



# [12] 发明专利说明书

专利号 ZL 01812633.2

[45] 授权公告日 2005 年 9 月 28 日

[11] 授权公告号 CN 1220797C

[22] 申请日 2001.7.10 [21] 申请号 01812633.2

[30] 优先权

[32] 2000.7.10 [33] DE [31] 10033434.2

[86] 国际申请 PCT/EP2001/007936 2001.7.10

[87] 国际公布 WO2002/004717 德 2002.1.17

[85] 进入国家阶段日期 2003.1.10

[71] 专利权人 巴斯福股份公司

地址 德国路德维希港

[72] 发明人 W·黑塞 B·劳布施

审查员 马秀芳

[74] 专利代理机构 北京市中咨律师事务所

代理人 段承恩 刘金辉

权利要求书 1 页 说明书 10 页

[54] 发明名称 借助含银盐配方产生铝或铝合金的金色表面的方法

[57] 摘要

本发明涉及一种产生金色氧化铝层的方法，其中通过电解方法在含有烷基磺酸和银的烷基磺酸盐的电解质中对铝或铝合金的氧化表面进行着色。本发明还涉及通过所述方法生产的金色铝或铝合金工件用于装饰目的的用途。本发明进一步涉及一种通过电解方法使铝或铝合金的氧化表面着成金色的电解质溶液，并且涉及含有银的烷基磺酸盐的电解质以电解方法使铝或铝合金的氧化铝层着成金色的用途。

1. 一种获得金色氧化铝层的方法，包括以下步骤：
  - a) 预处理铝或铝合金；
  - b) 铝或铝合金的阳极氧化；
  - c) 通过在含有烷基磺酸和银的烷基磺酸盐的电解质中的电解对铝或铝合金的氧化表面进行着色；
  - d) 步骤 a)、b)和 c)后获得的金色工件的后续处理；
  - e) 如果需要，回收所用的烷基磺酸和/或其盐，步骤 e)可在任何使用烷基磺酸的步骤后进行，或者与这些步骤平行进行；其中步骤 c)的着色在银的烷基磺酸盐的浓度为 3-20 g/l 和电流密度与电压乘积为 1-5 AV/dm<sup>2</sup> 下进行，时间为 0.05-4 分钟。
2. 如权利要求 1 所述的方法，其中在步骤 c)的电解质中，所用酸选自烷基磺酸或烷基磺酸和硫酸的混合物。
3. 如权利要求 1 或 2 所述的方法，其中在步骤 c)的含有银的烷基磺酸盐的电解质中，除了银的烷基磺酸盐以外，还可以含有铜盐和/或锡盐。
4. 权利要求 3 所述的方法，其中可以在电解质中存在的铜盐和/或锡盐是烷基磺酸盐和/或硫酸盐。
5. 如权利要求 1 或 2 所述的方法，其中所述烷基磺酸是甲磺酸。
6. 如权利要求 1 或 2 所述的方法，其中步骤 b)的阳极氧化在基于烷基磺酸或烷基磺酸与选自硫酸、磷酸和草酸的其它酸的混合物的电解质中进行。
7. 如权利要求 1 或 2 所述的方法，其中在步骤 a)的铝或铝合金的预处理中使用含有烷基磺酸的溶液。
8. 含有银的烷基磺酸盐的电解质在 3-20g/l 浓度下，以电解方法使基于铝或铝合金的氧化铝层着成金色的用途，其中着色在电流密度和电压乘积为 1-5AV/dm<sup>2</sup> 下进行，时间为 0.05-4 分钟。

## 借助含银盐配方产生铝或铝合金的金色表面的方法

本发明涉及一种获得金色氧化铝层的方法，涉及使氧化铝层着成金色的含银盐电解质的用途，涉及一种使铝或铝合金的氧化表面着成金色的电解质溶液，并涉及根据本发明产生的基于铝或铝合金的金色工件的用途。

出于防腐蚀和防磨损或装饰的原因，铝或铝合金工件通常具有氧化铝保护层。由于氧化铝是无色的并且该氧化层是多孔的，所以，通常得到的是具有高吸收能力的无色氧化铝层。为了获得装饰性表面，例如用于建筑墙壁或可见的部件，这些氧化铝层常常被着色。

