



平成11年度 ものづくり人材支援基盤整備事業
－技術・技能の客觀化、マニュアル化等－

アルミニウムの陽極酸化処理に係わる技術・技能

平成12年7月

中小企業総合事業団

情報・技術部

はじめに

中小企業総合事業団では、中小企業庁が進める国的重要施策である、中小企業のための数々の施策を実施しています。

さて、中小企業総合事業団では平成11年度「ものづくり人材支援基盤整備事業」において、技術・技能の客観化、マニュアル化等を行うことが、技術・技能の継承を図る上で重要と考え、それらを必要とする業界を対象に、「平成11年度ものづくり人材支援基盤整備事業－技術・技能の客観化、マニュアル化等－アルミニウムの陽極酸化処理に係わる技術・技能」を作成いたしました。

最近の中小製造業の現場では、熟練技術者・技能者の高齢化が目立ち、退職後の製造現場の能力維持等が問題となってきています。

これは、熟練技術者・技能者、その個人の持つ技術・技能を後継者に伝承することにより、解決されうるものであります。その伝承・技能には訓練が伴い、適切な指導を行える指導者と時間が必要であります。

そこで、業界団体を通じて各中小企業者に本件を有効に活用頂き、技術・技能を継承するべき若年層等の人材の確保・育成の一助になれば幸いに存じます。

なお、本書の作成にあたり、ご協力頂きました関係者各位に厚く御礼申し上げます。

平成12年7月

中小企業総合事業団
情報・技術部
部長 鈴木 達也

制作協力

| | |
|-------|-------|
| 菊池 哲 | 西邑 弘 |
| 平山 良夫 | 金成 真平 |
| 新井 元彦 | 鈴木 清隆 |

アルミニウムの陽極酸化処理技術・技能の客観化・マニュアル化

| | | |
|---------|----------------------|----|
| 1 | 被処理アルミニウム材料 | 3 |
| 1. 1 | 展伸用アルミニウム合金の種類と特徴 | 3 |
| 1. 2 | 鋳物用アルミニウム合金の種類と特徴 | 7 |
| 1. 3 | ダイカスト用アルミニウム合金の種類と特徴 | 9 |
| 1. 4 | アルミニウム合金の種類と陽極酸化処理特性 | 10 |
| 1. 5 | アルミニウム材料の保管・取扱い | 12 |
| 2 | 前処理 | 15 |
| 2. 1 | 前処理工程フローシート | 15 |
| 2. 2 | 材料の受け入れ | 16 |
| 2. 2. 1 | 材料の選択 | 16 |
| 2. 3 | 前処理の概要 | 17 |
| 2. 3. 1 | 前処理の目的と方法 | 17 |
| 2. 3. 2 | 前処理と後処理の関係 | 18 |
| 2. 4 | 各種の前処理方法 | 19 |
| 2. 4. 1 | 機械的前処理 | 19 |
| 2. 4. 2 | マスキング処理 | 21 |
| 2. 4. 3 | 脱脂処理 | 22 |
| 2. 4. 4 | エッティング処理 | 24 |
| 2. 4. 5 | 酸化物除去及び脱マット処理 | 28 |
| 2. 4. 6 | 電解研磨及び化学研磨処理 | 30 |
| 2. 4. 7 | 前処理工程間における水洗 | 34 |
| 3 | ジグ付け（ラッキング） | 37 |
| 3. 1 | ジグ用材料 | 37 |
| 3. 2 | 電解枠とジグの電流容量 | 39 |
| 3. 3 | ジグの種類と形状 | 41 |
| 4 | 陽極酸化 | 51 |
| 4. 1 | 陽極酸化の基礎 | 51 |

| | | |
|---------|---------------------|-----|
| 4. 1. 1 | 陽極酸化とめっきとの相違点 | 51 |
| 4. 1. 2 | 陽極酸化皮膜の構造 | 52 |
| 4. 1. 3 | アルミニウム陽極酸化の種類と皮膜の特徴 | 53 |
| 4. 1. 4 | 用途別皮膜性の種類と皮膜の特徴 | 54 |
| 4. 2 | 硫酸法 | 55 |
| 4. 2. 1 | 硫酸皮膜 | 55 |
| 4. 2. 2 | 電解設備 | 57 |
| 4. 2. 3 | 処理条件と電解方法 | 61 |
| 4. 2. 4 | 硫酸法による皮膜の性能 | 65 |
| 4. 3 | しゅう酸法 | 67 |
| 4. 3. 1 | しゅう酸皮膜 | 67 |
| 4. 3. 2 | 電解設備 | 68 |
| 4. 3. 3 | 電解方法と処理条件 | 71 |
| 4. 3. 4 | しゅう酸皮膜の特性 | 74 |
| 4. 4 | 硬質陽極酸化法 | 76 |
| 4. 4. 1 | 硬質陽極酸化皮膜 | 76 |
| 4. 4. 2 | 電解設備 | 78 |
| 4. 4. 3 | 処理条件と電解方法 | 82 |
| 4. 4. 4 | 皮膜性能 | 86 |
| 5 | 着色法 | 93 |
| 5. 1 | 着色法 | 93 |
| 5. 1. 1 | 着色法の種類と方法 | 93 |
| 5. 1. 2 | 色合わせ技術 | 95 |
| 5. 2 | 染色 | 97 |
| 5. 2. 1 | 染色法 | 97 |
| 5. 2. 2 | 浴の管理 | 99 |
| 5. 3 | 電解着色 | 101 |
| 5. 3. 1 | 電解着色の原理 | 101 |
| 5. 3. 2 | 交流着色法（浅田法） | 103 |
| 5. 3. 3 | 直流着色法 | 105 |
| 5. 3. 4 | 特殊波形着色法と均一着色性の改善 | 107 |
| 5. 3. 5 | 多段電解法（干渉色皮膜） | 109 |

| | | |
|---------|--------------------------|-----|
| 5. 4 | 自然発色法 | 111 |
| 5. 4. 1 | 自然発色技術・分類 | 111 |
| 5. 4. 2 | 電解発色法 | 112 |
| 5. 4. 3 | 合金発色法 | 123 |
| 5. 5 | 複合着色 | 116 |
| 6. | 水洗 | 119 |
| 6. 1 | 水洗の基礎 | 119 |
| 6. 2 | 水洗設備 | 121 |
| 6. 3 | 陽極酸化処理と水洗 | 123 |
| 6. 4 | 着色後の水洗・湯洗 | 125 |
| 7 | 封孔処理 | 129 |
| 7. 1 | 封孔処理の原理と目的 | 129 |
| 7. 2 | 各種の封孔処理方法 | 131 |
| 7. 2. 1 | 蒸気封孔処理 | 131 |
| 7. 2. 2 | 沸騰水封孔処理 | 133 |
| 7. 2. 3 | 金属塩封孔処理 | 136 |
| 7. 2. 4 | インプレグネーション封孔処理 | 138 |
| 8 | 工程管理 | 141 |
| 8. 1 | 管理すべき事項 | 141 |
| 8. 2 | 電解浴 の管理 | 145 |
| 8. 2. 1 | 硫酸電解液の分析方法 | 145 |
| 8. 2. 2 | しゅう酸電解液の分析方法 | 149 |
| 8. 3 | 着色浴の管理 | 152 |
| 8. 3. 1 | 交流・ニッケル浴 | 152 |
| 8. 3. 2 | 交流・すずニッケル浴 | 154 |
| 8. 4 | 染色浴の管理 | 157 |
| 8. 5 | 封孔浴の管理 | 158 |
| 9 | 処理品目と代表的なプロセス | 161 |
| 9. 1 | 建材の代表的プロセス | 161 |

| | | |
|----------|------------------------|-----|
| 9. 2 | 装飾品の代表的プロセス | 161 |
| 9. 3 | 台所用品の代表的プロセス | 162 |
| 9. 4 | 硬質陽極酸化皮膜の代表的プロセス | 162 |
| 10 | 品質管理 | 165 |
| 10. 1 | 品質試験 | 165 |
| 10. 1. 1 | 品質試験の種類と方法 | 165 |
| 10. 1. 2 | 外観試験 | 167 |
| 10. 1. 3 | 膜厚さ試験 | 169 |
| 10. 1. 4 | 耐食性試験 | 171 |
| 10. 1. 5 | 耐摩耗性試験 | 175 |
| 10. 1. 6 | その他の試験 | 177 |
| 10. 2 | 社内標準化 | 183 |
| 11 | 環境管理 | 189 |
| 11. 1 | 環境管理の考え方と管理事項 | 189 |
| 11. 2 | 排水の水質管理 | 191 |
| 11. 3 | 有害大気汚染物質の管理 | 195 |
| 11. 4 | P R T R | 197 |
| 11. 5 | エネルギー管理 | 206 |
| 12 | 安全衛生 | 215 |
| 12. 1 | 運搬と作業の安全 | 215 |
| 12. 2 | 現場における薬品取扱い事項 | 217 |
| 12. 3 | 薬品による災害とその対策 | 219 |
| 12. 4 | 電気による災害とその対策 | 221 |
| 12. 5 | その他の安全管理 | 223 |

1 被処理アルミニウム材料

1. 1 展伸用アルミニウム合金の種類と特徴
1. 2 鋳物用アルミニウム合金の種類と特徴
1. 3 ダイカスト用アルミニウム合金の種類と特徴
1. 4 アルミニウム合金の種類と陽極酸化処理特性
1. 5 アルミニウム材料の保管・取扱い

1 被処理アルミニウム材料

1. 1 展伸用アルミニウム合金の種類と特徴

目的

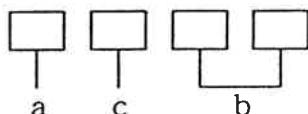
アルミニウム材料の成分、製造条件が陽極酸化皮膜の外観、皮膜性質に非常に密接な関係にあり、陽極酸化処理作業に当たってまず使用するアルミニウム材料の種類、性質をよく知って材料を吟味し、選択することが大切です。

合金番号の表示法

現在、実用されているアルミニウムは純度99.0%以上のものが純アルミニウムと呼ばれており、工業用純アルミニウムとして99.8~99.0%のものが実用化されている。

純アルミニウムにいろいろの金属元素を添加することにより、強度、加工性、耐食性などが改良されて、現在約40種類のアルミニウム合金が用途に合わせて実用化されている。

主要添加元素の種類により次のような合金系に分けられ、一定のルールに則り4桁の数字で記号化されている。



| | |
|-------------|---------------------------------|
| a …… 合金系の種類 | 1000台………純A l 系 |
| | 2000台………A l - Cu 系 (熱処理合金) |
| | 3000台………A l - Mn 系 |
| | 4000台………A l - Si 系 |
| | 5000台………A l - Mg 系 |
| | 6000台………A l - Mg - Si 系 (熱処理合金) |
| | 7000台………A l - Zn 系 (熱処理合金) |

b …… 純度、合金の種類を示す

1000台………99%以下の純度を表示する。(例. 1080=99.8% A l)

2000~7000台………合金番号(ALCOA社の旧合金記号を採用している)

c …… 各合金の改良型、改良された番号を示す。

(例. 3203=3003合金の改良型合金)

N記号のつくものは日本で開発された日本独自の合金を示す。

(例. 5N01………光輝アルミ合金、7N01………溶接構造用合金)

調質記号

非熱処理合金

| 調 質 | 加工硬化による調質 | 焼戻し条件による調質 | 安定化処理 |
|-------|-----------|------------|-------|
| ナマシ | O | O | O |
| 1/4硬質 | H12 | H22 | H32 |
| 1/2硬質 | H14 | H24 | H34 |
| 3/4硬質 | H16 | H26 | H36 |
| 硬 質 | H18 | H28 | H38 |

熱処理合金

| 記号 | 熱処理の種類 | 記号 | 熱処理の種類 |
|----|-----------------|-----|---------------|
| F | 製造(鋳造、押出し)のまま | T6 | 焼入処理-焼戻し |
| T3 | 熱入処理-冷間加工 | T8 | 焼入処理-冷間加工-焼戻し |
| T4 | 焼入処理-常温時効 | T9 | 焼入処理-焼戻し-冷間加工 |
| T5 | 高温製造過程(押出し)-焼戻し | T10 | T5処理-冷間加工 |

種類と特徴

| 合 金 系 | 特 徵 | 用 途 | 主要合金 |
|-----------------------|--|--------------------------------------|--------------------------------------|
| 1000 (純アルミ系) | 耐食性、成型性がよい 陽極処理性がよい、電気 熱伝導性に優れる | 各種器物、電気器具 装飾品、反射板 化学薬品容器、箔材 | 1080 1050 1100 |
| 2000 (Al-Cu合金系) | 熱処理合金、強度が強い 切削性がよい、耐食性 陽極処理性がよくない | 航空機 機械部品、輸送機器 鋳造品、ネジ製品 | 2014 2017 2011 |
| 3000 (Al-Mn合金系) | 耐食性、成型性がよい 純アルミに対して強度が高い | 一般器物、建築用材 食缶用材、電気部品 | 3003 3004 |
| 4000 (Al-Si合金系) | 融点低い、口一付材 灰黒色自然発色合金 | 口一材、溶接材 建材 | 4043 |
| 5000 (Al-Mg合金系) | Mgの含有量で合金の種類が多い 強度が強い、溶接性がよい、 耐食性、陽極処理性がよい | 建材、建造物 船舶、車両 光学用器機 装飾材、食缶用材 | 5005 5N01 5052 5056 5083 |
| 6000 (Al-Mg-Si合金系) | 熱処理合金、強度が強い 押出加工性がよい 耐食性、陽極処理性がよい | 建材、建造物 建築サッシ、家電 機器部材、音響部材 | 6061 6063 60N1 |
| 7000 (Al-Zn合金系) | 熱処理合金、最高の強度 溶接強度改良型合金あり | 航空機、スポーツ用品 溶接機造材、車両用材 | 7075 7078 7N01 |

ワンポイントレッスン

アルミニウム合金系の特徴と主要用途

・ 1 0 0 0 系

99.8~99.0% Alが工業用純アルミニウムとして一般に使用され、主要不純物はFe、Siである。

純度の高いアルミニウムは耐食性がよく化学工業や食品工業の諸設備に、また表面処理性がよく、美しい外観に仕上がる所以装飾品、反射鏡などに使用される。

熱や電気の良導体で、導電材料として、また延展性がよいので箔の材料として多く使用される。

・ 2 0 0 0 系

Al-Cu系合金で、ジュラルミンの名称でよく知られ、この合金系は熱処理をすることにより高い強度が得られ、航空機、各種機械部品材料として用いられている。

この系の合金は耐食性が劣るため構造物や厳しい腐食環境で使用する用途には適していない。

また2011合金は切削性に優れて切削加工を伴う機械部品材料として適している。

・ 3 0 0 0 系

Al-Mn系合金で、耐食性、プレス成型性は純アルミニウムと変わらないほどよく、強度が20~30%ほど高い。代表的合金は3003、3004合金である。

・400系

Al-Si系合金で、4043合金は溶融点が低いのでろう付用材料として利用されている。また、陽極酸化処理で灰黒色に仕上がる所以自然発色する建築パネル材としても利用される。4032合金は鍛造ピストン材として用いられている。

・500系

Al-Mg系合金で、添加Mg量0.5~6%と種類が多く、Mg含有量の少ないものは装飾用材、器物用材として使用され、Mg含有量の多いものは強度が高く、建築、船舶などの構造材として広く使用されている。

この合金系は他の合金系に比較して耐食性に優れており、とくに海水、汚染雰囲気に強く、また陽極酸化処理などの表面処理加工性がよいので非常に広い方面で使用される。

5N01合金は化学研磨-陽極酸化処理によって光沢のあるクロームめっき調の仕上がりが得られる所以輝アルミニウム合金の名称で高級器物、装飾品などに多く使用される。

Mg量2~5%の合金は成型性、溶接性、耐食性がよく、しかも強度が比較的高いので、建築、車両、船舶などの構造材、機器部品に多く使用されている。

その代表合金は5052、5083合金であり、また5056合金の押出棒材は強度が高く、しかも切削性、耐食、陽極酸化処理性がよいので光学機器部品に使用されている。

・600系

Al-Mg-Siで、耐食性、強度ともに優れており、また陽極酸化処理などの表面処理加工性がよい。代表的な合金として6061、6063合金がある。

この合金系は熱処理により強度を高めることができ、また押出加工性が非常に良いので押出加工材のほとんどがこの系の合金で占められている。そして6061合金は各種構造材に、また6063合金は特に押出加工性に優れており、任意の複雑な断面の形材の製作ができ、耐食性、陽極酸化処理性が優れているので建材としての利用が多くサッシ材として広く使用されている。

・700系

この系の合金はAl-Zn-Mg-Cu系、Al-Zn-Mg系の2種類に分かれ、前者はアルミニウム合金中最高の強度を持ち、後者は溶接性、耐食性が改良されて溶接構造合金として開発され、三元合金と呼ばれている。

代表的Al-Zn-Mg-Cu系合金は7075、7178合金で超タジュラルミンの名称で知られ、主な用途は航空機関係であるが、最近はスキーストック、野球バットなどスポーツ用品にも使用されている。

代表的Al-Zn-Mg系の7N01合金は溶接後の強度が強く、耐食性もよいので溶接構造材料として車両構造材に多く使用されている。

ワンポイントアドバイス

調質のための熱処理をすることによりアルミニウム中の不純物、添加元素の挙動が変化し、これが陽極酸化皮膜の外観、色調に微妙に影響するので調質の条件について十分管理する必要がある。

α 組織（固溶体）化することにより皮膜色調への影響が少くなり、また添加元素、金属間化合物が析出しやすい加熱条件（焼戻し処理など）では陽極皮膜は不透明化、着色してくる傾向がある。

質別、調質による陽極皮膜の透明性は概略次のような傾向がある。

透明 → 不透明（色が付きやすい）
非熱処理 O=H1n > H3n > H2n
熱処理合金 T3 = T4 > T5 = T6 = T8

参考文献

- J I S H 4 0 0 0 アルミニウム及びアルミニウム合金の板及び条
- J I S H 4 0 4 0 アルミニウム及びアルミニウム合金の棒及び線
- J I S H 4 0 8 0 アルミニウム及びアルミニウム合金継目無管
- J I S H 4 0 9 0 アルミニウム及びアルミニウム合金溶接管
- J I S H 4 1 0 0 アルミニウム及びアルミニウム押出形材
- J I S H 4 1 4 0 アルミニウム及びアルミニウム合金鍛造品
- J I S H 4 1 6 0 アルミニウム及びアルミニウム合金はく
- J I S H 4 1 7 0 高純度アルミニウムはく

1. 2 鋳物用アルミニウム合金の種類と特徴

目的

鋳物用アルミニウム合金の種類と特徴を知る。

作業条件（影響要因）

鋳物用アルミニウム合金は砂型、金型、シエル型に鋳入して成型する材料で鋳造性（湯流れ、引け収縮の少ない）を改良し、また強度を上げるために、Si、Cu、Mgなどが展伸材合金に比較してかなり多量に添加されている。

