地方，可以知道处理产品的粗糙度是最有关的，因为涂覆液体位于限制的空间中——这总是在产生对发展劳伦兹力需要的电感的电磁系统的间隙或线圈的中部，特别是在液体中。

可以观察到，与前面的意见有关，限定的镀槽的横向尺寸及长度从流体动力学观点看不是不重要的。即使这样，在套筒及密封装置和/或磁性涂抹装置之间的过渡区和产生起密封作用的磁感的出口通道的横向尺寸和长度事实上在确定沉积层的量及厚度时起主要的作用，得到的一些条件甚至与以前镀覆光滑产品的情形下得到的一些倾向矛盾。

从这些不同的评价出发，本发明的目的在于

——突出解决与现时镀锌工艺选择相关的提供一结合的密封及水平磁性涂抹装置的新问题；

——对正确确定磁性涂抹装置的尺寸（特别相应于要处理产品的几何尺寸）的问题提供各种实际的技术方法，这些技术措施也可以用于垂直的镀槽；

——预测至今还不能做到的基本粗制产品（例如混凝土增强钢筋）上涂层沉积的厚度。

为实现本发明上述目的，本发明提供了一种确定镀槽尺寸的方法，所述的镀槽在冶金产品已通过镀槽中涂覆液池后的出口侧设有

至少一个密封装置和/或涂抹装置，所述的装置是一个感应单元，绕在镀槽的出口通道以便在所述的产品表面产生一横交的，变化的及滑动的电磁场，其特征在于包括主要从所述的镀槽的横向尺寸，镀槽的轴向长度，冶金产品的横向截面，冶金产品通过镀槽的速度，所述的涂覆液体的动力学粘度，它在槽中的压力，镀槽出口通道的横向尺寸，滑动电磁场的位移速度，滑动电磁场在所述液体中的强度，及代表冶金产品的粗糙度的参数进行计算及修改，其条件是在该条件下与涂覆液体在镀槽中及其出口通道中的液流相应的库氏长度保持低于会使所述的流动成为紊流的临界值。

应记得库氏流动是不可压缩及粘滞流体特性的流动，这种流体可以是或不是一种导体，位于两块假设无限的平行的平板之间，其中之一相对本身平行移动，库氏流体动力学计算的目的用来建主两平板间控制流动速度分布的参数，困难在于会受与液体接触的表面的粗糙度的干扰；涉及到剪切下的流动。

为了以可采纳的方式解决复杂流动问题，类似用在经典流体力学的原理表明库氏模型可应用到解决在环形空间中运动，其心部以假定的固定速度运动的、轴对称的液体流动问题。因此这模型可应用：

——一方面用于计算位于圆柱形镀槽的内纵向壁和轴向运动通过镀槽的冶金产品之间的涂覆液体的流动速度的分布，和

——另一方面用于计算位于镀槽的出口通道的内壁和所述的产品之间的涂覆液体的流动速度的分布。

根据本发明已经认识到该两个液流(进程是连续的)对层流或紊流的办界层厚度有较强的影响，最好对它们考虑以便计算当冶金产

品垂直或水平地从镀槽中液体池的自由表面冒出时，冶金产品卷带的液膜的厚度。

一般，在镀槽进口到出口通道的液流的层流或紊流边界层的厚度保持低于一极限值，超过该值不再可能控制其增量。这个作用直接来源于这一事实：按照磁流体动力学理论得出的结果，磁场比在液体导体中涡流强度衰减快得多；由于涡流强度（也称为涡流矢量）直接代表液流的紊流，可以明白其影响必须限制到希望有一个或多个洛伦兹磁性力的涂覆液体区。因此，在较佳情况下，在镀槽中和出口通道中液流的库氏长度已知，并可控制，确定镀槽的密封装置和/或涂抹装置的尺寸可以用通常在磁流体力学中用的非尺寸数目，也就是磁性雷诺数，干扰参数，哈特曼数，及与选来在液流内部产生一个或多个洛伦兹磁性力的滑动的交变磁场的几何尺寸联系的两个参数，来表示。

在这方面，本发明中的技术方法首先指向镀槽尺寸减小，相应地镀槽的横向尺寸及产品的速度必须保持小于液流的库氏流体动力学长度。另外，这个规则并不与在授予 Jose DELOT 的法国专利 FR2323772 中确定的条件矛盾；事实上在该专利中，突出了使用具有小容量的短的镀槽足以得到在要处理的冶金产品和涂覆液体之间适当的冶金反应这一事实，因为要镀锌的产品已经清理，加热和至少在镀槽上游保持在一个控制气氛中。