着色氧化铝层的生产一般分两步进行。首先，使铝或铝合金的表面氧化。随后通过将有机或无机染料吸入氧化层的毛细管状孔隙中使该氧化层着色。

铝表面或铝合金表面的表面氧化可以通过把工件浸在弱腐蚀剂溶液、或者通过铬酸盐化和磷酸盐化处理的化学方法进行。

但是，一般来说，通过电化学方法的阳极氧化(阳极化、铝的阳极氧化法)是更有利的，因为用这种方法可以获得比化学处理更厚的氧化物涂层。

最常用的方法使用硫酸(S)、草酸(X)或铬酸溶液作为电解质。在铬酸法中，专门使用直流电，而硫酸和草酸法可以用直流(分别为 DS 或 DX 法)或交流电(分别为 AS 或 AX 法)操作。也可以使用硫酸和草酸的混合物(DSX 法)。这有某种关联性，因为混合物可以在比纯硫酸(18-22℃)更高的电解液温度(22-24℃)下使用。在这些方法中，氧化物层的层厚为约 10-30 微米。在某些应用中，也可以产生特别薄(在带式阳极氧化情况下为数微米)或特别厚(在硬阳极氧化情况下高达约为 80 微米)的氧化层。

由现有技术也可以获知各种使表面氧化后的铝或铝合金的表面着色的方法。区别一般在于化学着色和电解着色。

在化学着色情况下，经过阳极氧化的铝或铝合金在没有电流作用下，使用合适的有机或无机化合物在水相中着色。有机染料(铝的阳极处理染

料,例如来自茜素系列的染料或靛蓝染料)常常有耐光性差的缺点。在化学着色情况下,无机染料可通过沉淀反应或重金属盐的水解在孔隙中沉积。但是,该工艺过程是难以控制的,常常产生再现性方面的问题,即获得同样色泽方面的问题。由于这一原因,对于氧化铝层的着色,一段时间以来电解法越来越占优势。

由现有技术可以获知多种生产有色氧化铝层的电解方法。

最广泛的是从含有扩散(throwing)-改善添加剂的酸性硫酸锡电解质中电解沉积锡。用这种方法可获得青铜色调,其范围为香槟色到实际上的黑色。

US 4,128,460 涉及一种通过电解使铝或铝合金着色的方法,包括使用传统方法使铝或铝合金阳极氧化,然后在含有脂族磺酸和磺酸的金属盐、尤其是锡、铜、铅或银盐的电解液中电解。根据 US 4,128,460,通过提高所用金属盐的氧化稳定性实现了电解液的稳定性提高,并且达到了铝或铝合金表面的均匀着色。US 4,128,460 在表 1 列出了各种电解液组合物、电解电压和电解时间所获得的色调。因此,获得了淡青铜色的氧化铝表面,例如在基于金属甲磺酸锡浓度为 10 g/l 的甲磺酸中,电压为 12V 且电解时间为 5 分钟条件下。在基于金属浓度分别为 0.2 g/l 甲磺酸银和 10 g/l 甲磺酸锡的甲磺酸中,电压为 15V 且电解时间为 5 分钟条件下,获得了深棕色色彩。

巴西申请 BR 91001174、BR 9501255-9 和 BR 9501280-0 也涉及使用电解质和金属盐对阳极氧化的铝进行电泳浸渍着色的方法,所述电解质和金属盐主要由纯甲磺酸、锡或铜的甲磺酸盐或镍、铅的甲磺酸盐或其他盐组成。根据这些申请,与传统的硫酸盐基电解质和方法相比,用简单的方法实现了溶液电导率的增大和着色时间的缩短,并达到了可靠的控制、相同色调的重复性和低操作成本。这些申请对于根据这些申请的方法获得的着色氧化铝表面的色调没有提供信息。只有 BR 9501255-9 就传统颜色作了一般说明,如青铜色和酒红色,包括它们所有的颜色深浅直至深黑,这通常在使用金属盐如硫酸盐时可以获得。

对氧化铝表面着色颜色存在一个宽色系的需求。特别地,例如金色、

银色和白色的颜色对装饰目的具有特别意义。这些色彩应该能够均匀地获得，并通过非常简单且应是容易重复的方法获得。在银色的情况下，铝表面的着色是不必要的，因为铝本身是银色的。