合金系として約6種類あり、自動車機器、船舶、多くの機械部品に使用されている。

データ

鋳物用アルミニウム合金の特徴と用途

| 合 金 系 | 特 徵 | 用 途 | 主要合金 |
|--------------------------|----------------------------|---|--------------------------------------|
| A l - Cu 系 | 強度、じん性、耐熱性 | 架線用部品、自転車 オートバイ部品 | AC 1 A |
| A l - Cu - Si 系 | 鋳造性、強度 | 自動車部品、シリンダーへッド ポンプボディー | AC 2 A AC 2 B |
| A l - Si 系 | 鋳造性（湯流れ） | バルブボディー クランクケース ハウジング | AC 3 A |
| A l - Si (Mg・Cu) 系 | 鋳造性 強度 耐圧性 | ブレーキドラム、クランクケース 油圧機、船舶、車両エンジン部品 ミッションケース ポンプボディー | AC 4 A AC 4 B AC 4 C AC 4 D |
| A l - Cu - Ni 系 | 高温での強度 | シリンダーへッド ディーゼル機関ピストン 航空機器部品 | AC 5 A |
| A l - Mg 系 | 耐食性 陽極酸化処理性 じん性 | 架線金具、事務機器 家具、建材 船舶用品部材、光学機器 | AC 7 A AC 7 B |
| A l - Si (Cu・Ni・Mg) 系 | 耐食、耐摩耗性 熱膨張係数が小さい 強度 | 自動車、ディーゼル機関 ピストン、ブーリー、軸受 | AC 8 A AC 8 B AC 8 C |

鋳物用アルミニウム合金、鋳造性を改良するためにCu、Si元素の添加が多い。そのために陽極酸化処理において皮膜生成率が悪く、また皮膜外観、皮膜性能がよくない。

陽極酸化皮膜特性

アルミニウム合金鋳物の硫酸皮膜特性

| 合金名 | 膜厚 (μ) | アカリ滴下 (s) | 耐摩耗性 (s) | 皮膜色調 | 備 考 |
|--------|-----------------|--------------|-------------|------|-------------------|
| AC 1 A | 2.1 | 5 | 15 | 銀白色 | 皮膜生成率著しく低い |
| AC 2 A | 5.2 | 5 | 105 | 銀白色 | " 欠陥部多い |
| AC 3 A | 3~11 | 10 | 450 | 淡灰色 | 皮膜ばらつき多く欠陥部 多い |
| AC 4 A | 3~8 | 10 | 750 | 淡灰色 | |
| AC 7 A | 7.7 | 25 | 960 | 銀白色 | 皮膜均一、欠陥部なし |
| AC 8 A | 2~9 | 5 | 240 | 淡灰色 | 皮膜ばらつき多い |

(注) 電解条件 9.4v / v%H₂SO₄ 20°C 1A/dm² 30分

封孔処理 純水 沸騰水封孔 20分

ワンポイントレッスン

アルミニウム鋳物はAl-Mg系合金のAC7A、AC7B以外は陽極酸化処理性が非常に悪く、皮膜性能も欠陥が多い。

これらの材料は添加元素の影響と共に、形状からくる湯ながれ、冷却の差による結晶組織むら、および鋳型離型材の付着など表面処理に悪影響するファクターが多くあり問題の発生が多くある。

陽極酸化処理において、スマットの少ない前洗浄、またスマットを除去する洗浄、そして極力短時間で陽極酸化処理（高電流密度）することが望まれる。

参考文献

JIS H 5202 アルミニウム合金鋳物

1. 3 ダイカスト用アルミニウム合金の種類と特徴

目的

ダイカスト用アルミニウム合金の種類と特徴を知る。

影響要因

ダイカスト用アルミニウム合金として鋳造性、機械的性質の良好性からAl-Si-Cu系合金(ADC12)が代表的合金としても最も多く使用されている。

データ

ダイカスト用アルミニウム合金の特徴、用途

| 合 金 系 | 特 徴 | 用 途 | 主要合金 |
|-----------|--------------------|-----------------------------|----------------|
| Al-Si系 | 鋳造性、耐食性 | 事務機器、計測機 カメラ、家電製品 | ADC1 ADC7 |
| Al-Si-Mg系 | 鋳造性、耐食性、強度 | クラッチカバー オイルポンプカバー | ADC3 |
| Al-Mg系 | 耐食性、じん性 鋳造性良くない | 調理器具、建材 船舶用部品 | ADC6 |
| Al-Si-Cu系 | 鋳造性、強度 | 自動車用機器、オートバイ用部品 カメラ、家電製品 | ADC10 ADC12 |

参考文献

J I S H 5 3 0 2 アルミニウム合金ダイカスト

1. 4 アルミニウム合金の種類と陽極酸化処理特性

目的

アルミニウム陽極酸化処理は材料が電解で発生する酸素と直接結合して、材料表面が酸化アルミニウム皮膜に転換するため、被処理材料の合金種類が生成する皮膜の外観、性能に非常に影響する。

陽極酸化処理をするにあたって材料の選択、吟味をしっかりと行うことが大切である。

作業条件（影響要因）

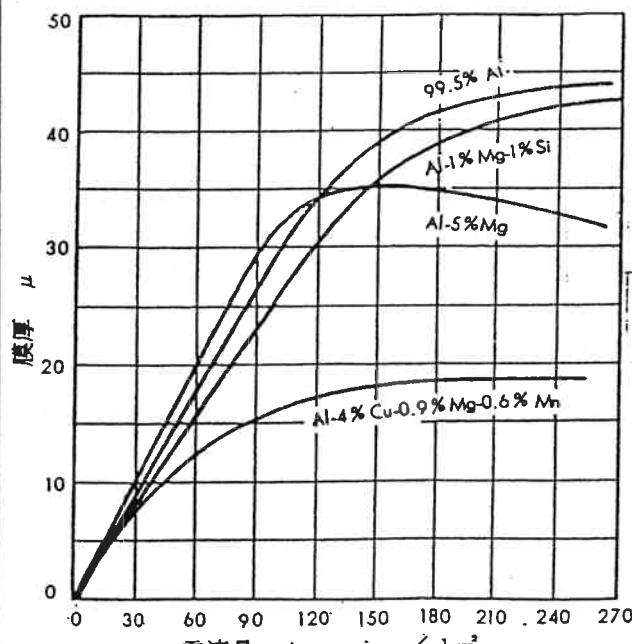
アルミニウム中の不純物元素、および合金添加元素はアルミニウムの原子配列の中に入り込んで固溶体の形、またこれらの元素量が多くて溶け込まず元素のままか、金属間化合物を作つて結晶粒界に分布する2つの形態がある。

固溶体の形、およびAl-Mg化合物はアルミニウムと同様に酸化されるため陽極処理に対する影響が少ない。（純アルミニウム系、Al-Mg系合金は陽極処理性がよい）

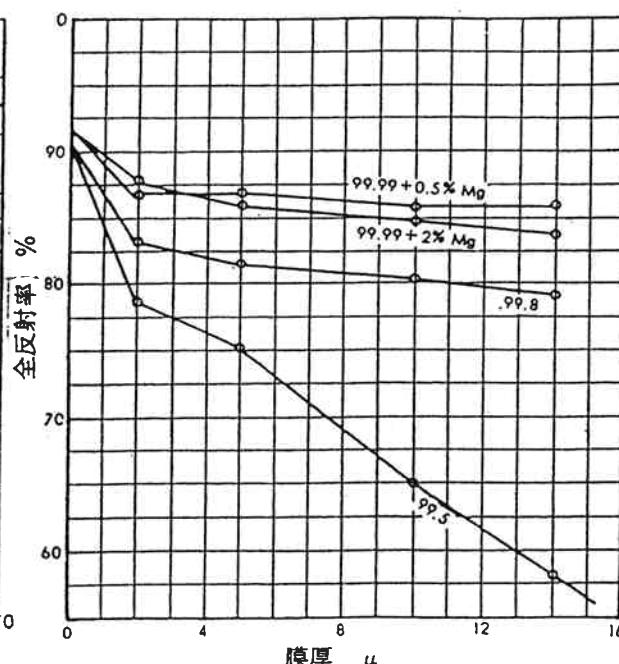
Si、Mn、Crなどの元素、金属間化合物は陽極皮膜の中に残留し、皮膜の色調を変化し、皮膜の透明度を悪くする。（Al-Si系合金は灰色皮膜、Al-Mn系合金は黄色化する）

Cu、Znなどは電解により溶出し、陽極皮膜生成率が悪く、また皮膜欠陥が多く良質な皮膜ができるにくい。（Al-Cu系、Al-Zn系合金は陽極皮膜生成率が悪い）

データ・グラフ



硫酸電解法における電流量と
膜厚の関係 (DC電解)



化学研磨後の陽極皮膜による反射率の変化

一般にアルミ(1000)系、Al-Mn(3000)系、Al-Mg系(5000)系、Al-Mg-Si(6000)系は陽極酸化処理性がよく、Al-Cu(2000)系、Al-Si(4000)系、Al-Zn(7000)系は皮膜生成率が悪く、外観、皮膜性能がよくない。

主なアルミニウム合金の陽極処理性

| 合金番号 (展伸材) | 陽極処理の目的 | | | | 合金番号 (鋳造材) | 陽極処理の目的 | | | |
|---------------|---------|----|----|-----|--------------------------|---------|----|----|-----|
| | 防食 | 染色 | 光輝 | 耐摩耗 | | 防食 | 染色 | 光輝 | 耐摩耗 |
| 1080 | A | A | A | A | AC1B | C | C | D | C |
| 1050 | A | A | A | A | AC2A | C | D | D | C |
| 1100 | A | A | A | A | AC3A | B | D | D | B |
| 2011 | C | C | D | C | AC4B | C | D | D | C |
| 2017 | C | C | D | C | AC4C | B | D | D | C |
| 2024 | C | C | D | C | AC5A | C | C | D | C |
| 3003 | A | B | C | A | AC7A | A | A | B | A |
| 3004 | A | B | C | A | AC8A | C | D | D | C |
| 4043 | B | B | D | B | AC9A | C | D | D | C |
| 5005 | A | A | B | A | ADC1 | C | D | D | C |
| 5052 | A | A | B | A | ADC3 | B | D | D | B |
| 5056 | A | A | C | A | ADC5 | A | A | B | A |
| 5083 | A | A | C | A | ADC6 | A | B | B | A |
| 5N01 | A | A | A | A | ADC10 | C | D | D | C |
| 5N01 | A | A | A | A | ADC12 | C | D | D | C |
| 6061 | A | A | C | A | 陽極処理性 | | | | |
| 6063 | A | A | B | A | A : 優 B : 良 C : 可 D : 困難 | | | | |
| 6N01 | A | A | C | A | | | | | |
| 7075 | B | B | C | B | | | | | |
| 7N01 | B | B | C | D | | | | | |

ワンポイントアドバイス

鋳物、ダイカスト材は、形状により鋳造時の湯ながれ、冷却速度が部分的に変わり、結晶の差異、添加元素の形態が変わりこれが陽極皮膜の色調、外観模様に影響することが多い。

ダイカスト材はとくに鋳造時の離型材の付着が外観模様に影響することが多いので注意が必要となる。

展伸材は、鋳塊の結晶組織が圧延、押出加工により引き延ばされる。よってこれらの陽極皮膜外観は繊維状模様となり、鋳塊の結晶組織にむらがあった場合は筋模様の外観となる。

押出形材はその形状、押出条件など押出加工時の加熱、冷却の熱履歴の差異により陽極皮膜の外観、色調が変わることがある。

一般にホロー形材はソリッド形材に比較してエッティング性が大きく、また径の大きい棒材、厚肉の管材は表面と中央部で結晶組織の差異があり、その不均一が陽極皮膜の外観、色調に影響が出ることがある。

注意点

- ・アルミニウム（合金）材料のチェック

アルミニウムの陽極処理において、材料に起因するトラブルが発生する。このために現場での材料管理、材料チェックが大切となる。

- ・アルカリエッティングによる材料チェック

苛性ソーダ（5%、40~60℃、10~30sec）に浸し、中和し、表面のスマットの状況を観察する。スマットの多い材料は析出物が多く、陽極皮膜が着色、不透明化する傾向があり、またスマットの色調が陽極皮膜の色調に相関がある。

このアルカリエッティングにより今まで見えなかった表面傷、鋳造時の細かい巣（ピンホール）、引け割れなどの欠陥も見つけることができる。

参考文献

J I S H 9 5 0 0 アルミニウムおよびアルミニウム合金の陽極処理作業標準

1. 5 アルミニウム材料の保管・取扱い

目的

アルミニウム合金材料は鉄鋼材料に比較して錆による腐食の現象が少なく、比較的に保管が容易であるが、その取扱いを誤ると表面傷、表面汚染、腐食などの現象が生じるためその保管と取り扱いについて注意が必要である。

影響要因

いったん表面傷、腐食現象ができると、傷、腐食ピットは外観に見た以上に深く、また表面汚染部はなかなか強固で標準の陽極処理工程では除去できなく仕上の欠陥となることが多い。

作業条件

- ・材料の保管について次の要領で行うことが望ましい。

- 1) 極力長期の在庫、保管しないような材料管理をする。
- 2) 埃の少ない、埃の立ちにくい床の倉庫に保管する。長期の野積みをしない。
- 3) 防湿、防塵には乾燥した帆布シート、ポリエチレンシートなどをかぶせる。
- 4) 酸、アルカリなどの化学薬品を使用する表面処理工場の近くに置くことを避ける。
- 5) 床に置くときは、直接置くことを避け、枕木を介して敷板の上に置く。
- 6) 繩、むしろなどの吸湿性の大きい梱包材はできれだけとておく。
- 7) 高温、高温の梅雨時には、ポリエチレンシートなどでくるんだアルミニウム形材は湿気と温度で蒸れて材料表面に黒く変色した皮膜（ベーマイト皮膜）ができることがある。

- ・材料の運搬について次の要領で行うことが望ましい。

材料の運搬、取扱いについてはアルミニウム材料は鉄鋼材に比較して強度が弱く変形しやすく、また表面硬度が小さいので擦り傷、当たり傷が付きやすく、その傷は深い。

そのため材料の取り扱い、運搬は材料同士が擦れないように、また他のものに当たらないよう細心の注意をして取り扱うことが大切である。

管理点

- ・アルミニウム合金材の保管について。

1. 長期の保管、在庫を極力避ける。
2. 梅雨時期の結露に注意する。
3. 埃、ごみの少ないよい雰囲気で保管する。

- ・アルミニウム合金材の運搬について。

1. できるだけ専用パレット、専用ラックを使用する
2. 成型加工、工程運搬、取り扱いで傷付きの危険性がある時は、ポリエチレン、塩ビ系の保護フィルムを作業前に張り、表面処理加工直前に剥離することは傷の防止に役立ち、非常に有効である。

ワンポイントアドバイス

高温高湿の梅雨時期に黒く変色した皮膜ができることがある。

この皮膜はアルカリ洗浄でもなかなかとれず、陽極処理の外観を悪くする。

この危険性のある時は、ポリエチレンシートの端部を破って、空気の通りをよくなるようにしておく。

この時期の材料保管には特に注意することが必要である。

2 前処理

- 2. 1 前処理工程フローシート
- 2. 2 材料の受け入れ
- 2. 2. 1 材料の選択
- 2. 3 前処理の概要
- 2. 3. 1 前処理の目的と方法
- 2. 3. 2 前処理と後処理の関係
- 2. 4 各種の前処理方法
- 2. 4. 1 機械的前処理
- 2. 4. 2 マスキング処理
- 2. 4. 3 脱脂処理
- 2. 4. 4 エッティング処理
- 2. 4. 5 酸化物除去及び脱マット処理
- 2. 4. 6 電解研磨及び化学研磨処理
- 2. 4. 7 前処理工程間における水洗

2. 2 材料の受け入れ

2. 2. 1 材料の選択

目的

工業的に使用される材料として、純アルミニウム材 (Al 99.5%以上) は機械的な強度が低く、軟質な材料である。一方、中強度の材料は、Al-Mg系のA5083材や建材等に使用される代表的な押出材 Al-Mg-Si系のA6063材等があり、高強度材料は、Al-Zn-Mg系の三元合金7N01やAl-Cu系のA2024材等がある。

一般に、アルミニウム独特のテクスチャーや意匠性は、その光沢と色調で代表される。陽極酸化後の光沢や色調は、アルミニウム材の純度の影響が大きく、電解及び化学研磨を行い装飾性の高い製品に対しては純アルミニウムまたは純アルミニウムに若干のMgを添加した合金を使用する必要がある。なお、陽極酸化後の仕上がり色調は、添加されている合金元素以外に熱処理などの調質条件によっても異なるので注意が必要である。

陽極酸化性としては、純アルミニウム材が最もよく、次いで、中強度材料のA6063材等であり、高強度材料は、耐食性が低く、しかも表面処理性が極端に悪く、耐食性を問題にしない機械部品等に利用される。

したがって、陽極酸化処理を行う場合は、使用する材質、材料製造条件等に注意を払う必要がある。

作業条件（影響因子）

（1）陽極酸化処理による材料表面の変化

陽極酸化処理によって内在する欠陥がより鮮明に現れることがある。したがって、表面処理を行う前の材料の受け入れ段階で外観検査を十分に行っておくことが大切である。材料表面は、汚れや油脂類の付着等により目視判定がしにくいことがあるので、このようなときは、脱脂、エッティング、脱スマット処理等の過程を注意して観察する習慣をつけることが大切である。

（2）アルミニウム材料の表面粗さについて

代表的なアルミニウム材料の表面粗さを知っておくことは、最終製品の仕上がり外観を得るために処理計画を立てる際、参考になる。通常、鋳物及びダイキャスト材で、100~1000μm、押出材の場合で4~10μm、圧延板材の場合（ロールツヤ出し）で0.1~1.0μmである。

ポイント

①電解または化学研磨で光輝面を得る場合の材料

純アルミニウム材 (Al 99.5%以上) または純アルミニウム材に少量のMgが添加された光輝用合金を選定する必要があり、コスト的にも純度99.5~99.8%程度が最適である。

②材料の検査には、予め外観検査用限度見本を定めておき、作業者一人一人が不良の限度を知ることが望ましい。

作業上の注意事項

工業的に生産されているアルミニウム材は、同一のメーカーのものでも製造工程においては、わずかな差異があり、これらの微妙な相違がアルマイト処理後、光沢や色調に影響を及ぼすので、できる限り同一メーカー及び同一生産ロットの材料を集中購入し、使用することが望ましいが、実際には困難な場合もあり、使用材料に応じ、処理条件等の調整が必要になる。

2. 3 前処理の概要

2. 3. 1 前処理の目的と方法

目的

製品の設計品質として要求される外観品質(意匠、テクスチャー等)及び皮膜品質性能(耐汚染性、耐食性、耐候性、耐摩耗性等)を確保し、さらに、顧客の要求品質を満足させることが目的である。

作業条件(影響因子)

アルミニウム材料に表面処理を施す場合、使用材料に応じた表面調整が必要である。この表面調整により反射光の量や方向に著しい違いが生じる。アルミニウム材料自体は、合金成分、表面の金属学的な組織、表面の凹凸及び表面層の汚れや酸化物の生成状態が異なる。したがって、そのまま表面処理を施しても製品の設計品質として要求されている意匠やテクスチャーは、得られない。使用する材料の選定及び受け入れ材料の表面状態と要求品質を考慮し、機械的な前処理を施し、さらに、化学的な前処理等が必要となる。