另一方面，镀槽及其出口通道的合适尺寸基本上使它可能阻止紊流出现的条件，在镀槽出口区域的液流与垂直镀槽设置中处理的产品出口处存在的通常的层流接近；这简单地意味着由交变的滑动磁场在液槽中每单位体积发展的洛伦兹力事实上起着与重力类似的

作用。为了上述目的设在绕着镀槽的出口通道的感应单元在镀槽中发展的洛伦兹力的“重力假设”允许考虑在液池的自由表面与从液池中抽出的冶金产品之间形成的弯月面的形状，几乎完全控制了冶金产品上沉积的镀层的厚度。因此，在本发明设定的严格条件下，沉积厚度将由与上面涉及的 *Landau* 流体动力学模型所用的完全类似的公式得出。

也应注意，如果弯月面更靠近镀槽的进口到出口的通道——如果希望保持与镀槽这部分相应的短的库氏长度这一点是要求的——并且产生滑动磁场的感应单元区是比较长，仍可以采取有效作用减少在所述的弯月面形成的液膜的厚度。在这方面，应该记得原则上由于在镀槽中液池的等静压及冶金产品的卷带作用惯性力将在弯月面前面平衡；因此，在弯月面后面，单位体积的洛伦兹力只作用在粘在冶金产品上的液膜上，并倾向于使所述的液膜更薄，因而构成“真正的”磁性涂抹（也就是说，涉及密封的所有考虑都去掉了）。因此，在镀槽的出口通过的磁性涂抹至少在弯月面下游与使具有“自由表面”的正压液体流（由于重力假设保持有效的正压）变薄进行的已知研究类似。

最后，按照本发明确定尺寸的特别有利的特点，可知道处理的冶金产品的粗糙度对液流的特性具有影响，因此对在离开镀槽时沉积的镀层的厚度有影响。最好所用的模型是 *Karman — Nikuradze* 模型。在流体动力学专业已经广泛试验的这一模型使人们可特别从列线图的斜线知道按照产品的粗糙度及液流的雷诺数所用的摩擦系数。更一般地说，对精确地了解液流要考虑流体动力学称为“表面效应定律”（正比于输送压力的损失），另外即使在光滑冶金产品的情

形下,由于如下面可见,表面效应定律相当程度地影响在直接接近涂覆冶金产品的液流性能。

下面说明确定一个水平镀锌槽尺寸的实例,该槽设有出口通道,一个产生沿轴向滑动的交流磁场的感应单元设置在绕着该出口通道,该镀锌槽更具体地是用来处理光滑导线或如混凝土增强钢筋的粗圆截面,下面通过附图说明本发明的非限制性实例,附图中:

图 1 是镀锌槽、它的出口通道,感应单元及处理的钢筋的纵向剖面图;

图 2 是一个曲线图,一方面示出沉积在具有一定厚度及直径的混凝土增强钢筋上锌的厚度与它通过镀锌槽的速度的函数关系,另一方面示出熔融的锌渗入所述的镀锌槽的出口通道里面的长度。

在图 1 所示的镀锌槽 1 具有两个孔,一进口孔 2 与一出口孔 3,它们与要镀锌的冶金产品 4 穿过的轨迹对齐;在所示的实例中,该产品 4 是一个光滑的钢丝或混凝土增强钢筋,在其表面或多或少规则地分布着凹槽。该镀锌槽 1 是水平放置的,设在一组清理装置和例如感应加热的加热装置的下游,以及在由例如水进行冷却的冷却装置的下游,为了不使这里要说明的镀锌及镀锌装置模糊,这些经典的前处理及后处理单元未示出。

镀锌槽 1 盛装用来镀覆产品的液槽,最好是盛锌、铜、铝和它们的常用合金的熔融金属或合金(因此液槽可含有低含量的铅等)。由于水平安排,镀锌槽 1 的进口 2 和出口孔 3 必须设有密封装置防止液体从进出口孔 2, 3 流出;在所示的情况下,冶金产品 4 是圆柱形的,选择使用多相磁场线圈 5, 6, 线圈设置成分别绕着镀锌槽 1 的进口和出口通道 7, 8, 以便以线性同步电机的方式,对倾向流出所述的进出

口通道 7,8 的液体导电产品施加一磁性的背压;通道 7,8 的横向尺寸计算成冶金产品 4 的直径、其相对的磁导率(对钢言在 20 这一数量级),及在感应单元 5,6 的线圈中电流产生的滑动磁场的强度的函数即,在分离产品 4 和通道 7.8 内壁的纵向环形空间内,磁力线基本上与产品 4 的轴向位移垂直。在处理非圆形截面(如平板,条或其它剖面)的柱形产品时,人们也设法产生与该几何图形相应的环形空间横交的滑动磁场,在磁板或风扇的帮助下它们使磁场成为要求的形状就可实现上述要求。另外,由于人们通常满足产生低频的滑动磁场,典型地低于 100 赫,最好为 50 赫,例如在磁板中带来的磁损耗保持比较低。