EP-A 0 351 680 涉及阳极产生的铝和/或铝合金表面使用对甲苯磺酸利用交流电在含银盐的电解质水溶液中的电解着色。在该方法中，获得了铝的金色着色。所用的银盐优选为硫酸银。对甲苯磺酸的使用是关键，以便获得一种暖色的、微红的金色。如果不加入对甲苯磺酸，则获得略呈绿色的色彩。

所以，本发明的一个目的是提供一种产生金色氧化铝表面的方法。该方法应该产生均匀且可重复的金色，其色调尽可能接近天然金的色调。此外，应该便于在没有添加必须的(对环境有害的)添加剂如对甲苯磺酸的条件下进行非常快的着色。

我们已经发现，通过一种获得金色氧化铝层的方法实现了该目的，所述方法包括以下步骤：

- a) 预处理铝或铝合金；
- b) 铝或铝合金的阳极氧化(阳极化)；
- c) 通过在含有烷基磺酸和银的烷基磺酸盐的电解质中的电解对铝或铝合金的氧化表面进行着色；
- d) 步骤 a)、b)和 c)后获得的金色工件的后续处理；
- e) 如果需要，回收所用的烷基磺酸和/或其盐，步骤 e)可在任何使用烷基磺酸的步骤后、特别是步骤 b)和/或 c)后进行，或者与这些步骤平行进行。

通过本发明方法，获得了以着色均匀和表面质量优异(特别是关于耐光性和耐候性)为特征的金色氧化铝层。所得的金色工件非常适合于装饰目的，例如用于生产窗型材和包层部件。

对于本发明的目的，术语“烷基磺酸”被理解为代表脂族磺酸。如果需要，所述磺酸的脂族基团可被官能团或杂原子如羟基取代。优选的是下面通式的磺酸



其中，R 是烷基，其可以是支化或未支化的，含有 1-12 个碳原子，优选含有 1-6 个碳原子，特别优选的是有 1-3 个碳原子的未支化烷基，非常特别优选的是有 1 个碳原子，即甲磺酸。

R' 是烷基，其可以是支化或未支化的，有 2-12 个碳原子，优选有 2-6 个碳原子，特别优选的是有 2-4 个碳原子的未支化烷基，其中羟基和磺酸基可以结合到任何需要的碳原子上，条件是它们不能结合到相同的碳原子上。

本发明所用烷基磺酸非常特别优选甲磺酸。

本发明方法可用于把铝和铝合金着成金色。特别合适的铝合金是铝与硅和/或镁的合金。硅和/或镁可以 2 重量%(Si)或 5 重量%(Mg)的比例存在于合金中。

#### 步骤 a)

铝或铝合金的预处理是关键步骤，因为它决定最终产品的光学质量。由于在阳极氧化过程中产生的氧化物是透明的，并且在步骤 c) 的着色过程中也保持这种透明性，金属工件的任何表面裂痕在最终部件中仍然是可见的。

一般来说，预处理通过传统方法如机械抛光和/或电解抛光、使用中性表面活性剂或有机溶剂脱蜡、磨光或酸洗进行。通常，预处理后用水漂洗。在本发明的一个优选的实施方案中，在步骤 a) 中也使用含烷基磺酸的溶液(例如在磨光和电解抛光的情况下)。优选的烷基磺酸前面已经提及。特别优选的是甲磺酸。

#### 步骤 b)

在步骤 b) 的阳极氧化过程可以通过由现有技术已知的任何方法进行。阳极氧化过程优选在作为电解质基础的硫酸中进行。

在另一个优选的方法中，阳极氧化在含有约 3-30 重量%烷基磺酸的电解质中进行。阳极氧化过程特别优选在基于烷基磺酸或烷基磺酸与另外选自硫酸、磷酸和草酸的酸的混合物中进行。电解质非常特别优选含有 20-100 重量份烷基磺酸和 80-0 重量份的其它酸，其中，烷基磺酸与其它酸的总和为 100 重量份，并且在电解质中的浓度为 3-30 重量%。

在阳极氧化步骤中使用基于所用电解质的烷基磺酸时，发生的阳极氧化过程比在使用纯硫酸的情况下更快。这是重要的，特别是关于后续的着色步骤 c)，因为在根据本发明的多步骤方法中(包括阳极氧化和随后使氧化表面着色)，阳极氧化是决定速度的步骤。取决于表面颜色，阳极氧化比随后的着色慢 5-50 倍。通过提高阳极氧化步骤的速度，可以使该方法获得更经济的特性，因为这样可以实现更高的单位时间生产率。此外，还明显降低了阳极氧化过程中的能量需要。该方法的其它细节描述在与本申请同时提交的、题目为“利用含烷基磺酸的配方进行铝或铝合金的表面处理的方法”的申请 DE-A 100 324 35 中。