機械前処理方法

機械前処理法には、光沢仕上げを行うバフ研磨、艶消し仕上げを行うサンドブラストやホーニング仕上げ、筋目を出すスクランチ仕上げ、プレス機によるエンボス仕上げやパンチング、切削加工(ダイヤモンドカット)による鏡面仕上げ等多くの方法があるが、機械前処理でそのまま製品となるものは殆どなく、化学的な前処理、陽極酸化処理、各種の着色処理等の後処理が行われる。

化学的前処理方法

化学的前処理方法の具体的な工程は、次の通りである。

脱脂 : 被処理物の表面上に付着している油脂類や汚れを除去する工程で、脱脂方法としては、溶剤脱脂、酸性脱脂、弱アルカリ性脱脂及び電解脱脂法等がある。これらの選択は汚れの状態や用途により適宜選択される。

エッティング : 被処理物における表層の酸化皮膜や変質層を除去し、要求される製品の設計品質(表面テクスチャーの状態や光沢度等)を確保するための処理である。

デスマット : アルミニウム材をエッティングするとアルミニウム合金中の銅、ケイ素、鉄等の不溶性元素が被処理物表面上に付着する。このスマットは、硝酸や硫酸水溶液に浸せきし、除去する。

電解及び化学研磨 : 製品によっては、鏡面に近い光沢のある平滑面を要求されがあり、バフ研磨等の機械研磨を施し、次いで脱脂後、電解及び化学研磨が施されるが、研磨時に生成する薄膜を除去後十分な水洗を行い、陽極酸化処理が行われる。電解及び化学研磨法には、種々の方法があるが、用途や材質等により適宜選択される。

ねらい・ポイント

アルミニウム材は、大気中に曝されるとその表層に酸化皮膜を生成する。この酸化皮膜は厚さ50Å程度であるが、保護性が強く、金属内部への腐食進行を防止するが、反面表面処理を行う際には、邪魔になる。また、機械研磨された材料表層の金属組織は、材料内部の組織と異なり、非晶質組織になっており、これは20~200Åの厚さで変質層(バイルビー層)と呼んでいる層が生成される。通常、材料の表面における研磨の作用は、研磨材の硬度及び研磨時の発生熱が材料の硬度及び融点よりも高くなることによって表面が研磨されるわけであり、当然材料の融点を超える温度に達する。研磨熱により材料表層の溶融に続いて急速な冷却が起こり、結晶成長ができない状態で非晶質層が形成される。通常、これらの酸化皮膜や変質層は、化学的前処理方法により除去される。

2. 3. 2 前処理と後処理の関係

目的

前処理を施したアルミニウム材は、活性な表面状態であり、そのままでは汚れ、変色や腐食等の表面劣化を起こしやすいので、直ちに陽極酸化処理を行う必要がある。

作業条件（影響因子）

前処理を施したアルミニウムの表面に酸化アルミニウムを形成する方法で、皮膜は、アルミニウム材質、電解液の種類、電解条件及び皮膜厚さ等により皮膜自体の色調や光沢に影響を及ぼす。

一般に、硫酸電解法では、皮膜の透明度が高く、光沢仕上げや染色や電解着色法による着色皮膜に適している。

一方、亜硫酸電解法は、黄灰色を呈するので光沢仕上げや染色や電解着色法による着色皮膜に適さない。

ワンポイントアドバイス

特に、電解及び化学研磨処理を施したアルミニウム材の取り扱いには、十分な注意が必要であり、電解及び化学研磨浴から被処理物を引き上げ後、急速洗浄が必要であり、また、作業上における注意事項に留意し、作業を実施しないとピット、光沢不良やむら等が発生しやすく、難しい処理の一つである。

2. 4 各種の前処理方法

2. 4. 1 機械的前処理

目的

アルミニウム材を防食、装飾、耐摩耗等の目的で陽極酸化処理を行う場合、素地調整の方法により、商品の価値が大きく変わる。

一方、使用するアルミニウム材は、圧延や押出特有の表面状態を持ち、さらに、運搬や機械加工によって、様々な傷がついており、これらを表面処理で完全にカバーすることは困難であり、コストにも影響してくる。したがって、製品の設計品質を考慮し、材料の外観状態に応じた研磨等の機械仕上げが必要になる。

作業条件（影響因子）

アルミニウム材の研磨特性

アルミニウム材は、他の金属材料に比較して、軟質で融点が低く、延性が大であることから研削・研磨等がしにくい材料である。したがって、研磨面の光沢をよくし、表面粗さを小さくするためにには、冷却や潤滑作用を行なながら研磨し、最終仕上げ研磨では、研磨時の発熱を抑え、材料表面に生成する変質層の成長を抑制するためにも条件の設定が重要である。

研磨された面の金属組織は、材料内部の組織と異なり、非晶質組織になっており、これは 20~200Å の厚さで変質層（バイルビー層）と呼んでいる。

データ

機械仕上げの方法

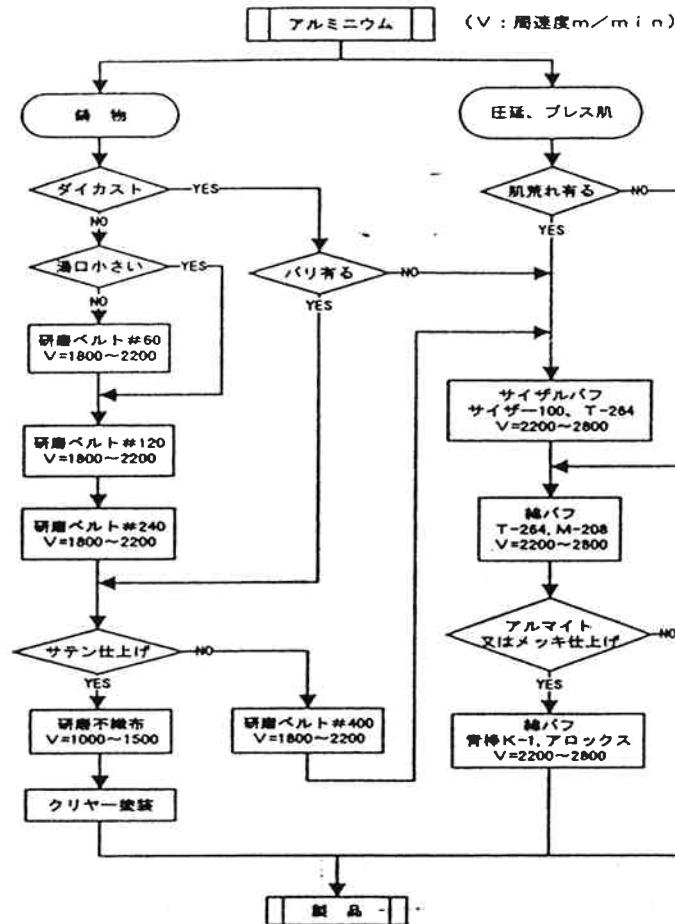
代表的な機械仕上げの種類と使用する研磨工具については、表に示す。

代表的な機械仕上げの種類と使用する研磨工具について

| 目的 | 仕上げの種類 | 使用される研磨工具 |
|--------|-----------|---------------------------------------|
| 艶消し仕上げ | ヘアライン | ・ベルト研磨 |
| | サテン仕上げ | ・研磨布ホイール及び研磨不織布ホイール |
| | クロスハッチ仕上げ | ・非油脂性バフ研磨材 |
| | スピンドル仕上げ | ・弾性砥石研磨 |
| 艶出し仕上げ | 半光沢仕上げ | ・エメリーバフ研磨 ・サイザルバフ研磨 |
| | 光沢仕上げ | ・綿バフ研磨 ・フェルトバフ研磨 ・バフ研磨材（仕上げ研磨用） |

ポイント

アルミニウム材について光沢仕上げを行う場合の研磨工程フローシートを図に示す。



アルミニウム製品の研磨工程フローチャート

表面の研磨は、研削材の他に、潤滑剤が使用され、表面の濡れ性を改善しながら、表面の焼き付きを防止し、同時に、凸部のみ当たることにより加熱され、平滑性が進む。

アルミニウム材についても機械研磨を行った場合は、変質層が生成し、後工程に影響を及ぼすので、エッティング処理により変質層を除去しなければならない。

作業上の注意事項

- ①機械研磨法では、アルミニウム材の粉塵が堆積すると爆発・火災の危険性があり、清掃除去しておくことが必要である。
- ②研磨に使用した研磨材がアルミニウム表層に埋め込まれ、陽極酸化処理後、着色することができるで、エッティングで除去しておく。
- ③変質層はエッティングで除去しておく。
- ④アルミニウム材は軟質で低融点材料のため研磨工具に溶着が生じ、研磨性能が低下するので、エメリバフでは外径の大きなもの、研磨ベルトでは周長の長いものを使用する。
一般に、周速度は速く、低圧研磨の方が溶着が起こりにくい。
- ⑤アルミニウム材は軟質で低融点材料のため肌荒れやうねりを生じやすい。純アルミニウム系のプレス加工品は、表面状態がよい圧延材を使用しているため、圧力をかけて研磨すると肌荒れを起こし光沢が出なくなるので、綿バフと青棒で軽く研磨する。その他の合金材では、ステンレス鋼等と同様の研磨工程でよい。なお、鋳物やダイキャストでは表層のチル層を除去しないようにする。(内部欠陥が出て肌荒れを起こす。)

2. 4. 2 マスキング処理

目的

マスキングとは、陽極酸化処理をしない指定箇所や取り外しができない付属部品等を被覆する工程である。

作業条件（影響因子）

（1）ゴム栓またはプラグによる方法

①マスキング箇所が穴やくぼみの場合、テープの付いたゴムまたはプラグを使用する。

ただし、110°C前後の温度で繰り返し使用で、変質や変形のないことが必要条件である。

②陽極酸化処理における一連の工程で変形し、栓が外れないことが必要条件である。

（2）テープによる方法

①テープ材質は、主として、ビニール系が使用されるが、熱による材料の変質や変形及び接着剤の変質などによる剥離が問題になるので、十分に吟味して使用する。

②アルミニウム箔製のテープは、柔軟性がないが、接着力を強くしたタイプが複雑形状の被処理物に使用される。

（3）塗料による方法

①塗料材質はエボキシ系塗料等が使用されるが、硬化時間として一昼夜程度の時間を必要とするので、作業性が悪い。

②被処理物を脱脂洗浄後、化成処理すると付着性が大幅に向かう。

（4）封孔した陽極酸化皮膜による方法

指定された箇所等に硬質陽極酸化皮膜処理を行う場合等に採用される。例えば、被処理物全面に硫酸皮膜等を生成させ、封孔処理を施し、指定箇所以外の皮膜に塗装を施し、指定箇所を機械研磨やホーニング等により剥離して脱脂後、陽極酸化処理を施す。

ポイント

①穴部分のマスキングにはゴム栓等が最も確実である。

②テープによる場合は、脱脂し、付着力を確保しておくことが大切である。

③塗装による方法は、付着力がポイントになるため添付箇所の脱脂を十分に実施する。

④陽極酸化皮膜によるマスキングは、特別に指定された場合を除き避けるべきである。

⑤マスキングした被処理物を処理する際は、各工程間の点検を確実に行い不具合を未然に処置することが大切である。

2. 4. 3 脱脂処理

目的

アルミニウム材の表面には圧延及び押出時の油分及び取り扱い時の汚れ等が付着し、表層には自然生成の酸化皮膜等が形成されており、さらに、機械仕上げした材料には研磨材等の残留物が付着しているため、これらを除去し、清浄な表面を出すことが必要になる。このような清浄化の工程を脱脂と言う。

原理

脱脂の方法としては、溶剤脱脂法、酸性脱脂法、弱アルカリ性脱脂法、電解脱脂法、超音波脱脂法等多くの方法がある。このように多くの脱脂方法があるのは、それぞれ脱脂の目的が異なるためである。

作業条件（影響因子）

（1）酸脱脂

アルミニウム表面を侵すことなく脱脂を行う方法である。アルミニウムはアルカリ性よりも酸性の方が侵食されにくいため、酸脱脂法が行われる。

①硝酸脱脂法

硝酸水溶液による脱脂法の条件は、表に示す。

硝酸水溶液による脱脂法

| 項目 | 硝酸濃度 (V o 1 %) | 温度 (℃) | 処理時間 (分間) | 備考 |
|----|-------------------|-----------|--------------|-------------------------------|
| 条件 | 10~30 | 15~40 | 5~20 | 非イオン系界面活性剤を0.1~0.5%添加する場合もある。 |

硝酸脱脂法は、主として、油脂分の付着が少ない比較的軽度な圧延材や押出材の脱脂に使用される。

②硫酸脱脂法

硫酸水溶液による脱脂法の条件は、表に示す

硫酸水溶液による脱脂法

| 項目 | 硫酸濃度 (V o 1 %) | 温度 (℃) | 処理時間 (分間) | 備考 |
|----|-------------------|-----------|--------------|---------------------|
| 条件 | 3~5 | 60~80 | 5~10 | アルミニウム表面を微量溶解作用がある。 |

硫酸脱脂法は、主として、機械研磨した光沢面、ヘアライン仕上げ等の汚れ除去に使用される。

（2）アルカリ脱脂法

アルカリの鹹化作用により油脂分を除去する方法で、アルミニウム材の脱脂方法として広く使用されている。その組成は、炭酸ナトリウム、リン酸ナトリウム、ケイ酸ナトリウム及び界面活性剤等から成り、これらの弱アルカリは、水溶液中で加水分解し、pHの緩衝溶液として作用して



の反応により H_2SiO_3 が生成し、これらは弱酸であり、強アルカリに作用して適度なアルカリ度を維持する緩衝剤となる。

また、界面活性剤は、表面張力を低下させ、優れた乳化、分散及び浸透作用により脱脂効果を著しく向上させる。アルカリ脱脂には、陰イオン活性剤(アルキルアリルスルホンサン酸塩、アルコールの硫酸エステル塩等)及び非イオン活性剤(アルキルフェノール、ポリオキシエチレンジリコールエーテル等)が添加される。弱アルカリ性脱脂剤の組成例を表に示す。

弱アルカリ性脱脂剤の組成例

| 組成 | 代表例 1 | 代表例 2 |
|--|-------|-------|
| $\text{Na}_3\text{PO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ | 50 | 50 |
| $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ | — | 20 |
| $\text{Na}_2\text{SiO}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ | 30 | 10 |
| Na_2CO_3 | 15 | 15 |
| 界面活性剤 | 5 | 5 |
| 濃度 (%) | 3~5 | 3~5 |
| 処理条件 温度 (°C) | 40~60 | 40~60 |
| 処理時間 (分) | 3~5 | 3~5 |

(3) 電解脱脂法

電解により多量のガスを放出させて脱脂する一種の物理的な作用を利用した方法であり、希に、完全脱脂が要求される場合に採用される。(光沢処理やクロムメッキ用)

電解脱脂法における代表的な浴組成は、りん酸三ナトリウム 50%、炭酸ナトリウム 49%、界面活性剤 1 % のものを浴濃度 15~30 g/l、温度 60~70°C、電圧 6 V、電流密度 3~4 A/dm² とし、被処理物を陰極として 20~60 秒間処理するが、陰極脱脂後、陽極脱脂を 10 分間程度行うとよい。

ポイント

脱脂浴の管理は、いずれも主成分の濃度分析により不足分の補給を行い、処理を継続するが、浴の汚れ状態(油の混入やその他の汚れ状態)及び脱脂効果の判定により、適宜、液更新を行う。なお、被処理物の汚れ状態により更新時期が異なってくるので、処理量を考慮し、更新時期を大幅予測し、脱脂効果を判定しながら、更新時期を決定する。

作業上の注意事項

バフ滓が多く表面に付着している場合は、単独の脱脂方法で除去し切れないことがあり、例えば、第1段階として、溶剤洗浄で概略除去し、次いで、電解脱脂法や超音波脱脂法により完全な清浄面を得ることが必要になることもある。また、ヘアライン加工や精密加工部品のビス穴や凹んだ箇所では、通常の脱脂方法では除去し切れないため超音波脱脂法や電解脱脂法を併用する場合もある。

2. 4. 4 エッティング処理

目的

アルミニウム材は、圧延及び押出されると同時に、表層に自然酸化皮膜が形成されている。陽極酸化処理により良好な製品外観を得るために、事前に清浄な活性素地面を出しておくことが必要になる。

また、製品に要求される品質として、光輝仕上げや艶消し仕上げが必要になる。その要求度に応じてエッティング処理による梨地仕上げや電解または化学研磨等による光輝処理が行われる。

通常、エッティング方法には、アルカリエッティング方法、酸性エッティング方法、電解エッティング方法などがあり、要求される製品の品質により適宜選択される。

作業条件（影響因子）

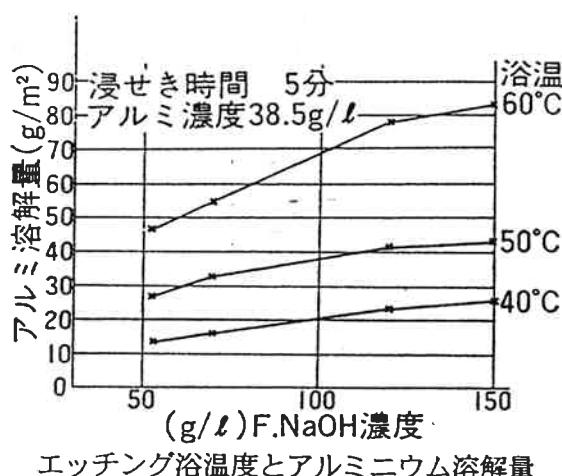
アルカリエッティング法

通常、5～10%水酸化ナトリウム水溶液を40～80℃に加温し、アルミニウム材を0.5～10分間浸せきし、表層をエッティングする方法であり、アルカリエッティングと呼ばれている。このエッティング方法は、処理コストが安価であり、取り扱いが容易なため、最も、一般的に使用されているエッティング方法である。

アルカリエッティングは、光沢や表面粗度等が大きく、エッティング面を一定の状態に維持することが難しく、遊離のアルカリ濃度や液中に溶存アルミニウム分を常に一定範囲に管理することが要求される。

データー

アルカリ濃度・液温・溶存アルミニウム量・溶解量(A6063材)との関係を図に示す。



ワンポイントアドバイス

溶存アルミニウムが増加していくと槽壁や配管廻りに水酸化アルミニウムとして固着し、除去が困難になる。したがって、仕上がり面ができる限り一定にし、スケール付着を防止するためグルコン酸ナトリウムを添加することがある。

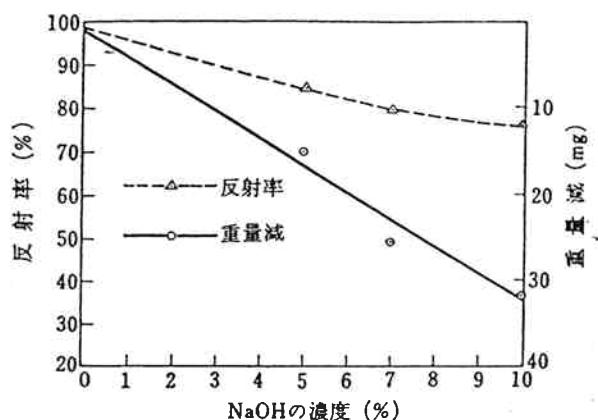
グルコン酸ナトリウムを添加することによりアルミニウムニウムの溶解量は、増大するが、表面粗度の増加は少なく、光沢変化も少なくなり、表面の均一化に効果がある。