已知镀锌法要求把液态镀覆产品连续地供入镀槽 1 中,补偿已沉积在穿过镀覆产品的冶金产品 4 上的涂覆产品,设一个供液通道 9(在所示的情况下是垂直的)把液体涂覆产品供应源与镀槽 1 连接起来,使得由于这种供料造成的流体动力的紊乱尽可能小,按照本发明一个有利的特点,可相对镀槽 1 的两个进出口 7,8 选择中部作为所述的供液通道 9 的嘴部。在镀槽 1 上还设有一平衡通道 10,垂直地设在中部位置,例如与供液通道 9 的位置相应,液态镀覆产品可充入其中到一个高度使得操作者可精确地了解镀槽中的等静压。另外,在平衡通道 10 中的槽液柱的自由表面通常与保护气体接触,在上升的情形下,保护气体的压力可通过通常的压力装置改变。这样,整个镀锌装置最好保持在控制的气氛下,对本专业技术人员而言,由于冶金学的原因,该气氛最好是中性的或稍微还原性的。

另一方面,如上所述,在镀槽 1 的中部区和出口通道 7 之间的过渡区 11 是一收敛管,它可以限制通过镀槽 1 的这部分的液态产品

的紊流的危险。

按照本发明,首先提到的问题是确定出口处多相感应线圈 6 的尺寸,使得密封作用可存在在镀槽 1 的出口孔 3,然后确定装置的所有的其它参数使得可得到要求的涂抹作用。下面讨论本发明的这两方面。

1. 密封问题:

处理密封问题,如上所述要求了解对镀槽 1 的出口通道 8 中镀覆液体的平衡弯月面(或自由表面)上加的总的液压,了解总的压力然后允许计算对保持镀覆液体的自由表面离开镀槽 1 的出口通道 8 一定的水平所必须的单位体积的洛伦兹力(按照上述的原理)。

由于与要处理的冶金产品 4 的横向尺寸比较,镀槽 1 的横向尺寸通常不太重要,需要把镀槽 1 中的液流处理成设在产品 4 和镀槽 1 的内壁之间的环形空间中的轴对称的库氏流(*Couette flow*)。对这一问题类似的应用的规则表明环形流与相互隔开四倍于环形空间的距离的两平板之间的同样液体的流动相似(这一点下面要说明),其中一块板确切地以通过镀槽 1 的冶金产品的移动速度移动。

当然,还必须进行模拟的库氏计算(*Couette calculation*)以了解进入涂覆液体的镀槽 1 的出口通道 8 的物理流动状态。

1.1. 为了密封镀槽要补偿的总压力的计算:

总压力是下面分压的总和:

在镀槽 1 的中心部分的等静分压 P_{iso} 该值可由经典的阿基米德公式得出,也就是由液体(熔融锌)的密度、由于重力和在镀槽 1 的壁和产品之间液的高度造成的加速度来计算;对于熔融锌在 450° ,锌的高度为 2cm 的液柱,该第一分压值为 1350Pa(或通用单位

为 135 毫巴)。应注意通过供液通道 9 的镀槽 1 的供液压力和总的与锌液在平衡通道 10 中的高度造成的压力平衡。

——来自上游密封装置(也就是装在绕着镀槽 1 的进口通道 7 的多相感应线圈 5) 的分压;假定该压力刚好与进口孔 2 处的惯性力平衡(这一点在所有情况下都是正确的),由于该下游压力事实上影响在平衡通道 10 中涂覆液柱的高度。

——由于涂覆液体被穿过镀槽 1 的中部的冶金产品 4 带动而造成的分压 P_c 。

——由于涂覆液体被穿过镀槽 1 的出口通道的冶金产品 4 带动而造成的分压 P_i 。

按照本发明,由于冶金产品带动而造成的这两个分压可以类似的库氏流(*Couette flow*)计算,考虑镀槽 1 中部区的长度,渗入锌的出口通道 8 的长度,在镀槽 1 的中部区及出口通道 8 中的单位长度的负载损失。

a. 使用的镀槽 1 的长度:

选择镀槽的长度对靠近冶金产品 4 的液体流的性能有影响:层流,稍些紊流或紊流。计算包括选择的镀槽长度及事后的修改,其小于镀槽 1 中的临界库氏长度(*Couette length*)。按照图示的镀槽 1 的几何形状,它相对于中部供液区对称,事实上在计算中用的长度为镀槽的半长 L_c ,这里取为 25cm。

b. 在镀槽的中部区的单位长度的负载损失:

每单位长度的负载损失传统上与单位表面的摩擦力联系。在考虑轴对称的镀槽的情形下,该关系简单表达成冶金产品 4 及镀槽 1 内壁间环形空间的液压直径,涂覆液体的密度,流速的平方及负载损

失系数的函数，该负载损失系数本身与取决于表面粗糙度及作为靠近冶金产品 4 的液流特点的雷诺数（也就是最终与表面效应定律有关）的总摩擦系数成正比。

b1. 在计算中用的液压直径：

对两平板间的紊流的库氏液流的速度分布的纯的液压分析使作者可很方便地计算出在环形通道计算中用的液压直径等于环形间距的四倍。应该注意假定液流是紊流的因为对靠近以相当高的速度（也就是 $V_b = 1\text{m/s}$ ）移动的冶金产品 4 的液压雷诺数近似的计算表明液流状态确实是紊流的。

典型地，镀槽 1 几乎从头到尾是圆柱形的，其直径 T_c 几乎是恒定的，在下面的计算实例中取为等于 40mm 。

在槽中处理的冶金产品 4 的直径取为 10mm ，这样环形空间 e_c 等于 15mm ，在镀槽 1 的中部区的液压直径 D_{he} 为 60mm 。

b2. 表面效应定律：

在建立液流的具有一定粗糙度的环形通道中，其雷诺数是已知的，还已知负载损失系数与总摩擦系数 C_F 成正比，该系数可通过公式或 *Karman—NiKuradze* 列线图求出；这些公式对整个光滑表面同样有效。

——液压雷诺数 Re_c 计算成液压直径 D_{hc} ，流速 V_b （对平均液流速度其是最大），及在考虑的温度（在 450° 的等级）锌的运动粘度的函数。发现 $Re_c = 120,000$ 意味着液流是稍微紊流的。

——冶金产品 4 的表面的等效的均匀粗糙度对 10mm 直径的混凝土增强钢筋取为等于 0.35mm 。

——从 *Karman—NiKuradze* 列线图求出总摩擦系数 $C_{fc} = 0$ 。

0083,其可以用来计算镀槽 1 的中部区域的负载损失系数。

C. 由于镀槽中部区域冶金产品带动而造成的分压:

该分压 P_c 等于镀槽长度的一半 L_c 乘以预先计算的负载损失系数。该值为 $P_c=190\text{Pa}$ (或 19 毫巴)。

d. 由于渗入锌的镀槽的出口通道 8 的部分中冶金产品带动而造成的分压:

该分压 P_i 等于锌在通道 8 中的长度 L_i 乘以流入通道 8 中的液流的负载损失系数。

计算该后一个系数的原理与上面计算镀槽 1 的中部区负载的损失系数一样,唯一的不同在计算中加进的数值不一样。

在这方面,计算液压雷诺数 Re_i 为在冶金产品 4 和出口通道 8 的内壁之间的环形通道的液压直径 D_{Hi} 的函数,通道 8 的直径 T_f 等于 16mm,得到环形空间 e_i 等于 3mm,因此 D_{Hi} 等于 12mm。在这些条件下, Re_i 的值为约 24000。

由于冶金产品 4 表面的等效的均匀粗糙度当然仍然是同样的, $Karm\ddot{a}n-Nikuradze$ 列线图求得总摩擦系数 $C_{Fc}=0.0146$ 。

由于,事先 L_i 是未知的,操作者先计算在出口通道 8 中的冶金产品带动的压力梯度,其等于 12900Pa/m ,然后写下在离开镀槽的出口的弯曲面处的压力平衡。

1.2,计算在镀槽 1 中保持锌的缓动所要求的洛伦兹力:

事先计算的压力的总和(也就是 $P_{iso}+P_c+P_i$)必须由在镀槽 1 的出口的多相感应线圈 6 产生的横向滑动磁场在锌液中产生的单位体积的磁压 P_m 平衡。

已知磁压 P_m 等于在考虑的温度时锌的导电率,有效电感 Be_{ff}

的平方,磁场作用长度 Li ,及考虑感应线圈 6 的几何形状系数 V_m 的乘积。如果选定一磁极的半节距为 7cm ,激磁频率为 50Hz ,——这两个值给滑动磁场提供轴向位移速度,有时称为牵拉速度——有效电感 B_{erf} 选定等于 0.07 泰斯勒,在镀槽内保持锌的缓动需要的磁压梯度为 87000N/m^3 。