除了相应的酸、优选的硫酸或烷基磺酸或者选自烷基磺酸、硫酸、磷酸或草酸的各种酸的混合物以外，所述电解质一般还包含水和，如果必要，其它添加剂如硫酸铝。

在基于硫酸和/或烷基磺酸的电解法中，为了获得一般为 10-30 微米，优选为 15-30 微米的氧化铝层厚度(这对随后的着色步骤是最佳的)，电解时间一般为 10-60 分钟，优选 30-50 分钟，其中，精确的时间首先取决于电流密度。

在步骤 b)中的铝或铝合金的阳极氧化过程可以通过电泳浸渍法或利用电解拉出(pull-through)法通过例如带、管或线的连续阳极氧化来进行，例如生产罐头薄板。

阳极氧化可以用直流电或交流电操作，但是优选用直流电操作。

阳极氧化优选在 17-24℃ 下进行。如果温度过高，则发生氧化层的不规则沉积，这是不希望的。如果使用基于烷基磺酸的电解质，则可以在高达 30℃ 下进行阳极氧化。该方法在较高温度下进行可以节约冷却电解质的能量消耗。阳极氧化过程中一般必须冷却电解质，因为阳极氧化过程是放热的。

一般来说，进行阳极氧化的电流密度为 0.5-5 A/dm<sup>2</sup>，优选 0.5-3 A/dm<sup>2</sup>，特别优选 1.0-2.5 A/dm<sup>2</sup>。电压一般为 1-30 V，优选 2-20V。适于进行阳极氧化的装置一般是所有已知适于铝或铝合金的连续阳极氧化的电泳浸涂的装置，例如，利用电解拉出法。

### 步骤 c)

在步骤 b)的阳极氧化之后, 所得的氧化铝层根据本发明被着成金色。这种金色着色在含有银的烷基磺酸盐和烷基磺酸的电解质中获得。这种类型的金色铝工件对于生产装饰物品具有特殊的意义, 因为对于用铝制成的金色物品的需求是巨大的。

这些金色氧化铝表面优选在下列条件下通过进行步骤 c)的着色获得: 按  $\text{Ag}^+$  计, 银盐的浓度为 2-50 g/l, 优选 3-20 g/l; 电流密度与电压的乘积为 0.5-10  $\text{AV}/\text{dm}^2$ , 优选 1-5  $\text{AV}/\text{dm}^2$ ; 着色时间一般为 0.05-4 分钟, 优选 0.3-3 分钟, 特别优选 0.5-2 分钟。银盐浓度、电流密度与电压的乘积和电解时间三个参数的精确匹配在这里是至关重要的。仅仅一个参数的偏差就会产生不希望的着色。此外, 使用按  $\text{Ag}^+$  计浓度为 2-50 g/l 的高浓度银盐。只有在高银盐浓度条件下, 才能避免金色层发绿光 (green cast)。这样高的银盐浓度只有使用易溶盐, 即本发明烷基磺酸盐才能获得。所以, 硫酸银是不合适的, 因为它在水中的溶解极限为约 0.9 g/l。由于烷基磺酸盐的溶解性良好, 进一步促进了银盐以液体形式(即在溶液中)的自动计量。此外, 较高的银盐浓度能够在氧化铝表面上实现更快的沉积。

在本发明方法的步骤 b)之后获得的氧化铝层使用直流或交流电、优选使用交流电, 在含金属盐的电解质中着色。在该操作中, 金属从金属盐溶液中沉积在氧化物层的孔隙底部。利用本发明方法获得的金色是非常耐光的。达到了均匀且容易重现的色调。

在步骤 c)的电解质中, 优选使用的酸选自烷基磺酸或烷基磺酸和硫酸的混合物。

在本发明的一个特别优选的实施方案中, 含银盐的电解质中含有 20-100 重量份的烷基磺酸和 80-0 重量份的硫酸, 其中, 烷基磺酸和硫酸的总和是 100 重量份, 并且在电解质中的浓度为 0.1-20 重量%, 优选 1-15 重量%。所述电解质非常特别优选含有 100 重量份的烷基磺酸。根据本发明的电解质是电解质水溶液。