これらの代表的な組成を表に示す。

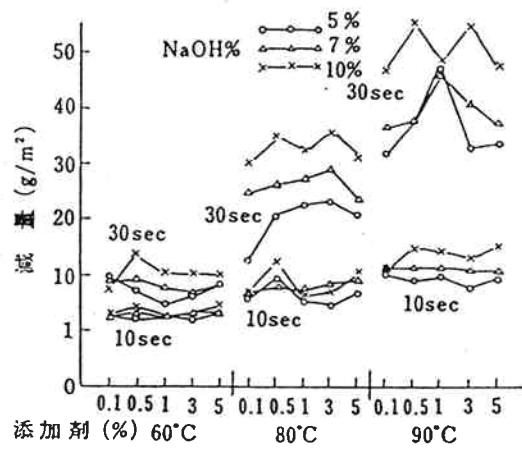
代表的なアルカリエッティング方法

| 組成 | 水酸化ナトリウム濃度 (%) | グルコン酸ナトリウム (%) | 処理温度 (°C) | 処理時間 (分間) |
|--------|----------------|----------------|-----------|-----------|
| 濃度及び条件 | 5～10 | 0.1～0.5 | 40～80 | 0.5～10 |

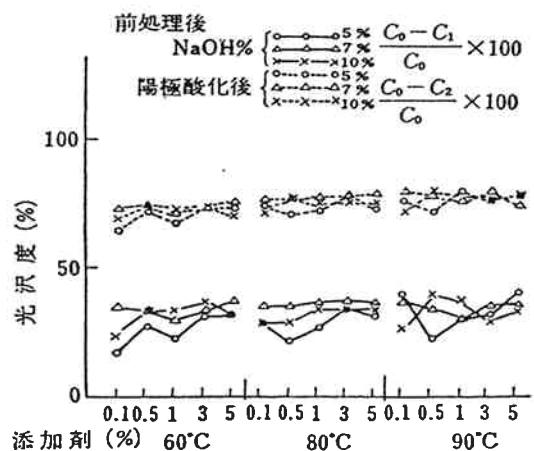
グルコン酸ナトリウムを添加した浴で Al1100 材を処理した場合の温度・時間・減量・光沢変化との関係を図に示す。



アルカリエッティングにおける重量と反射率の変化

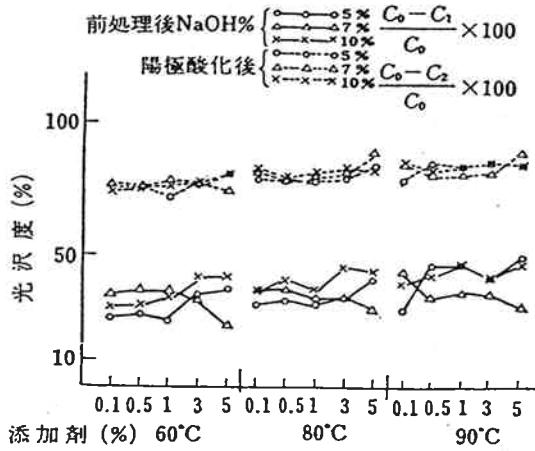


グルコン酸ナトリウム添加浴における溶解減量の変化



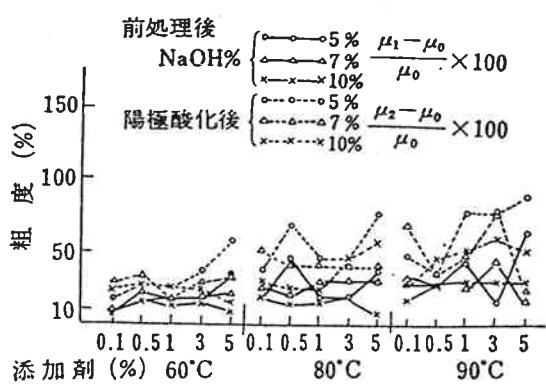
(a) 10 sec 処理

グルコン酸ナトリウム添加浴における光沢度の変化



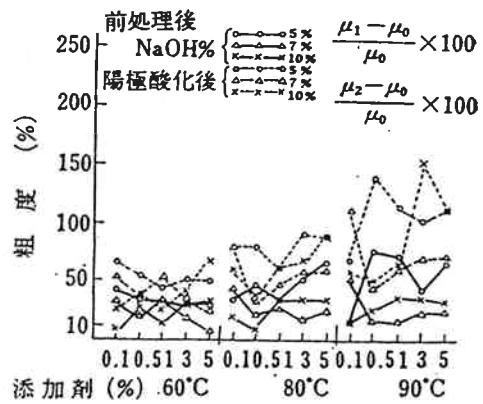
(b) 30 sec 処理

グルコン酸ナトリウム添加浴における光沢度の変化



(a) 10 sec 処理

グルコン酸ナトリウム添加浴における粗度の変化



(b) 30 sec 処理

グルコン酸ナトリウム添加浴における粗度の変化

作業上の注意点

なお、建材等のように大型被処理物を大量に梨地処理する場合は、老化廃液の処分が問題になるため溶存アルミニウムを除去し、水酸化ナトリウムを回収する苛性回収法が採用され、効果を発揮して

いる。苛性回収法は、溶存アルミニウムを水酸化アルミニウムして分離除去し、水酸化ナトリウムを回収して循環使用する方法で、適宜遊離の水酸化ナトリウム濃度を調整することにより溶存アルミニウム量を、ほぼ一定値に管理し、操業できることから広く採用されている。

作業条件（影響因子）

酸性エッティング方法

酸性エッティング方法としては、化学研磨を行う場合の艶だしエッティングとしてリン酸－硫酸系の浴が使用されていた。その組成と条件は表に示す。

酸性エッティング方法

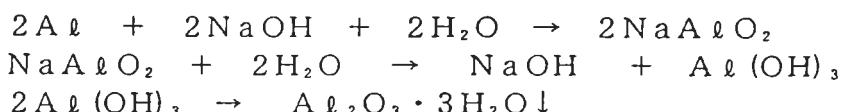
| 組成 | リン酸 (vol%) | 硫酸 (vol%) | 処理温度 (°C) | 処理時間 (分間) |
|--------|---------------|--------------|--------------|--------------|
| 濃度及び条件 | 75 | 25 | 105～110 | 2～10 |

一般に、エッティング法としては、アルカリエッティング法が主流であるが、最近、酸性エッティング法が見直されており、その理由は、次の通りである。

- ①処理槽がアルカリエッティング法に比較して2槽以上節約できるが、酸性エッティングは、処理設備の老朽化が速く、処理コストが若干高い欠点がある。
- ②アルカリエッティング法のように加熱を要しない。
- ③アルミニウムの溶解量がアルカリエッティング法の1/3～1/5程度である。
- ④アルカリエッティング法より仕上がり面が、均一で、平滑性が得られる。
- ⑤アルマイト不良で再処理の際、皮膜剥離でアルカリエッティング法のような表面荒れを起こさない。
- ⑥水酸化アルミニウムスラッジ発生量がアルカリエッティング法より少ない。
- ⑦アルカリエッティング法に比較し、滑らかな梨地面が得られる。

アルカリ及び酸性エッティング法のいずれもアルミニウムを溶解し、表面調整を行う方法のため浴中に溶存アルミニウムが蓄積し、エッティング力が極端に低下して、エッティングとしての目的を達成できなくなるため、適宜、成分分析を行い、不足分を補給しなければならないが、溶存アルミニウムの蓄積量が管理範囲を超えた場合は、老化液として廃棄処分しなければならないが、各種の回収方法が開発されており、それらを適用することにより、循環使用が可能になった。

通常、アルカリエッティングでは、浴中遊離の水酸化ナトリウム量50～70g/l、溶存アルミニウム量40g/l以下で管理されるが、特に溶存アルミニウム量が高くなると前述のようにアルカリ焼けやリードタッチ跡等の外観不良が発生するので、注意して管理することが要求される。また、溶存アルミニウム量が多くなると次のような反応を起こし、槽壁や配管に固着し、除去が困難になる。



これらの反応から、水酸化アルミニウムの沈着を防止するためグルコン酸ナトリウムの添加が行われることもあるが、苛性回収法を適用している場合は、グルコン酸ナトリウムの添加は、回収装置において水酸化アルミニウムの粒子の生成を妨害するためグルコン酸ナトリウムを使用することができない。

ポイント

①家庭日用品

一般に、最終仕上がりを美しくするためには、機械研磨が施され、次いで、硫酸等の酸性脱脂が行われ、より光沢が要求される場合は、化学研磨等が行われる。また、艶消し状にするためには、水酸化ナトリウム水溶液で濃度40～60g/l、温度40℃前後、10秒～数分間浸せき処理が行われるが、場合によっては、ふっ化アンモンを添加した水溶液が使用される。

②装飾品

通常は、水酸化ナトリウム水溶液濃度40～60g/l、温度40℃前後、10秒～数分間浸せきが行われているが、特に、梨地処理の場合は、酸性ふっ化アンモン($\text{NH}_4 \cdot \text{HF}_2$)5～10%、温度40～60℃、2～5分間処理が行われる場合もある。

この方法では、表面にふっ化物の皮膜が生成するが、これらは50%硝酸水溶液の浸せきし、除去する。

③家電製品

通常は、水酸化ナトリウム水溶液濃度40～60g/l、温度40℃前後、10秒～数分間浸せきが行われている。

④鋳物及びダイキャスト製品

強力なエッティングは健全なチル層を溶解し、内部欠陥や組織模様を生じさせて好ましくない。
しがたって、弱いエッティングまたは脱脂後化学研磨処理が良い。

⑤建材製品

吊り方式(縦吊り及び横吊り)や被処理物の形状(大型の板加工品)によって、エッティング温度を低めに実施しないと、ホロー材内部からの吹き上げや水洗工程に移送するまでに部分的な乾きを生じ、むらの発生原因になるため、通常、横吊りでは50～60℃、板成形品の場合は、50℃前後が良い。縦吊りの場合は、40～50℃の低めが採用されている。

作業上の注意事項

アルカリエッティング法の場合、アルミニウム材料をエッティングすると合金中の成分が灰色または黒色状のスマットとして表面上に付着する。これらは、後工程に影響し、場合によっては、腐食や外観不良の原因になることがあるので、10～30%の硝酸(または硫酸)水溶液中に1～5分間程度浸せきすることにより除去できる。この処理は、アルミニウム表面上の残留するアルカリ成分の中和作用も兼ねている。なお、酸性エッティング剤の場合には、デスマット処理を兼ねている。

エッティングにおける作業上の注意事項としては、次のような点に注意が必要である。

- ①建材等の大型製品では、梨地処理が好まれるため、5～6%の水酸化ナトリウムで温度50～60℃、5～10分間浸せき処理が行われるが、被処理物が大形のため次工程に搬送する際、部分的な乾き等が発生するので被処理物の吊り方式によって濃度や温度範囲を変えていく必要がある。
- ②エッティング工程は、製品の設計品質を大きく左右する重要な工程であり、要求される品質が満足されるエッティング方法を採用しなければならない。
- ③エッティング工程では、処理中水素ガスが発生し、はじけて処理液が飛散する。これらヒュームが後工程に流れ、製品に付着し、思わぬ外観不良を起こすことがあるので注意が必要である。
- ④エッティング工程から水洗へ移送する際、時間がかかりすぎるとエッティングむらを生じるので注意する。特に、被処理物が大板の場合は発生しやすい。
- ⑤エッティング処理した被処理物は極めて清浄な表面が露出されているため、長時間放置すると腐食が発生するので、できる限り迅速に後工程に移る必要がある。
- ⑥エッティング工程におけるむらの発生は、殆どの場合、脱脂の不良若しくは材料不良が原因であり、材料及び脱脂工程のチェックが必要である。

2. 4. 5 酸化物除去及び脱マット処理

(1) 酸化物除去処理

目的

アルミニウム材は、表層に 50Å 程度の酸化物が生成する。陽極酸化処理を施す場合には、この酸化物を除去し、清浄な活性面を露出させることが必要になる。

作業条件（影響因子）

通常、自然生成酸化物の除去は、次のような方法により行われる。

①水酸化ナトリウム水溶液による方法

純アルミニウム材の酸化物除去は、水酸化ナトリウム水溶液（濃度 30～50 g/l、常温）浸せき処理を行う。

②硫酸または硝酸水溶液による方法

a 純アルミニウムまたは銅の含有量の高い合金は、常温で、50% 硝酸水溶液浸せき処理または 1～3% ふつ酸 + 10～30% 硝酸水溶液浸せき処理を行う。

b マグネシウムの多い合金は、15% 硫酸水溶液で、温度 80～90℃、2～3 分間浸せき処理する。

c シルミン鋳物は、アルカリ脱脂後、けいふつ酸溶液（濃度 H₂SiF₆として 50～100 g/l）に常温で、浸せきする。

d アルミダイキャストは、表層の酸化物層を硝酸とふつ酸の混合液（HNO₃ 300 g/l、HF 50 g/l）に浸せきする。

作業上の注意点

これらの酸化物除去処理で注意しなければならない点は、次の通りである。

①各工程で被処理物表面を乾かさないこと。部分的に乾燥したり、濡れた部分があるとむらを生じる。

②鋳物やダイキャストでは、表層をエッチングしすぎると表面の欠陥が現れ、後の処理に影響する。

(2) デスマット処理

目的

水酸化ナトリウム水溶液等のアルカリでアルミニウム材をエッティングするとアルミニウム合金中の銅、ケイ素、鉄等のアルカリ不溶性の元素が被処理物表面上に付着する。このスマットは、硝酸または硫酸水溶液に浸せきし、除去することができる。

作業条件（影響因子）

通常、デスマット処理は、100～300 g/l の硝酸または硫酸水溶液、常温で1～5分間程度浸せき処理が行われる。一般に、板材や铸物は、硝酸水溶液が使用され、押出形材は硫酸水溶液が用いることが多い。

ポイント

①デスマット処理中に発生する表面欠陥の防止

この工程では、特に、押出材の場合、硫酸または硝酸水溶液を使用すると黒斑点現象が発生しやすいので注意が必要である。（この原因是、押出直後の形材がカーボン板に乗せられてランナウトテーブルに送られる際、急熱急冷によって β -Mg₂Si 中間相の析出が、後のデスマット処理による酸の腐食反応とマトリックス中の析出物との腐食反応によって黒ぼい斑点が表面に発生する。）

この場合、いずれの酸も温度が高いほど発生し易く、また浸せき時間は長いほど発生しやすい。また、硫酸と硝酸を比較すると硝酸の方が発生しやすく、硝酸の濃度では、2 g/l では発生しないが、その濃度以上では濃度に比例して黒化が進行する。

また、硫酸も硝酸も新浴程発生しやすく、これは酸の活性度が高く、中和回数を重ねるほど、徐々に活性度が低下し、酸による腐食が低下することによる。

作業上の注意事項

中和後の水洗中には、酸の持ち込みにより酸濃度が高くなることにより、浸せき時間が長くなると黒斑点が発生しやすくなるので注意が必要である。

このように、アルカリエッティング後のデスマットにおける酸の選定には注意が必要である。

2. 4. 6 電解研磨または化学研磨処理

(1) 電解研磨処理

目的

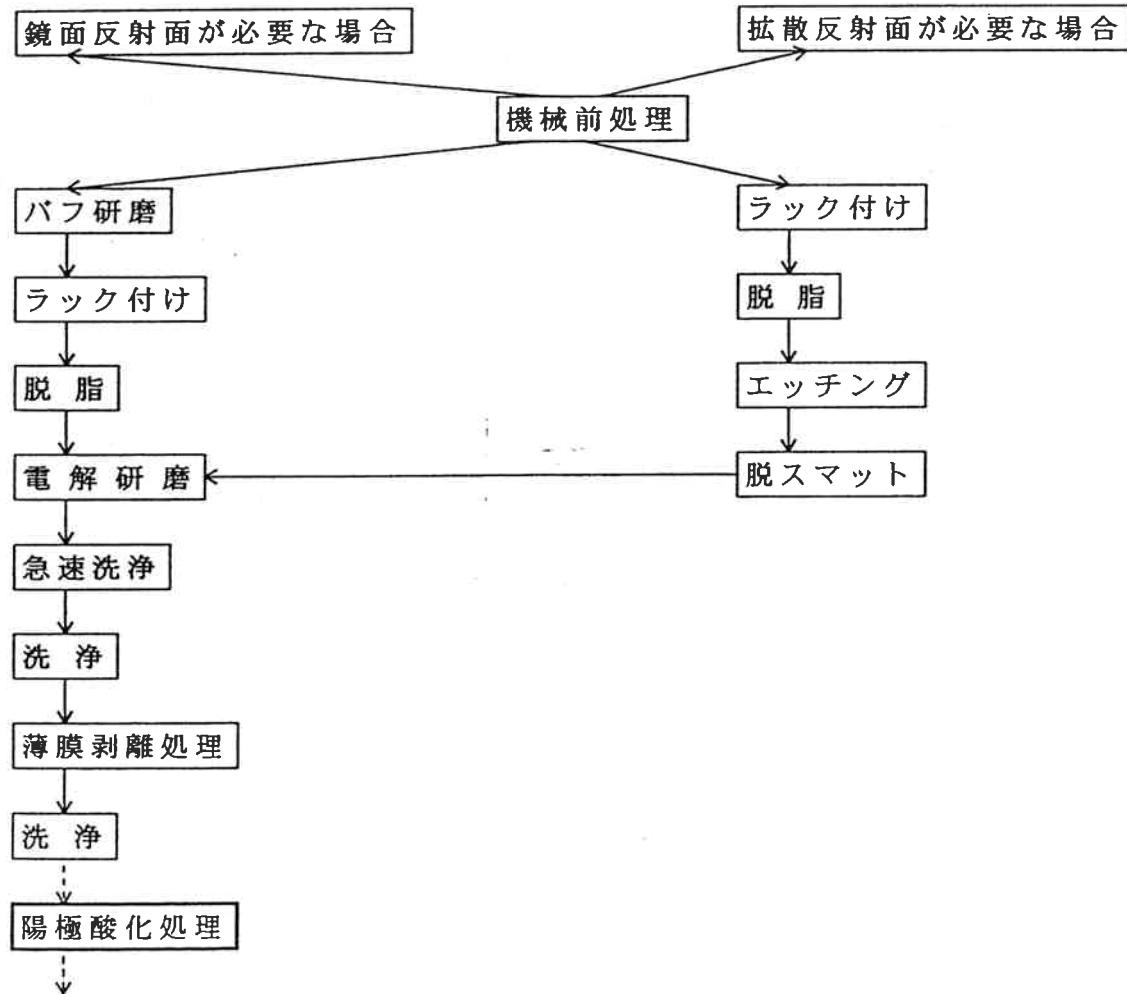
高度の光輝面を得るには電解研磨が行われ、平滑面と光沢を得る目的には化学研磨が行われる。高度の光輝仕上げが要求される製品にあっては、純アルミニウムまたは光輝合金材を用いて、予め機械的な研磨により表面研磨を行い、次いで、電解または化学研磨が行われる。

原理

アルミニウムを陽極として酸化剤の水溶液中において、比較的高い温度で、高電流密度で電解すると電解中に酸化皮膜の生成と溶解が同時進行し、特に溶解の際、表面の微細な凸部に溶解作用が集中し、急激に平滑化され、肌理の細かい光輝面が得られる。