然后可计算长度 Li ,可证实该值低于库氏长度 (*Couette length*)。在上述情形,得出 $Li=2.1\text{cm}$,这表示锌只渗入出口通道 8 中的小范围,因为由磁极的半节距得出的感应线圈 6 的长度等于 28cm 。

一般说,总是安排镀覆液体不渗入超过感应线圈 6 的一半长度,这条件可简单地由下面调整来满足:

- 或由调整产生有效电感 B_{erf} 的交流电的激磁频率,
- 或调整交流电的强度。

2, 涂抹问题:

沉积在冶金产品 4 上的厚度通常以两阶段计算,

——在渗入锌的出口通道 8 的区域内(或在长度 l_i 上),每单位磁源体积 V_m 的力可与重力相比较;因此可接受从 *Landau* 和 *Levitch* 模式得出的结果,可用在出口通道 8 的区域,而 *Landau* 和 *Levitch* 模型是发展出来为了知道从水平液池中垂直抽出的平板带动的厚度。

——在液池的平衡弯月面后的出口通道 8 的部分中,滑动的横交磁场作用在液膜上并使它变薄,在所述弯月面的液膜的厚度等于预先通过 *Landau* 和 *Levitch* 模型计算所预测的值。

2. 由 *Landau* 和 *Levitch* 模型给出的液膜的厚度。

使用复合公式(可在上述参考文献中找到),该模型考虑了液体(在这情况下是在 450°C 下的熔融锌)的表面张力,其紊流的动力学粘度(与总的摩擦系数 C_{Fi} 成正比),产品 4 的速度 V_0 和在锌中发展的每单位体积的力的强度,见刚在联系密封问题中计算的。

在计算由该模型给出的厚度时,可观察到它与单位体积磁源力的强度的平方根成反比;该结果表明可以相当精细地改变所考虑的厚度,只要通过增加或减少单位体积的力的强度,主要通过使用有效磁感 B_{eff} 的强度。修改弯月面在出口通道 8 中的位置在 B_{eff} 值的范围内是可以的,按照上述标准,镀覆液体并不渗入出口通道 8 到超出沿着感应线圈 6 的一半。该标准粗略地与上面的相符,根据该标准 Li 不超过在镀槽 1 的出口通道 8 中液流的库氏长度,也就是说,所述的流保持稍微成紊流;如果这些标准中的一个没观察到,紊流使 *Landau* 和 *Levitch* 模型完全不适合。

2.2,有效磁涂抹长度:

有效磁涂抹长度被限定成出口通道 8 的残余长度,该长度位于镀槽平衡弯月面后面,并且横交的滑动磁场在一个位置作用在其上。

但是通过这些措施对厚度进行调整的可能性减小了,因为镀锌槽 1 和感应线圈 6 的所有特点都已经固定。可以通过计算在粗制的冶金产品 4 的表面上液膜的“自由表面”的液流可进行直到出口 8 的下游端发生的液膜的变薄的计算。事实上,在大多数情况下变薄保持忽略不计。

当计算涂抹时,一般说来是正确的实用的近似法包括只考虑由 *Landau* 和 *Levitch* 模型给出的液膜厚度。

3. 概括:

镀锌槽 1 及在出口的感应线圈的尺寸确定首先以决于要用选定的熔融金属涂覆的冶金产品的尺寸及可能的粗糙度。随后感应线圈 6 的几何尺寸要设成使得与冶金产品 4 的表面接近,所产生的磁场是横交的并可滑动的。对于冶金产品 4 通过镀锌槽 1 的宽的速度范围 V_b , 要求出有效磁感 B_{eff} 的频率、磁性节距及强度, 该磁感 B_{eff} 是适当地用来平衡在感应线圈 6 的第一半部下面的压力。因此磁漏损并不会成为太大, 在定尺寸方面附加的规则包括取间隙使得磁的半节距与所述的间距的比例不大于 3; 这限制了一系数, 就是称为有效磁感 B_{eff} 和感应线圈 6 产生的磁感 B_0 之间的“隔层系数”(casing coefficient), 而感应线圈产生的磁感由 Byot 和 Savard 定律求出, 并与感应线圈 6 的绕组的几何尺寸相应。随后用 Landau 和 Levitch 模型计算与各选定的速度 V_b 相应的冶金产品 4 上沉积的厚度。也可以在同一图上示出长度 L_i (涂覆液体沿着该长度渗入镀锌槽 1 的出口通道 8 中)。与上述给出的实例相应的曲线图示于图 2。

在垂直安排的镀锌装置中上面大多数结果仍是有效的。

说明书附图