适用于步骤 c)中的烷基磺酸前面已经公开。特别优选的是甲磺酸。

与基于纯硫酸的电解质相比, 基于烷基磺酸的电解质具有较高的电导

率，结果产生较快的着色，并显示出减小的氧化作用，因此防止了金属盐从含金属盐的电解质中沉淀。为了提高电解液稳定性和改善扩散或者为了避免金色发绿光 (green cast) 而加入添加剂如对环境有害的苯酚或甲苯磺酸或类似添加剂是不必要的。

此外，在电解质中使用烷基磺酸时，实现了比使用纯硫酸更快的着色。此外，获得了可重现的金色着色，保证了均匀的产品质量。此外，应该强调烷基磺酸的改善扩散的作用，它将导致所用金属盐的均匀沉积，因此产生非常好的表面质量。

除了根据本发明所用的银盐以外，其它合适的金属盐是选自锡、铜、钴、镍、铋、铬、钨和铅的盐或这些金属盐的两种或多种混合物的普通盐。除了银盐以外，在步骤 c) 中的含银盐电解质可优选含有铜盐和/或锡盐，这使得金色调可以发生细微变化。

可以在所述电解质中存在的铜盐和/或锡盐优选是烷基磺酸盐和/或硫酸盐。特别优选是烷基磺酸盐。

对于本发明的目的，术语“烷基磺酸盐”理解为代表脂族磺酸盐。如果需要，其脂族基团可被官能团或杂原子如羟基取代。优选的是具有以下通式的烷基磺酸盐：



其中，R 是烷基，其可以是支化或未支化的，含有 1-12 个碳原子，优选含有 1-6 个碳原子，特别优选的是含有 1-3 个碳原子的未支化烷基，非常特别优选的是含有 1 个碳原子，即甲磺酸。

R' 是烷基，其可以是支化或未支化的，含有 2-12 个碳原子，优选含有 2-6 个碳原子，特别优选的是含有 2-4 个碳原子的未支化烷基，其中羟基和磺基可以结合到任何需要的碳原子上，条件是它们不能结合到相同的碳原子上。

用于本发明的银盐非常特别优选甲磺酸银。

除了所用的相应酸、烷基磺酸或硫酸与烷基磺酸的混合物和银的烷基磺酸盐以及任选的其它金属盐以外，所述电解质一般含有水和，如果必要，其它添加剂，例如用于改善扩散的芳族磺酸。如果使用烷基磺酸、特别是

甲磺酸作为酸，一般可以省略使用改善扩散的添加剂。

可以使用适于氧化铝层的电解着色的所有装置。

合适的电极是那些通常适用于氧化铝层电解着色方法的电极，例如不锈钢或石墨电极。还可以使用银电极或用可以使用的其它金属之一制成的电极，其在电解过程中溶解，由此在电解过程中补充相应的金属盐。

#### 步骤 d)

对在步骤 c)之后获得的工件，适当的话，还有在步骤 b)后获得的工件的后续处理分成两步：

##### d1)漂洗

为了从氧化物层的孔隙中排出残余电解液，一般用水漂洗工件，特别是用流水漂洗。该漂洗步骤在步骤 b)或步骤 c)之后。

##### d2)密封

所得的氧化物层一般在步骤 c)之后密封，以获得良好的耐腐蚀性。把工件浸渍在沸腾的蒸馏水中约 30-60 分钟可以达到该密封。氧化物层在该操作中溶胀，导致孔隙闭塞。所述水还可以含有添加剂。在一个特定实施方案中，所述工件随后在 4-6 巴的直接蒸汽中处理，而不在沸水中处理。

其它的密封方法也可以，例如通过把工件浸渍在容易水解的盐溶液中，其中孔隙被低溶解度金属盐闭塞，或者浸渍在铬酸盐溶液中，其主要用于富硅和富重金属的合金。如果通过随后浸渍在乙酸钠溶液中来沉淀硅酸，在稀水玻璃溶液中处理也导致孔隙的密封。可以使用不溶性的金属硅酸盐或有机疏水性物质如蜡、树脂、油、石蜡、涂层和塑料来密封所述孔隙。