作業条件（影響因子）

①電解研磨工程



②電解研磨浴の種類

電解研磨の基本浴系は多くの種類があるが、我が国で使用されている方法は、次の通りである。

- a 硫酸-りん酸系
- b 振動電解研磨系(濃りん酸系やその他の浴でもよい。)
- c 濃りん酸系

ポイント

電解研磨は、アルミニウム材本来の光輝性を出し、陽極酸化処理後もその光輝性を維持することが目的であり、材料自体の光輝性がなければ目的を達成できない。また、光輝性仕上げを行った製品でも $10\text{ }\mu\text{m}$ 程度(通常、 $5\sim7\text{ }\mu\text{m}$)の陽極酸化皮膜を形成し、光沢の劣化や腐食の防止処理が行われるが、材料における合金成分の影響を顕著に受けるので、マグネシウムやケイ素は、固溶状態(Mg_2Si のように)にすることにより、純アルミニウムより、むしろ光輝性を増し、陽極酸化処理後も光輝性が確保される。

また、材料の焼き入れや調質(加工硬化等)によっても著しい影響を受けるので、材料選択に際しては、十分に注意する必要がある。

電解研磨が良好に行われる条件は、次の通りである。

- ・適切な材料が選定され、機械的研磨等の前処理が適切である。
- ・電解中皮膜の生成と溶解現象が適度にバランスがとれている。
- ・生成ガスが適切に系外に除去される。
- ・電解開始と終了後の洗浄がスムーズに行われる。

作業上の注意事項

①一般操作上の注意点

一般的の電解操作と同様に、浴の組成、電流密度、浴温、電解時間、陽極の振動状態、陽極材料、陽極面積、極間距離、電解液量、液攪拌等が影響するので、これらの条件を十分に考慮し、作業が行われなければならない。特に、電解中に発生するガスの除去が重要で、また、通電開始及び通電終了が液中で直ちに行われないと良好な光輝面が得られない。

②電解操作終了後の注意点

- a 電解研磨液は、高粘度の液であり、洗浄が行われにくいので、洗浄方法を十分考慮する必要がある。
- b 電解操作終了後の被処理物表面に残る干渉色の薄い皮膜や重金属滓は、陽極酸化処理前に除去する必要がある。

③薄い皮膜や重金属滓の除去方法

- a 濃りん酸 35cc、クロム酸 20g、水 1l、温度 95℃、時間 5~10 分間
- b 濃りん酸 200cc、クロム酸 20g、水 82cc、温度沸騰点、時間 2~5 分間
- c 硫酸 82g、りん酸 52g、クロム酸 20g、温度 70~80℃、時間 3~5 分間

(2) 化学研磨法

目的

化学研磨の反応機構は、金属の表面を化学的に溶解させ、平滑面を得る方法で、電解研磨程の平滑性や光輝性が要求されない場合に適用される。

原理

化学研磨の過程は多くの要因から成り立っており、電解研磨との間に共通した類似要素が多い。しかし、実際問題として、被処理物と研磨浴との複雑な反応機構は、現在においても、その全てが解明されているわけではないが、化学研磨の反応機構は、次の通りである。

- a 研磨浴は、一般に粘性が高く、浸せきした被処理物の凸部が初めに溶解し、次いで、アルミニウムイオンの拡散が起こる。凸部は凹部に比べて、アルミニウムイオンの拡散が容易であり、凹部のアルミニウムイオン濃度が高くなり、凸部が優先的に溶解が進む。
- b 被処理物の表面に不働態皮膜が生成され、この不働態皮膜の生成・溶解が交互に繰り返され、微視的に凸部が優先的に研磨され、平滑な光輝面になる。

作業条件（影響因子）

化学研磨の工程：化学研磨の工程は、電解研磨の工程と同様である。

化 学 研 磨 浴：化学研磨浴の代表的な組成例は、以下の通りである。

りん酸－硫酸系：半光沢化学研磨浴として利用されているが、この浴は、サンドブラストやヘアライン仕上げ等の装飾製品に適しており、適度な光沢と梨地面が得られる。しかし、酸化剤が存在しないためエッチング作用をコントロールすることができないので、平滑化は困難である。

りん酸－硝酸系：最も多く使用されており、酸化剤として硝酸が不働態皮膜を形成し、平滑化する。特に、濃度、温度など適切な処理条件で行うことにより表面のエッチングを抑制し、平滑作用が進み、光沢面となる。ただし、硝酸ガスが発生し公害問題になるので注意が必要である。また、りん酸－硝酸－酢酸系の浴やニッケル、コバルト、銅、マンガン等の重金属が添加される浴などがある。なお、りん酸－硝酸系の自動化学研磨法を行う場合の作業条件と管理範囲を表に示す。

自動化学研磨の作業条件と管理基準

| 作業条件 | 管理基準 |
|-----------|-----------|
| 液温 | 110±2 |
| 浸せき時間 | 60±5 |
| 比重 | 1.71±0.01 |
| リン酸 | 76±2% |
| 硝酸 | 3.3±0.3% |
| リン酸アルミニウム | 5.5±0.5% |
| 空中研磨 | 12±2秒間 |
| 第一水洗比重 | 1.2以下 |
| 第二水洗温度 | 25°C以下 |

りん酸－硝酸－硫酸系：りん酸濃度が低く(300~600m l / l)硫酸濃度の高い組成のものとりん酸濃度が高く(300~600m l / l)硫酸濃度の低い組成のものがあり、前者の方法は、比較的高温で、99%以上の純アルミニウム材に適用され、後者の方法は、機械研磨の光沢仕上げ用に用いられ、純アルミニウム材以外、Al-Mg-Zn系やAl-Cu-Mg系合金に使用することができる。なお、これらの方法は、いずれも、NO_xガスの発生が多く、公害対策上に問題がある。

管理点

化学研磨浴への合金元素の混入の影響

- Fe²⁺…2%以上混入すると光沢が減少する。
- Cr³⁺…0.1%でくもりを生じる。
- Cu²⁺…0.05%以下では光沢が上昇するが、これ以上ではピッティングを生じる。
- Ni²⁺…1%以下変化なし
- Mg²⁺…特に、光沢への影響は少ない。
- Si²⁺…特に、光沢への影響は少ない
- Sn^{2+, 4+}…著しい影響を及ぼし、灰色化する。
- Pb²⁺…著しい影響を及ぼし、スマッドを生じる。

アルミニウム材料の選択

アルミニウム材料の選択は、電解研磨の場合と同様で、純アルミニウム材または純アルミニウムにマグネシウムを添加した光輝合金材が使用される。

ポイント

化学研磨で、最も問題になる点は、NO_xガスの発生である。現在、硝酸を使用しない化学研磨浴が開発されているが、硝酸使用の浴のような光沢度が得られない。そこで、各種のNO_xガス対策法が検討されており、特に、次のような点に注意が必要である。

- ①純アルミニウムは、純度が高いほどNO_xガスが発生し易い。(化学研磨は、酸化膜生成・溶解を繰り返しながら平滑化される反応であり、高純度アルミニウムは酸化膜が生成されにくいため硝酸の消費量が増加する。)
- ②浴温度は高いほど硝酸の消費量が増加する。
- ③硝酸量は少ないほどNO_xガスの発生が少ない。
- ④りん酸の量が多いほどNO_xガスの発生が少ない。
- ⑤NO_xガス発生を抑制する添加剤が検討されており、効果が上がっている。いずれにしても、硝酸を使用するのでNO_xガスの発生は避けられない、したがって、NO_xガス対策が化学研磨のポイントになる。

作業上の注意事項

①一般注意事項

- a アルミニウム材料組織の結晶粒子が大きすぎると研磨効果が期待できない。
- b 深絞り等の加工を行った材料は、不均一な組織状態のため研磨効果が期待できない。
- c 溶接などを施した被処理物は、合金成分が部分的に不均一のため研磨効果が期待できない。
- d 板製品でロール傷や加工傷等が深い場合は、予め機械研磨を施し、調整しておく。
- e 埃や汚れは、ピット発生原因となる恐れがあり、十分に除去しておく。
- f 発生するガスによる条痕を防止し、研磨効果を上げるために浴または被処理物を緩やかに攪拌もしくは揺動する。
- g 電解または化学研磨とも終了後、速やかに水洗し、付着液を除去することが必要である。付着液があると反応が進行し、むらの発生原因となる。
- h 化学研磨は硝酸を使用するので、亜硝酸ガスが発生し、環境を悪化させるため、十分な排気及び公害対策が必要である。

②薄い酸化膜及び付着物の除去処理

化学研磨処理後、被処理物表層に虹色の薄い酸化膜が生成し、また、表層に付着物が生じる。これらは陽極酸化処理に悪影響を及ぼすので、次のいずれかの方法により脱膜処理を行う必要がある。

- ①濃りん酸 35cc、クロム酸 20g、水 1l 温度 95℃、時間 5~10 分間
- ②濃りん酸 200cc、クロム酸 20g、水 82cc、温度沸騰点、時間 2~5 分間
- ③硫酸 82g、りん酸 52g、クロム酸 20g、温度 70~80℃、時間 3~5 分間

2. 4. 7 前処理工程間における水洗

目的

各前処理工程間には、必ず水洗工程が入り、各工程で使用している薬液を次工程に持ち込まないように配慮しなければならない。

水洗の目的は、次の二つの目的を達成するため行われる。

①工程管理上必要な水洗

前工程から次工程への薬液持ち込みを防止し、次工程の浴組成や処理条件を変動させない。

②設計品質を維持するため必要な水洗

処理液が残留は、製品の設計品質が維持できなくなるため、できる限り水洗し、残留物を除去しておく。

作業条件（影響因子）

水洗とは、より多くの水で希釈することであり、持出量／水の量＝薬液の持出量または製品への残留であり、供給水以上に希釈することはできず、膨大な水量を使用することは、かえってコストを上昇させる結果となり、経済的に好ましくない。したがって、一定水量を使用し、如何にして、水洗効果を高め、次工程への影響を少なくするか、また、次工程の浴組成や処理条件を変動させない工夫が望まれる。

水洗の方法には、次のような方法がある。

並列水洗方式：各槽が独立しており、各の水洗槽に水が供給され、各の水洗槽から排出される。

管理点

各水洗槽の濃度が平衡になっているとし、この時の濃度が 1 g/l で、持ち出し量が 100 g/m^2 とし、持ち出し量の 100 倍の供給水を送れば、濃度は $1/100$ の 10 mg/l となり、第2水洗槽 0.1 mg/l 、第3槽水洗槽 0.001 mg/l となり、最終の n 槽目の水洗濃度は、 $1/(100)^n$ となる。したがって、供給水量を一定として、最終水洗の濃度を低く抑えるためには、次のような処置が必要である。

- a 持ち出し量を少なくする。
- b 処理液濃度を引き下げる。
- c 最終水洗水の濃度基準を高くする。
- d 水洗槽の数を増やす。

ポイント

水洗は、経済性等を考慮すると 3 槽水洗程度が限界である。

①直列向流方式：第一水洗槽 ← 第二水洗槽 ← 第三水洗槽と水を供給し、順送り方式である。

この場合、並列水洗の一槽分の水で水洗効果を挙げることができるために工業的に利用される方法である。

②回分向流方式：一番高濃度に達した第一水洗槽の水を廃棄し、第二水洗槽 ← 第三水洗槽 ← 第一水洗槽と順に入れ替え、バッチシステムに近い方式で、最後の水洗槽に水を供給する方式で、水の節減効果が高い。

作業上の注意点

水洗作業における最大の注意点は、持ち出し量をできる限り少なくするためシャワー水洗等を併用し、使用水量を大幅に削減することが肝要である。

3 ジグ付け（ラッキング）

- 3. 1 ジグ用材料
- 3. 2 電解枠とジグの電流容量
- 3. 3 ジグの種類と形状

3 ジグ付け（ラッキング）

3. 1 ジグ用材料

目的

ジグ付けはラッキングとも呼ばれ、陽極酸化する品物を保持し、通電のためにジグに被処理物を付けることで、また「ひっかけ」ともいわれている。

ジグの要素と構成材

- ①給電部 銅、特別な例として銀めつきをする。
- ②幹部 アルミニウム、鉄、ステンレス、チタニウム
- ③枝部 アルミニウム、チタニウム、ゴム
- ④ライニング 塩化ビニル、テフロン、シリコーンゴム、メラミン、F. R. P、ポリエチレン

設計基準

(1) 基本条件

- ①取付け、取りはずしが、容易にできること
- ②多くの品物が取付けられ品物表面の電流密度分布が均一になるようにすること
- ③電解中、品物にエアポケットができず、電解後取り出したとき液を汲み出さないようにすること
- ④運搬中または電解中、品物が脱落しないようにすること
- ⑤酸、アルカリまたは熱に対し耐久性のあること
- ⑥ラックは軽くて、製作が容易であること

(2) 点接点の条件

品物をラックに取り付ける場合は、ボルト締めする場合を除いて通常、品物は電解液中においてアルミニウムまたはチタニウムと点接点になっている。接触圧力と通電量を考慮して設計する。

作業条件（影響要因）

アルミニウム陽極酸化処理におけるジグの善し悪しは、製品（被処理物）の品質を維持する上で重要であると同時に、生産性の向上をはかる上でも重要な要素である。工場の生産現場において良好なジグを製作することは至上命題でもある。陽極酸化処理ではジグは、人体に血液を送る血管のような働きを持っている。血管が細かったり動脈硬化を起こしていれば、血液が充分に供給されず設計通りの栄養（品質）が得られず、皮膜不良やヤケ（バーニング）を起こす。

ジグに使用される材料は、アルミニウムとチタンである。ジルコニアもジグ材料として使用することは可能であるが、コストや加工性の点で実用されることはない。ジグは硫酸などの電解液中で製品を固定し、所定の電流を供給する事のできる材料でなければならないが、製品の形状や重量・寸法に合わせた加工が容易にできて、適当な強度を有していることが求められる。

理由・背景（データ・グラフ）

ジグとして使用されるアルミニウムとチタン材料の種類を表に示す。

ジグに使用されるアルミニウム材

| 材質 | 形狀 | 用途 | 特性 |
|------------|-------|------------|----------|
| 1050, 1070 | 板・棒・線 | 化粧品容器・光学部品 | 高純度・良電導性 |
| 1100, 1200 | 板・棒・線 | 装飾品・建材等 | 耐食性・良加工性 |
| 3003 | 板・棒・線 | 器物・電気製品等 | 耐熱性・高強度 |
| 5052 | 板・棒・線 | 光学部品等 | 耐食性・溶接性 |
| 5056 | 板・棒・線 | 装飾品等 | 耐食性・切削性 |
| 6063 | 形・棒 | 建材等 | 耐食性 |

市販のチタン材料

| 形 状 | 線 | 棒 | バネ線 | バネ板 | バー | ボルト | 六角 |
|-----|---------------|---------------|--------------|--------------|--------------|-------------|-----------------|
| 寸 法 | 1mm ~ 12mm | 8mm ~ 50mm | 1mm ~ 4mm | 0.5t ~ 2t | 15t ~ 25t | M4 ~ M12 | 5.5mm ~ 24mm |
| 鋼 種 | 2 種 | 2 種 | 2 種 | 2 種 | 熱圧 | 鍛圧 | 冷圧 |

注) 寸法は市中で比較的入手しやすい寸法を抜粋した。

管理点

チタンの機械的性質

| 種 類 | 引 張 強 度 Kg/mm ² | 伸 び % | 曲 げ 角 度 | 曲 げ 半 径 |
|----------|----------------------------|-------|---------|---------|
| 純チタン 1 種 | 28 以上 | 27 | 180° | 板厚の 2 倍 |
| 純チタン 2 種 | 35 以上 | 23 | 180° | 板厚の 2 倍 |
| 純チタン 3 種 | 49 以上 | 18 | 180° | 板厚の 3 倍 |

ワンポイントアドバイス

アルミニウム材料は加工性がよく、製品にかかわらず表に示すどの材料を使用しても間違いはないが、入手が容易にできる汎用材料であることが望ましい。加工方法に適した材質・形状を選定する事もジグの耐久性を考える上で重要である。

また、アルミニウムの材質により導電率が異なるのでこの点にも留意する必要がある。
アルミニウムおよびチタンジグの特性を表に示す。

アルミニウムジグとチタンジグの特性比較

| 項目 | 特 性 | | チタン治具の利点 |
|-----------|------------------------|-------------------------|------------------------|
| | アルミニウム治具 | チ タン 治 具 | |
| 引 張 强 さ | 約74N/mm ² | 343N/mm ² 以上 | 強度が高いので治具ががん丈、使用寿命が長い。 |
| 耐 力 | 29N/mm ² 以上 | 225N/mm ² 以上 | 最高の接触圧力がかけられる。 |
| 耐 食 性 | 小 | 大 | 寿命が長く、維持費が少ない。 |
| 電 流 損 失 | 治具から溶液への電流損失が大きい。 | 表面の酸化皮膜が電流損失を防ぐ。 | 電圧が低くですむ。 |
| 信 賴 性 | 接触部が磨耗しやすくこわれやすい。 | 治具の形状が変わらない。 | 寿命が長い。 |
| アルマイトの品 質 | 接触点のやけ、接点あとが少ない。 | 接触点のやけ、接点あとがつく。 | 一般に建材関係に使われている。 |

3. 2 電解枠とシグの電流容量

作業条件（影響要因）

アルミニウムとチタンの電流許容量が異なるアルミニウム線の安全電流値と各ジグ材料の通電許容量を示す。

ジグの設計選択に当たって参考にするとよい。

アルミニウム線の安全電流値

| アルミニウム 線 径 (mm) | 1.4 | 2.0 | 2.6 | 2.9 | 3.5 | 4.0 | 4.5 | 5.0 | 6.0 | 7.0 | 8.0 |
|-----------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 安全電流 (A) | 10 | 16 | 24 | 26 | 32 | 40 | 45 | 52 | 65 | 80 | 95 |

ジグ材料の通電許容量

| | 大気中の通電量／接点面積 | 電解液中の通電量／接点面積 |
|----------|------------------------|------------------------|
| アルミニウムジグ | 2 A / m m ² | 5 A / m m ² |
| チタンジグ | 1 A / m m ² | 2 A / m m ² |

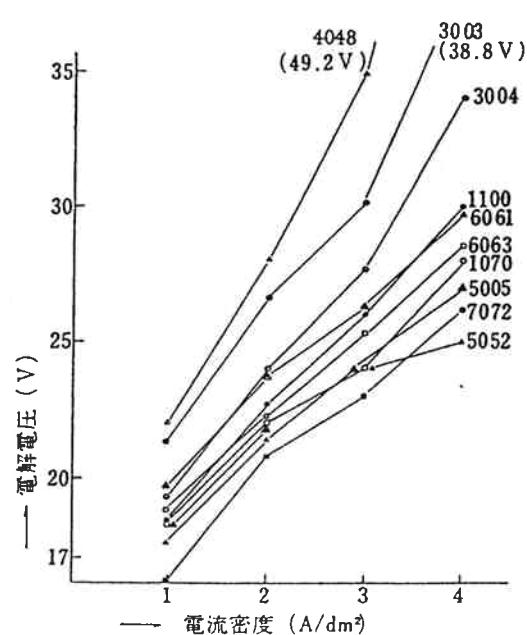
理由・背景（データ・グラフ）

アルミニウム合金とチタンの導電率

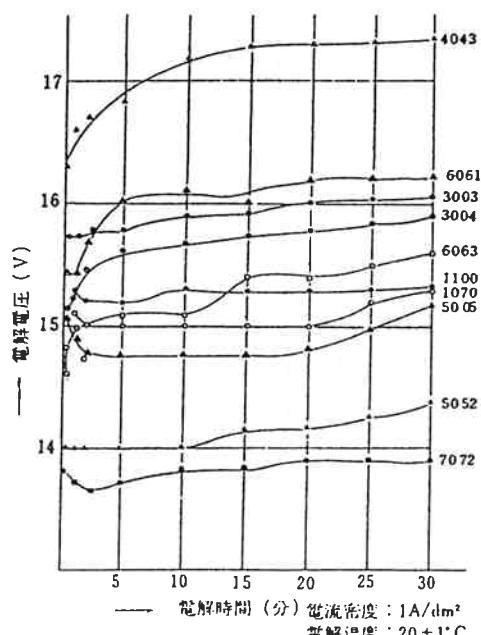
アルミニウム合金

| | |
|-------------------|-------|
| A 1 1 0 0 | 5 9 |
| A 3 0 0 3 - O | 5 0 |
| A 3 0 0 3 - H 1 8 | 4 0 |
| A 5 0 5 2 | 3 5 |
| A 5 0 5 6 - H 1 8 | 2 7 |
| A 6 0 6 3 - T 5 | 5 5 |
| 純チタン | 3 . 1 |

標準軟銅比抵抗 $1.7241 \mu\Omega \cdot \text{cm} \cdot 20^\circ\text{C}$ の導電率を 100 とした場合の値

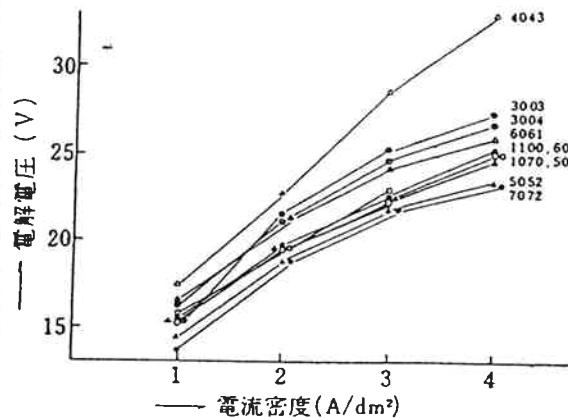


各種 A l 合金の電解時間—電解電圧曲線—

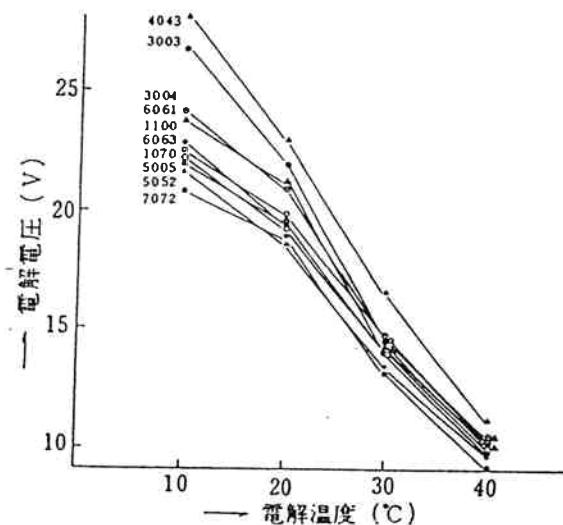


合金種類—電流密度—電流密度—電解電圧の関係
(電解温度 10°C, 電解 30 分後)

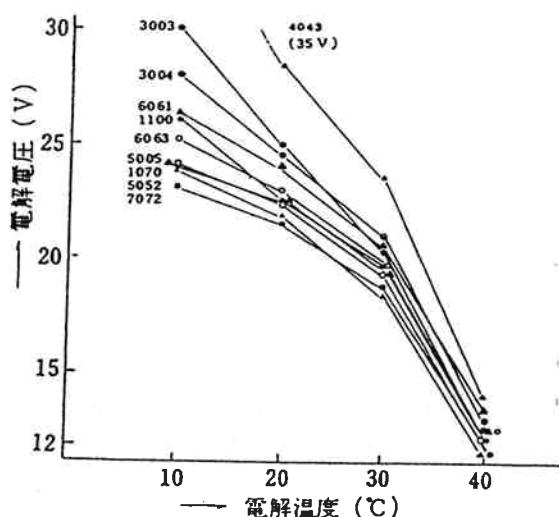
ワンポイントアドバイス



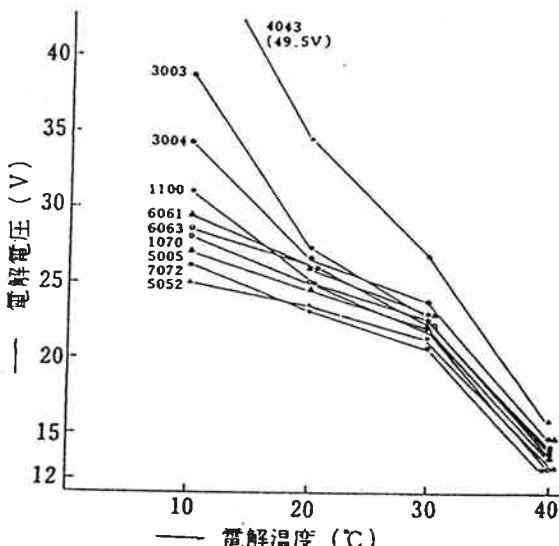
合金種類一電流密度一電解電圧の関係
(電解温度20°C, 電解30分後)



合金種類一電解温度一電解電圧の関係
(電流密度 2 A/dm², 電解30分後)



合金種類一電解温度一電解電圧
(電流密度 3 A/dm², 電解30分後)



合金種類一電解温度一電解電圧の関係
(電流密度 4 A/dm², 電解30分後)

・ジグの接点圧力について

ジグの通電許容量や接点面積を考慮してジグの設計を行うことが望ましいが、製品の形状や性能要求上、充分な面積を確保することが難しい場合もある。接点面積と同様に接点圧も重要で、接点圧の強弱による通電量は20~30%も改善されることがある。

給電材の実用電流容量 (DC)

| 寸法／材料 | 銅ブスバー | アルミブスバー | 銅キャブタイヤ |
|-----------|--------|---------|---------|
| 10 t x 50 | 500 A | 300 A | |
| 10 t x 75 | 750 A | 450 A | |
| 10 x 100 | 1000 A | 600 A | |
| 250 Sq mm | | | 500 A |
| 325 Sq mm | | | 750 A |

3. 3 ジグの種類と形状

目的

ジグは、電解槽の陽極バスバーから陽極酸化しようとする処理物の間を接続する電導性材料を言い、工場ではリード線、引っかけジグ、フックその他の名称で呼ばれている。ジグの設計は、作業能率を左右する重要なポイントに当たるので、それぞれの工場では、製品に適合したジグを考案している。

作業条件（影響要因）

●ジグ製作の要件

ジグ製作に当たって要点となる項目を下記に示す。

1. 電解中に接点ズレを起こさないよう、しっかりと固定できるように設計する。
2. 製品の必要電流量と接点面積に留意して設計する。
3. 接点跡が目立たないようポイントを決めて設計する。
4. 脱着が容易にできるよう設計する。
5. 電解によるガス溜まりができないように設計する。

治具を使用した吊り方の方式を次に示す。

- ・リードゴムひも引張方式……………器物関係、工業用品関係
- ・スプリング方式……………器物関係、建材関係、小物部品関係
- ・より線あみ方式……………建材関係
- ・ボルト締め方式……………建材関係
- ・押え付け方式……………建材関係
- ・その他の方々……………各種

ワンポイントアドバイス

・アルミニウムジグの特徴

アルミニウムジグは、通電性がよく安価で加工性に優れている。どのような電解においても使用できるが、ジグに酸化皮膜が生成して絶縁となるため、電解ごとに酸化皮膜を脱膜する必要がある。脱膜には水酸化ナトリウム（50～100g/l・50℃）を用いるが、皮膜のみでなく素材もエッチングにより溶解するので消耗が激しく、素材が30～40%程度減耗すると使用できなくなる。ジグの寸法変化により接点面積が維持できず、必要な接点圧も得られないで通電量が減少してしまうからである。

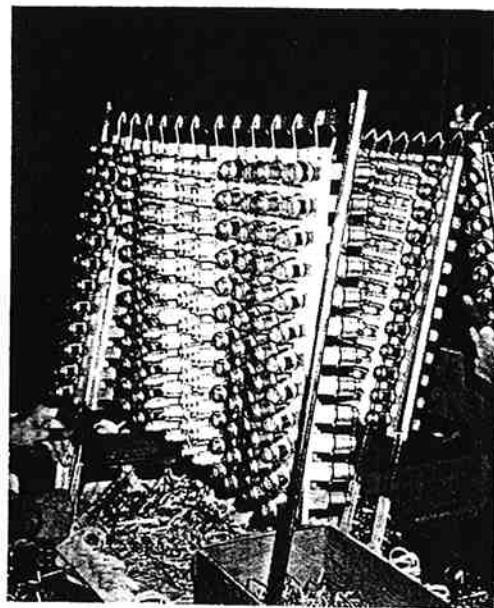
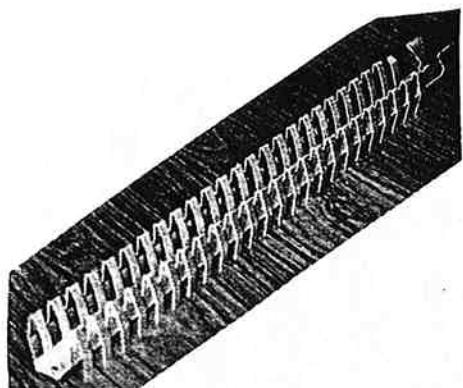
また、ダイカスト合金（ADC12）やジュラルミン系合金はジグには適さない。製品の導電率に比べジグの導電率が勝るため、ジグに電流が集中しジグの溶断や皮膜不良を起こすためである。

・チタンジグの特徴

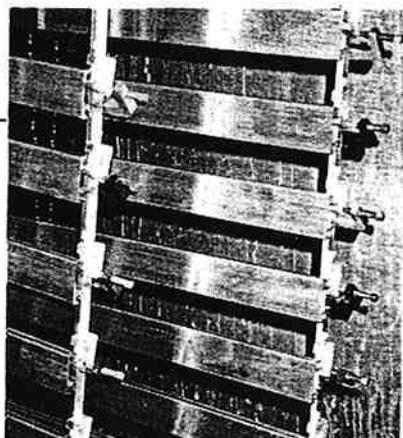
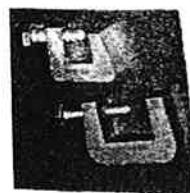
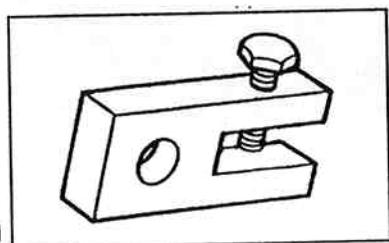
チタンジグはアルミニウムジグに比べ電流許容量では劣るが、機械強度や剛性、バネ性に優れていることが特徴で、電解液中で溶解がなく、陽極酸化で薄い干渉膜が生成するが実用上の絶縁とはならないで脱膜の必要がない。そのため長期にわたる使用が可能となるので量産品などに適する。チタン材料の普及につれてバリエーションも多くなり、バネ材・線材・ボルト類の組み合わせにより様々な形状に対応できる汎用性の高いジグの製作が可能になっている。

また、電解着色法においてチタンジグを使用すると接点部に未着色部ができるので注意を要する。

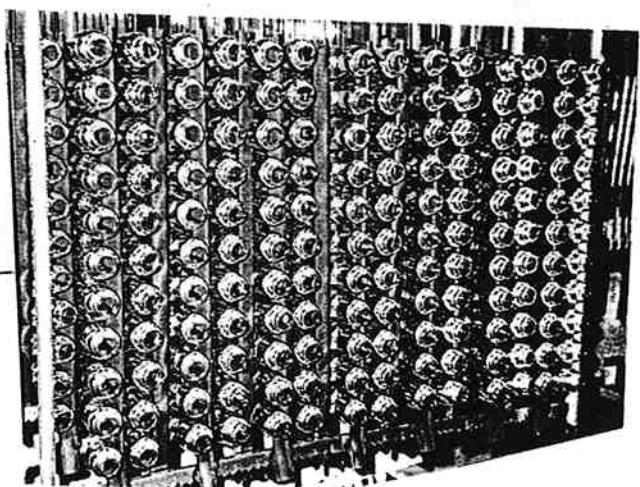
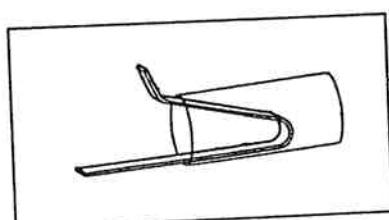
具体例



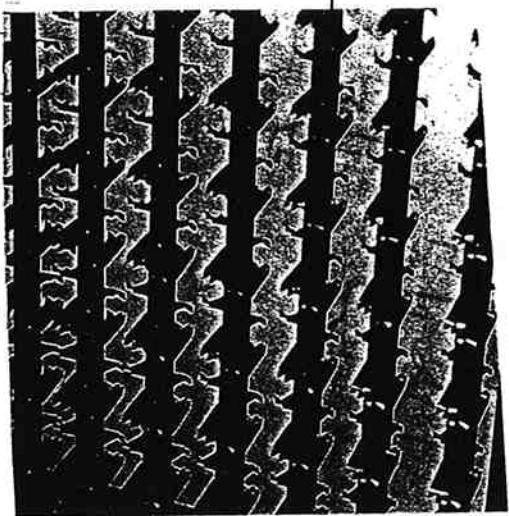
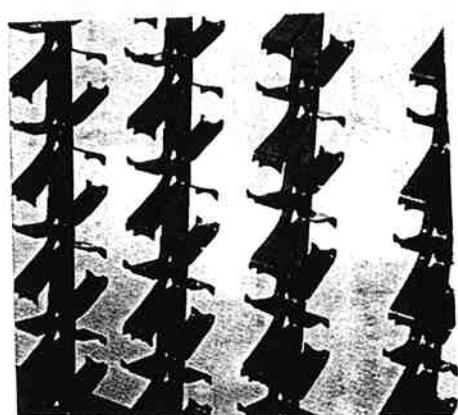
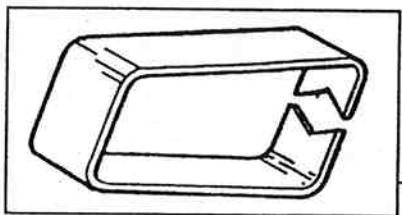
アルミプレス製ジグとジグ付け（容器類）



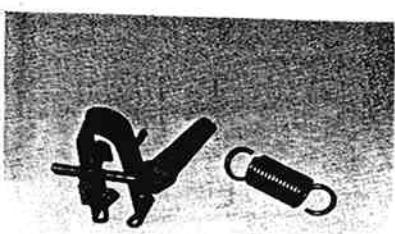
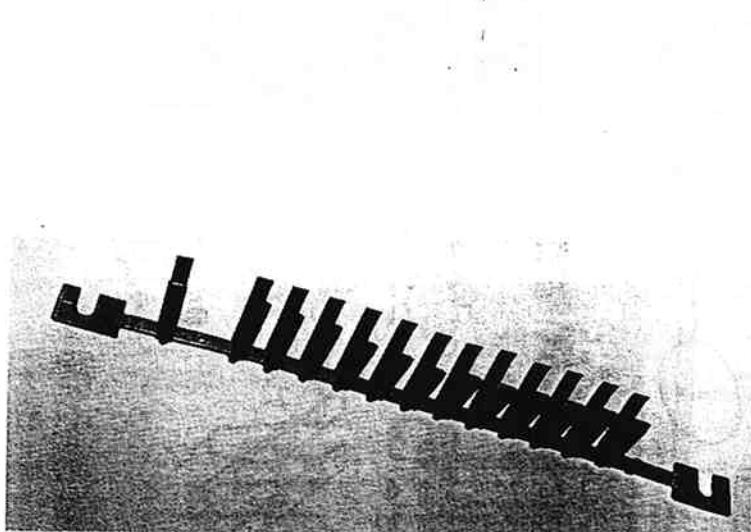
アルミ駒とボルト使用例（建材）