但是，优选利用水或蒸汽进行密封。

##### e)回收所用烷基磺酸和/或其盐

为了解约成本和出于生态方面的原因，可以回收所用的烷基磺酸和/或其盐。该回收可以在每个可能使用烷基磺酸的步骤之后，或者可以与这些步骤平行进行。例如，回收可以与步骤 b)和步骤 c)之后的漂洗步骤 d1)一起进行。这种类型的回收可以，例如借助电解薄膜电池 (electrolytic membrane cells)、通过级联漂洗或通过简单的浓缩如漂洗液进行。

本发明还涉及含有银的烷基磺酸盐的电解质以电解方法使基于铝或铝合金的氧化铝层着成金色的用途。本发明还涉及一种通过电解方法使铝或铝合金的氧化表面着成金色的电解质溶液，其中含有银的烷基磺酸盐，如果需要，还含有铜盐和/或锡盐和选自烷基磺酸或烷基磺酸和硫酸的混合物的酸。在现有技术中迄今为止还没有公开过烷基磺酸银（优选的是甲磺酸银，如果需要，还包含其它金属盐，优选锡盐和铜盐）适于使氧化铝层着成金色。通过使用烷基磺酸银和使用使氧化铝表面着成金色的含有银的烷基磺酸盐的电解质，可以在短时间内产生均匀且可重现的金色氧化铝表面。

本发明还涉及本发明方法生产的基于铝或铝合金的金色工件用于装饰目的的用途。

这些基于铝或铝合金的金色工件可以在任何其中铝工件用于外面可见位置的地方使用。本发明生产的金色铝工件的用途实例是在建筑工业中，特别是生产窗型材或包层部件，和所有类型的手柄、配件和覆盖物，用于生产家用制品，用在汽车或航空器建造（特别是主体和内部部件），以及在包装工业中。

以下实施例补充说明本发明。

## 实施例

### 实施例 1 (对比例)

脱脂并酸洗的铝合金  $AlMgSi_{0.5}$  板于  $20^{\circ}C$  下在添加有  $8g/l$   $Al$  的  $18\%$  浓度的  $H_2SO_4$  中，使用 DS 法以  $16V$  和  $1.5 A/dm^2$  阳极氧化 40 分钟，获得厚度约 20 微米的氧化层。用  $1.9 g/l$  甲磺酸银(相当于  $1 g/l Ag^+$ )和  $57 g/l$  甲磺酸制备着色电解质。在  $0.2$ 、 $0.4$  和  $2 A/dm^2$  的电流密度和约  $8V$  的电压下，对阳极氧化的合金板进行不同时间的着色。下表 1 给出了以时间为函数获得的颜色：

时间(秒)	0.2A/dm <sup>2</sup> 下的颜色	0.4A/dm <sup>2</sup> 下的颜色	2 A/dm <sup>2</sup> 下的颜色
15	亮淡金色 <sup>1)</sup>	淡金色 <sup>1)</sup>	略呈绿色的金色
30	1)	1)	暗金色
60	1)	金色 <sup>1)</sup>	淡棕色
120	1)	1)	棕色(橄榄色)
180	金色 <sup>1)</sup>	暗金色 <sup>1)</sup>	暗棕色

<sup>1)</sup>略呈绿色

### 实施例 2

步骤与实施例 1 相同,但是用 19 g/l Ag MSA(MSA=甲磺酸)(10 g/l Ag<sup>+</sup>)和 57 g/l MSA 制备着色电解质。

下表 2 给出了以时间为函数获得的颜色:

时间(秒)	0.2A/dm <sup>2</sup> 下的颜色	0.4A/dm <sup>2</sup> 下的颜色	2 <sup>1)</sup> A/dm <sup>2</sup> 下的颜色
15	淡金色	亮金色	略呈红色的金色
30	亮金色	金色	暗红金色
60	金色	暗金色	酒红色
120	金色	淡棕色	红黑色
180	暗金色	红棕色	黑色

<sup>1)</sup>对比试验

### 实施例 3

步骤与实施例 1 和 2 相同,但是,由 19 g/l Ag MSA(10 g/l Ag<sup>+</sup>)、5 g/l Cu MSA(2 g/l Cu<sup>2+</sup>)和 57 g/l MSA 制备着色电解质。着色在 0.2 A/dm<sup>2</sup> 下进行。仅 45 秒后就获得了诱人的金色着色,其色调与实施例 2 的金色调略有不同。