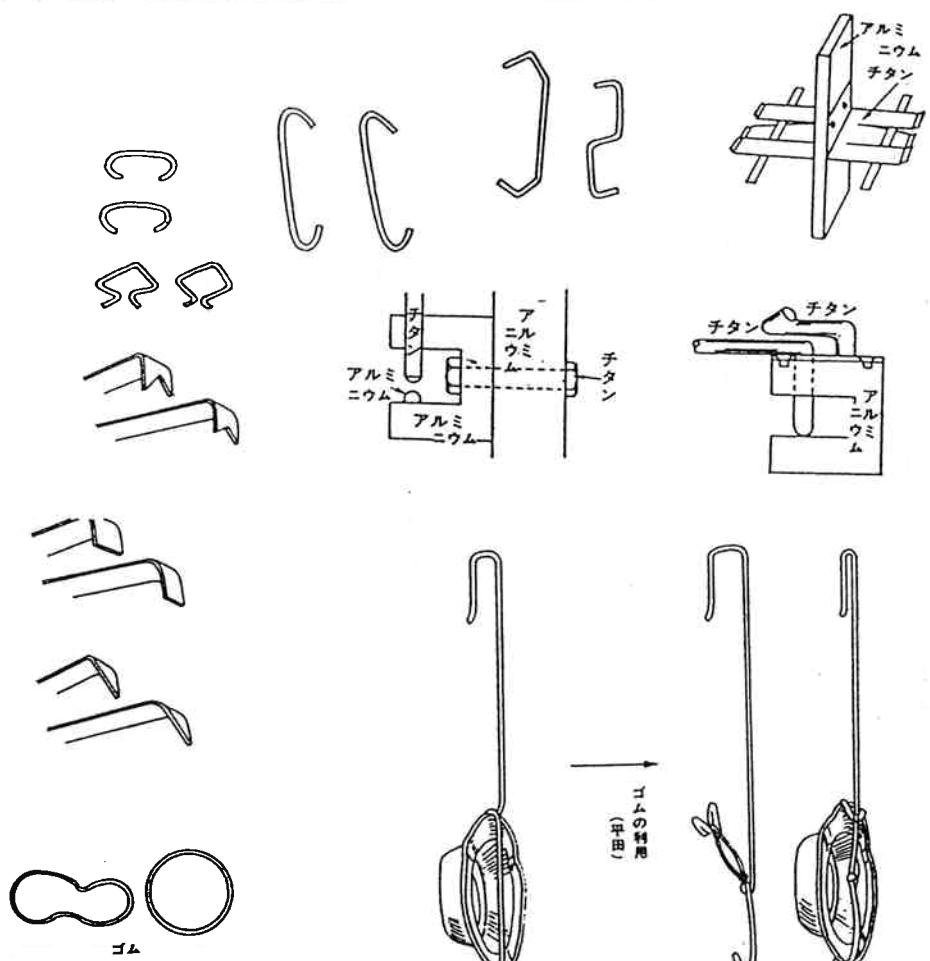
チタンのバネ性を利用したワンタッチジグ



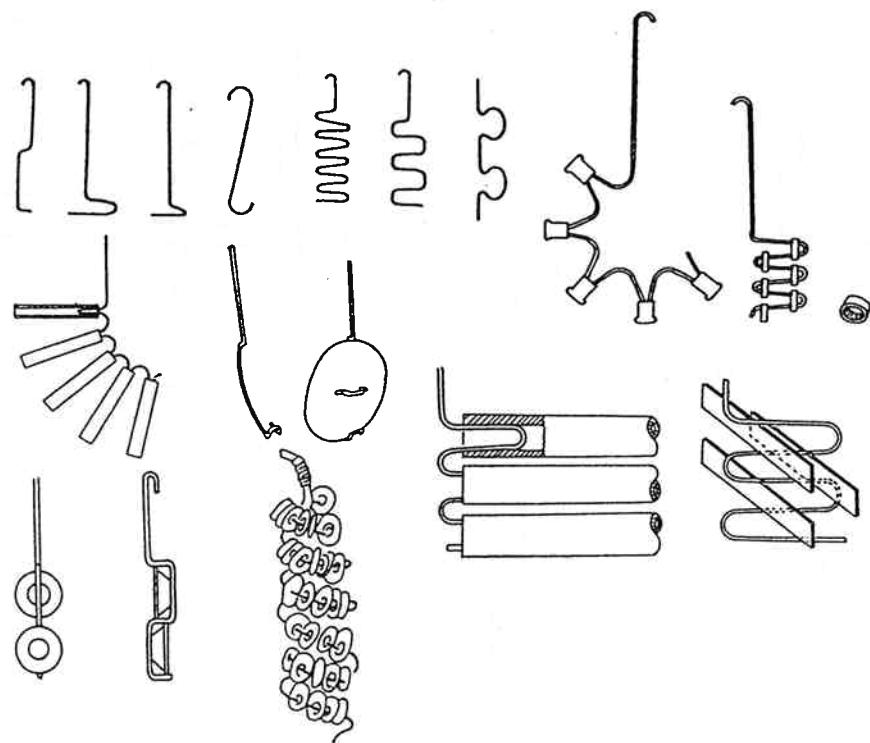
チタンのバネ性を利用したクランプジグ



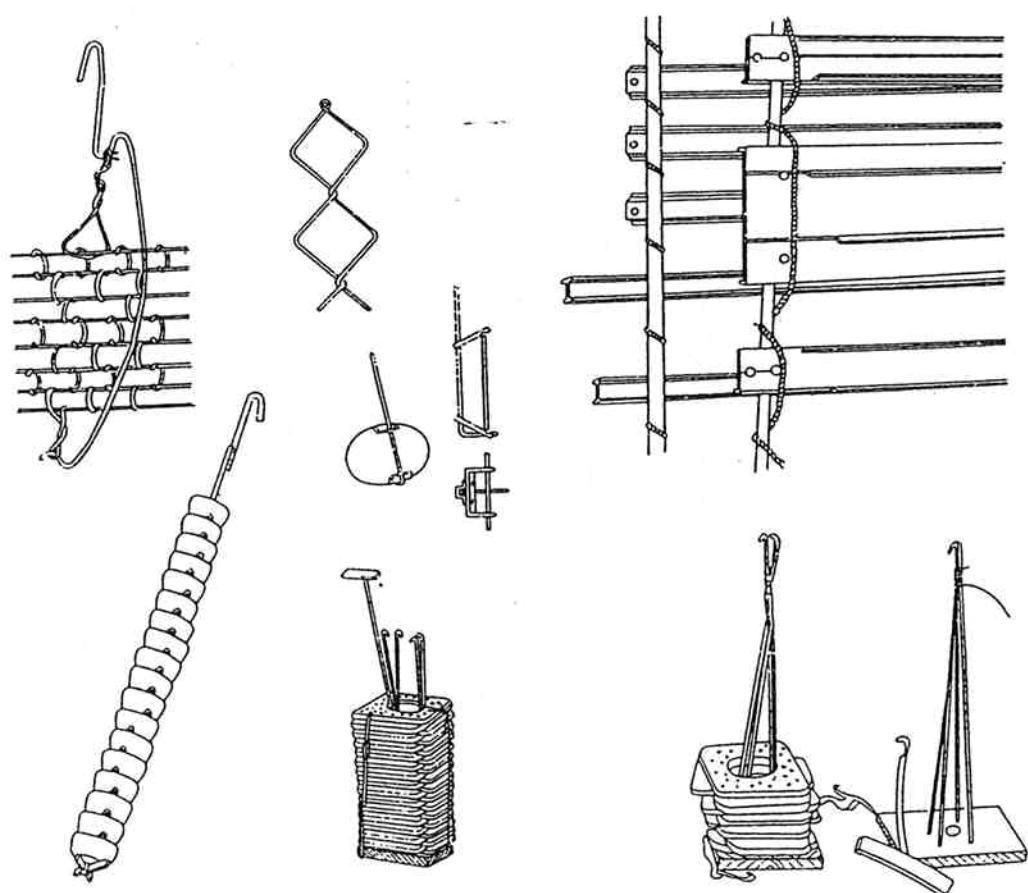
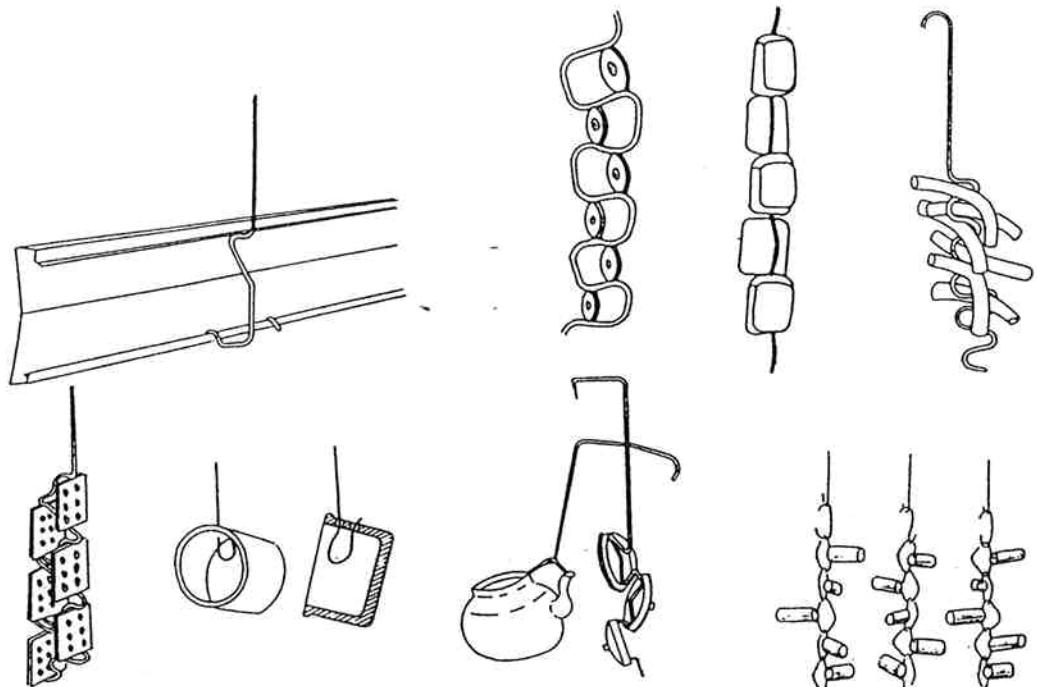
チタンスプリングなど

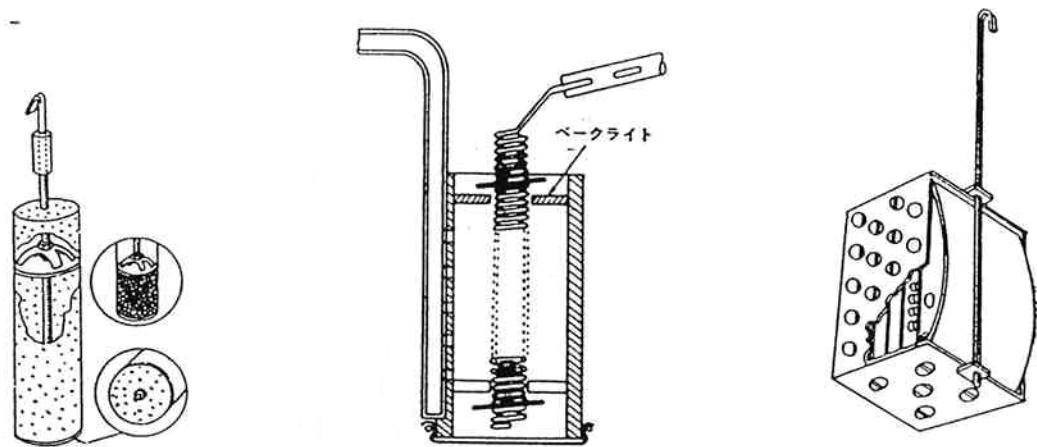


補助ラック

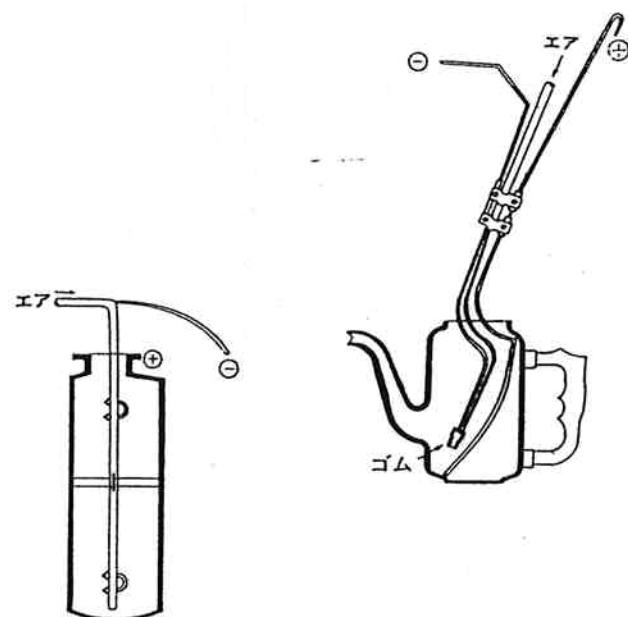


線材による方法

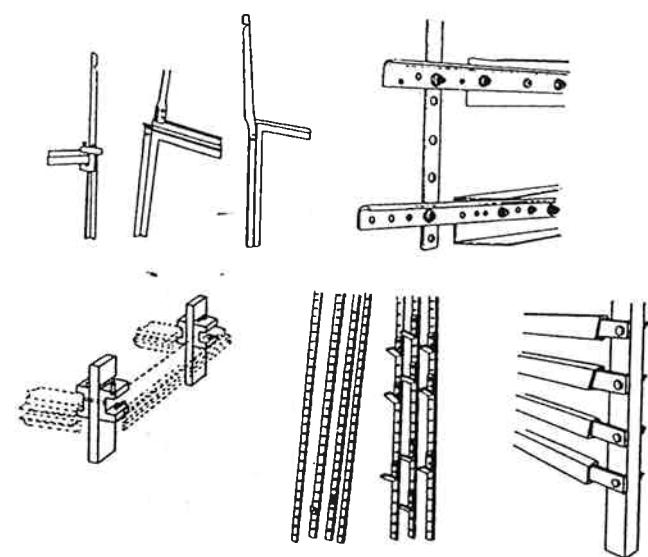




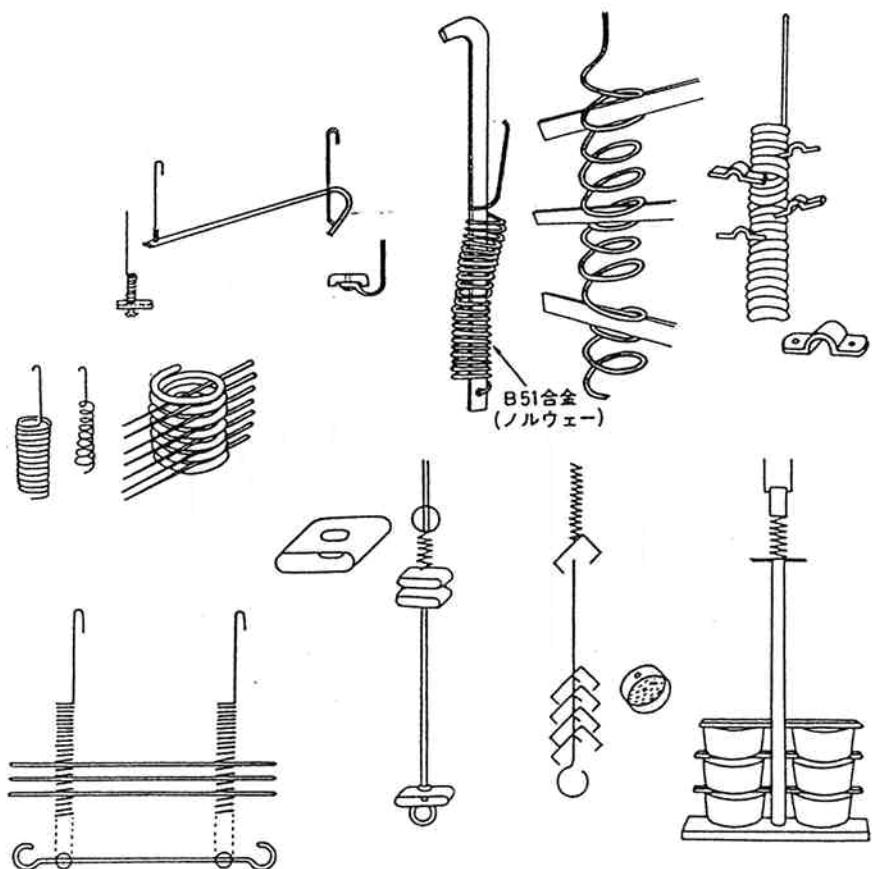
バスケット



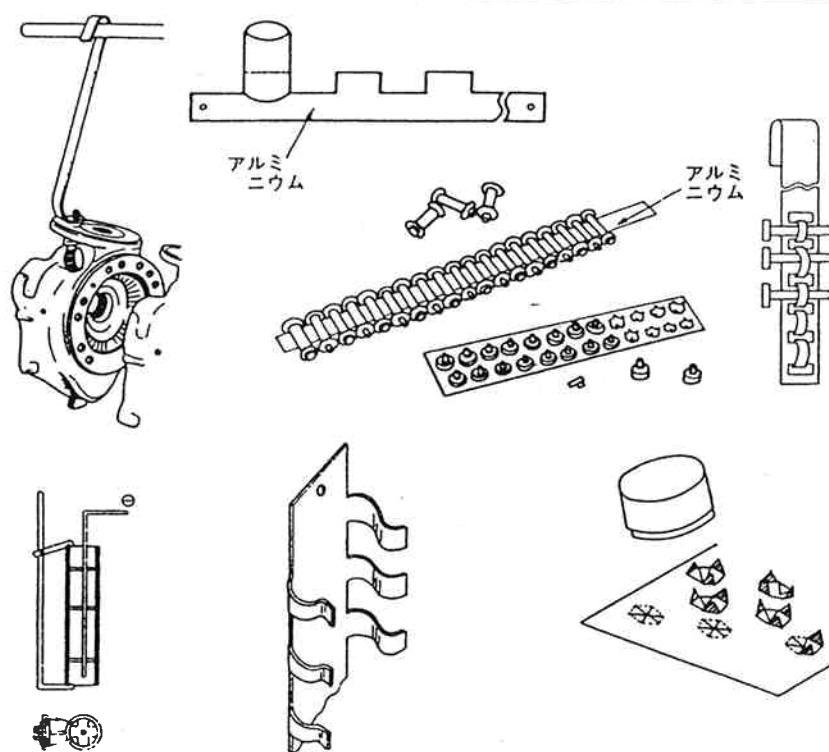
補助陰極による方法



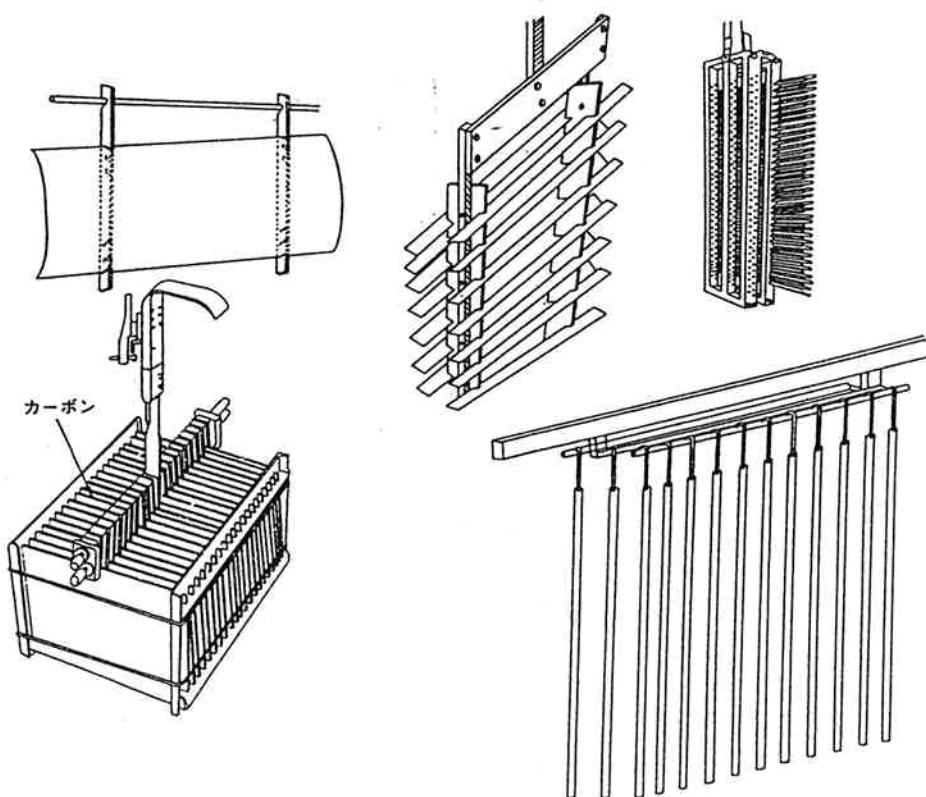
ボルト・ナットによる方法



線材のスプリングによる方法



板材による方法



さし込みによる方法

4 陽極酸化

- 4. 1 陽極酸化の基礎
 - 4. 1. 1 陽極酸化とめっきとの相違点
 - 4. 1. 2 陽極酸化皮膜の構造
 - 4. 1. 3 アルミニウム陽極酸化の種類と皮膜の特徴
 - 4. 1. 4 用途別皮膜性能試験項目
- 4. 2 硫酸浴法
 - 4. 2. 1 硫酸皮膜
 - 4. 2. 2 電解設備
 - 4. 2. 3 処理条件と電解方法
 - 4. 2. 4 硫酸法による皮膜の性能
- 4. 3 しゅう酸法
 - 4. 3. 1 しゅう酸皮膜
 - 4. 3. 2 電解設備
 - 4. 3. 3 電解方法と処理条件
 - 4. 3. 4 しゅう酸皮膜の特性
- 4. 4 硬質陽極酸化法
 - 4. 4. 1 硬質陽極酸化皮膜
 - 4. 4. 2 電解設備
 - 4. 4. 3 処理条件と電解方法
 - 4. 4. 4 皮膜特性

4 陽極酸化

4. 1 陽極酸化の基礎

4. 1. 1 陽極酸化とめっきとの相違点

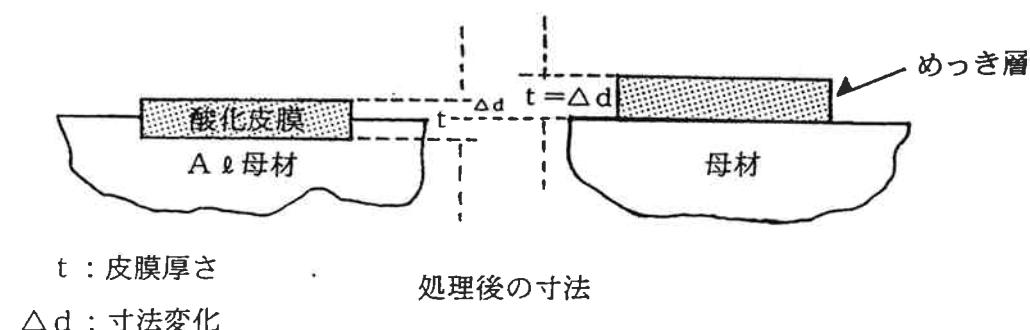
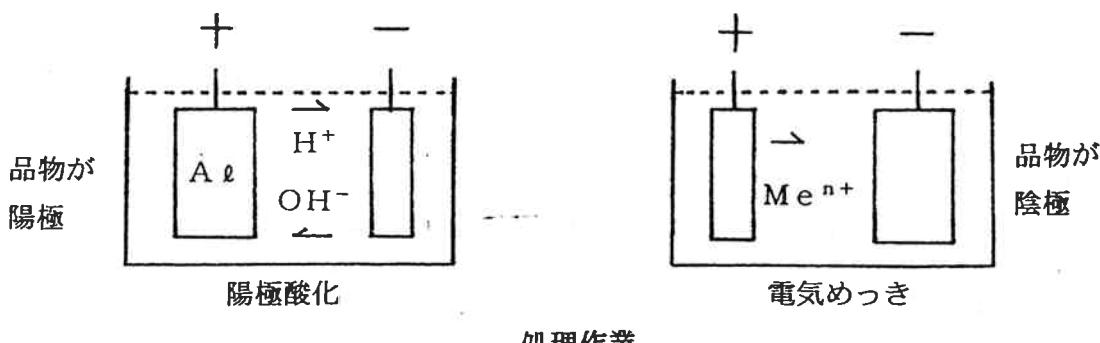
目的

めっきとは、めっきしようとする製品（素材）を陰極として、金属イオンを含む水溶液中に対極（陽極）を入れて、その間に直流電流を流して製品の上に金属を析出させる作業であり、陽極酸化とは、処理するAl製品を陽極として、硫酸等の電解液に対極（陰極）を入れ、その間に直流電流を流してAl表面を酸化させ、素材を優れた性質の酸化皮膜に変える作業である。

作業条件

処理作業と処理後の寸法は次ようになる。

| 陽極における反応 | 陰極における反応 |
|--|--|
| 酸化 | 還元 |
| 酸素の発生 | 水素の発生 |
| 金属の溶解 | 金属の析出 |
| $M\text{e} \rightarrow M\text{e}^{n+} + n\text{e}$ | $M\text{e}^{n+} + n\text{e} \rightarrow M\text{e}$ |



理由・背景 (データ・グラフ)

めっきでは、素地金属の上に金属の何をめっきするか、金属種類を色々選択出来る。防食用(Zn, Cd, Sn)、装飾用(Au, Ag, Pt)、装飾兼防食用(Cu-Ni-Cr)、工業用(Cr)などそれぞれ金属の長所を生かした使い分けをしている。

陽極酸化では、皮膜の硬さを生かした使い方や、耐食性を生かした使い方の他、色々な着色が行えるので装飾用にも使われる。また、硬質処理によって工業的用途にも広く使われている。

4. 1. 2 陽極酸化皮膜の構造

目的

陽極酸化皮膜はAl合金自身が陽極として電気的に酸化作用を受けて皮膜を作るため独特な皮膜構造をしている。

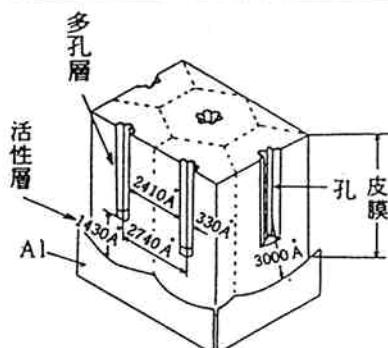
作業条件

皮膜構造によって2種類に大別されている。

- 1) 多孔質型：酸化皮膜を形づくるセルの中央に、微細な孔を表面に対して垂直に成長させながら皮膜が厚くなるタイプで、多孔質な酸化皮膜となる。皮膜の微細孔が色々な用途に生かされる。ポーラス型とも呼ばれる。
- 2) バリヤー型：バリヤー層と呼ばれる微細孔の無い、ごく薄い皮膜で、耐電圧が高いので、主に電解コンデンサーに使われる。

構造図解

陽極酸化皮膜の大部分は多孔質皮膜で、中央に微細孔のある皮膜セルからなる多孔質層が主要部分となっている。微細孔は皮膜形成に際しての電流の通り道であり、陽極酸化皮膜の最大の特徴である。



Kellerの陽極酸化皮膜モデル（りん酸皮膜）

管理点

電解液の種類や、電解条件によって皮膜の構造がある程度決まる。

作業条件：皮膜構造に影響を与える要因：

電解液の種類：硫酸（濃度）、しゅう酸、りん酸、ほう酸、各種有機酸等。

電解液の条件：電解液温度、電解液濃度。

電解方法：電解電源(DC、AC、DC+AC)、電流密度、電解時間（皮膜厚さ）。

ワンポイントレッスン

皮膜セルの微細孔は染料による染色に使われたり、電解着色法によって着色に使われたり、潤滑材を含浸または析出させたりして使われる。

4. 1. 3 アルミニウム陽極酸化の種類と皮膜の特徴

目的

Alの陽極酸化には1) 電解液による皮膜区分、2) 電解波形による皮膜区分、3) 皮膜構造による区分、4) 皮膜特性による区分がある。

皮膜の種類と特徴

1) 電解液による区分：

硫酸浴：陽極酸化処理されるAlの大部分がこの電解液による。電解液濃度、温度、電解方法、前処理の方法等により皮膜の性質や外観が変えられるので用途が広い。
硫酸浴：硫酸を電解液とした皮膜で、皮膜性能も優れている。黄色い皮膜となる。
クロム酸浴：クロム酸を電解液とした皮膜で、航空機部品等に使われる。
りん酸浴：りん酸を電解液とした皮膜で、特殊な用途に使われる。
ほう酸浴：ほう酸を電解液とした皮膜で、バリヤー型皮膜の代表である。
有機酸浴：マロン酸、マレイン酸、クエン酸、酒石酸、等を組み合わせた電解液や、芳香族スルホン酸が電解液として使われている。皮膜性能よりも発色皮膜としての用途が主力である。

2) 電解波形による区分：

直流電解法：整流器から得た直流で陽極酸化を行う方法。標準的処理法。
交流電解法：交流によって陽極酸化する方法。
交直重疊電解法：交流と直流を重疊して陽極酸化する方法。硫酸電解に使われている。
電流反転法：周期的に電流を反転させて電解する方法。

3) 皮膜構造による区分：

多孔質皮膜：多孔質構造をした厚く成長する皮膜。広い用途を持つ標準的皮膜。
バリヤー型皮膜：薄いバリヤー層だけの皮膜。耐電圧が優れている。

4) 皮膜特性による区分：

硬質（アルマイト）皮膜：機械部品等に行う、厚くて硬く、摩耗に強い皮膜。
普通（アルマイト）皮膜：普通の用途に使われる標準的皮膜。
装飾（アルマイト）皮膜：光沢を持たせたり、着色したりした装飾皮膜。

管理点

処理する製品の使用される環境、条件に適した皮膜区分を選定する。

4. 1. 4 用途別皮膜性能試験項目

目的

陽極酸化処理の方法、種類によって品質特性が異なり、使用条件と皮膜品質の最適な組み合わせによって、製品の性能を高める事が出来る。

等級と用途

皮膜厚さの等級と主な用途例 (J I S H 8 6 0 1 : 1999)

| 皮膜厚さの等級 | 主な用途 |
|---------|----------------|
| AA3 | 反射板、家電部品(内部)など |
| AA5 | 台所用品、日用品、家電部品、 |
| AA6 | 装飾品、家具部材、車両内装、 |
| AA10 | 建築部材(屋内)など |
| AA15 | 台所用品、車両外装、 |
| AA20 | 土木・建築部材(屋外)、 |
| AA25 | 船舶用品など |

使用環境別試験項目 (J I S H 8 6 0 1 : 1999)

使用環境別試験項目

| 使用環境 | 主な用途例 | 外観 及び 色 | 皮膜 厚さ | 耐食性 | | 砂落とし摩耗 試験、 噴射摩耗試験 又は 往復運動平面 摩耗試験 | 封孔度 りん酸クロム 酸水溶液浸せ き試験、 染料吸着試験 又は アドミックタン ス測定試験 |
|-------------|----------------------------------|---------------|----------|---------------------------------------|--------|---|---|
| | | | | アルカリ 耐食性 | キャス耐食性 | | |
| | | | | アルカリ滴下 試験 又は 起電力式耐ア ルカリ試験 | キャス試験 | | |
| 乾燥・熱冷 | 湯沸かし、 なべなどの 台所用品 (加熱容器) | ○ | ○ | ○ | — | ○ | — |
| 湿潤・摩擦 | 流し槽、洗 面器などの 日用品 | ○ | ○ | ○ | — | ○ | — |
| 乾燥・摩擦 | 建築部材 (屋内)・車 両内装・家 具部材など | ○ | ○ | — | — | ○ | ○ |
| 結露・ 大気暴露 | 建築部材 (屋外)・車 両外装・船 舶用品など | ○ | ○ | — | ○ | ○ | — |
| 乾燥 | 装飾品・反 射板・家電 部品など | ○ | ○ | — | ○ | — | ○ |

備考1. 色については、着色されたものについて試験を実施する。

2. 使用環境区分の不明確な皮膜についての試験項目は、受渡当事者間の協定による。

管理点

製品素材に使われたAl合金によっては、皮膜性能が制約を受けることがあるので、処理方法や処理条件の選定に注意する。

品質試験は外観検査と皮膜厚さ以外は破壊試験なので、試験片の抜き取り方法と抜き取り基準を明確にしておく必要がある。

4. 2 硫酸法

4. 2. 1 硫酸皮膜

4. 2. 1. 1 硫酸電解浴の濃度と電解条件

目的

陽極酸化電解に使われる浴として、硫酸は一番処理量が多い。この浴は、作業性が良く、電解条件を変えることで、皮膜性能もかなり変化する。

作業条件（影響要因）

硫酸浴法処理条件（標準）

| 項目 | 条件 |
|----------|--|
| 電解液濃度 | 遊離硫酸 $150 \pm 20 \text{ g/l}$ |
| 溶存アルミニウム | 25 g/l 以下 |
| 浴温 | $20 \pm 2^\circ\text{C}$ |
| 電流密度 | DC 1.3 A/dm^2 |
| 電解時間（例） | $10 \mu\text{m}$; 30 分 $18 \mu\text{m}$; 60 分 |

理由・背景（データ・グラフ）

皮膜品質と電解条件の関係については詳細に後述する。

管理点

処理条件の選択により、普通皮膜（日用品、家庭器物、建築部材（内装外装用）、装飾皮膜（装飾品、反射板、家電部品等）硬質皮膜（特に厚くて硬い皮膜、別項で詳述する）がある。

ワンポイントレッスン

硫酸濃度 $150 \sim 200 \text{ g/l}$ での処理品の皮膜品質が、幅広い合金に対して安定している。

具体例

陽極酸化処理の効果

- 1) 外観の美化、保全：外観の維持、染色、電解着色、自然発色
- 2) 表面性状の改善：表面硬さ、耐摩耗性、耐食性の付与
- 3) 物理的性状の改善：電気絶縁性・耐電圧の向上

4. 2. 1. 2 硫酸浴による皮膜の特徴と皮膜性能

目的

硫酸皮膜の特徴と一般に広く必要とされる重要特性を示す。

皮膜の特徴

- 1) 皮膜の特徴 : a) 電解質としての硫酸は作業性も良く、皮膜の品質も優れている。
b) 一般に無色透明な皮膜となり、金属的外観を保つ。
c) 皮膜は、色々な方法で堅牢な着色が出来る。
d) 皮膜は硬く、耐食性、耐摩耗性に優れている。
- 2) 皮膜の性能 : J I S H 8 6 0 1 : 1999 によると、一般に広く必要とされる重要な特性として、
a) 外観と色、b) 皮膜厚さ、c) 耐食性、d) 耐摩耗性、e) 封孔度を指定している。なお、その他の品質特性として、f) 変形によるひび割れ抵抗性、g) 色の促進耐候性、h) 鏡面光沢度、i) 写像性、j) 絶縁耐力、k) 連続性、l) 皮膜質量等が挙げられていて、それぞれ当事者間で必要な品質項目に付いて試験するように指示されている。

J I S H 8 6 0 1 に指定されている試験項目

使用環境別試験項目 (J I S H 8 6 0 1 : 1999 表 1) として指定されている試験項目

耐食性 : アルカリ耐食性または、キャス耐食性 (および中性塩水噴霧試験)

耐摩耗性 : 砂落とし摩耗試験、噴射摩耗試験または往復運動平面摩耗試験

封孔度 : りん酸クロム酸水溶液浸せき試験、染料吸着試験またはアドミッタンス測定試験

性能試験方法

J I S 規格で指定されている各性能の試験方法は下記の通り。

皮膜厚さ : J I S H 8 6 8 0 - 1 (顕微鏡断面測定法)

J I S H 8 6 8 0 - 2 (渦電流式測定法)

J I S H 8 6 8 0 - 3 (スピリットピーム顕微鏡測定法)

耐食性試験 : J I S H 8 6 8 1 - 1 (耐アルカリ試験)

J I S H 8 6 8 1 - 2 (キャス試験)

J I S Z 2 3 7 1 (塩水噴霧試験法)

耐摩耗試験 : J I S H 8 6 8 2 - 1 (往復運動平面摩耗試験)

J I S H 8 6 8 2 - 2 (噴射摩耗試験)

J I S H 8 6 8 2 - 3 (砂落し摩耗試験)

封孔度試験 : J I S H 8 6 8 3 - 1 (染料吸着試験)

J I S H 8 6 8 3 - 2 (りん酸ークロム酸水溶液浸せき試験)

J I S H 8 6 8 3 - 3 (アドミッタンス測定試験)

変形によるひび割れ抵抗性 : J I S H 8 6 8 4 (変形による耐ひび割れ性試験)

色の促進耐光性 : J I S H 8 6 8 5 - 1 (光堅ろう度試験)

J I S H 8 6 8 5 - 2 (紫外光堅ろう度試験)

鏡面光沢度 : J I S Z 8 7 4 1 (鏡面光沢度一測定法)

写像性 : J I S H 8 6 8 6 - 1 (写像性試験・視感測定法)

J I S H 8 6 8 6 - 2 (同・機器測定法)

絶縁耐力 : J I S H 8 6 8 7 (絶縁耐力試験法)

連続性 : J I S H 8 6 8 9 (連続性試験法)

皮膜質量 : J I S H 8 6 8 8 (皮膜の単位面積当たりの質量測定法)

管理点

品質項目は使用環境別試験項目および各品質項目の規定に従って選択、実施すればよい。

他の品質項目については、特別な用途についてだけ必要な品質もあり、必要に応じて当事者間で協議して選択、実施する。

ワンポイントレッスン

参考文献 : J I S H 8 6 0 1 アルミニウムおよびアルミニウム合金の陽極酸化皮膜

4. 2. 2 電解設備

4. 2. 2. 1 電解槽

目的

電解槽の設計に当たって検討を必要とする項目を示す。

電解槽の設計

- 1) 処理対象となる製品
- 2) 処理法、使用技術の範囲検討
- 3) 製品の形状、処理最大寸法の検討
- 4) 処理能力（日間、月間）の検討
- 5) 品質設定（皮膜厚さの規格標準）

設備レイアウト

レイアウトの検討

- 1) 処理対象品の形状と数量
- 2) 処理工程の基本ライン（製品の搬入と搬出）
- 3) 前処理工程の槽配列
- 4) 電解槽の配置
- 5) 後処理工程の槽配列
- 6) 給水、配水経路と電源の配電経路
- 7) その他

電解槽および付帯設備の条件

- 1) 処理対象品（面積）に対して充分な液量があり、プラスチック、合成ゴム、鉛等耐食性材料でラミネーティングした鉄またはステンレス等で作られた槽であること。
- 2) 陰極はA l、P b、炭素等を用い、有効面積は被処理物面積の1/2以上必要。
- 3) かくはん装置は、被処理物表面近傍の電解液を十分かつ均一にかき混ぜる事が出来る物。
- 4) 温度制御装置は電解液を設定した温度に対し定めた管理範囲内に維持できること。
- 5) 陽極酸化用電源は設定した処理条件と処理量に見合う容量の物であること。
- 6) 整流器には定電圧、定電流制御機構の付いた物が、品質管理上望ましい。

管理点

生産設備にはある程度故障は避けられない。従って、定期的な保守点検や、整備作業を想定した構造やレイアウトにする事。

ワンポイントレッスン

電解液は20%程度の硫酸であるから、周辺の槽設備に耐食性材料を使う必要がある。
槽内、槽底部に溜まった異物や、泥状物の定期的清掃除去を容易にする配慮と、陰極、ブスバーなど電気接点の整備に対する配慮は不可欠である。

4. 2. 2. 2 整流器

目的

通常の硫酸浴による陽極酸化電解のための電源は、一般に工業用三相交流を整流器により直流にして使われる。ただし、特殊な目的で交流や交直重畠で電解を行う場合がある。

作業条件（影響要因）

通常の陽極酸化用電源：直流電圧：20～30 V、
電流容量： $(100 \sim 200 \text{ A/m}^2) \times \text{処理面積m}^2$
小型槽用：500～2,000 A
大型槽用：3,000～10,000 A

整流器の種類

交流から直流を得る装置として、現在は半導体による整流器が主として使われている。
半導体方式の整流器にはセレン整流器、ゲルマニウム整流器、シリコン整流器、サイリスタ整流器（SCR）がある。このSCR方式以外は出力電圧、電流の調整能力が無いので電圧調整装置が必要である。

SCR方式の長所・短所

現在工場で使用されている直流電源は、SCR方式整流器が大部分を占めており、SCR方式整流器についての長所と短所を理解する事が必要である。

SCR方式の長所

- 1) 制御機構は動く部分が無く、固定状態である。
- 2) 全電圧範囲で応答速度が速い。
- 3) 定電圧、定電流等の自動制御が容易に出来る。

SCR方式の短所

- 1) 直流波形が変化しやすい。
- 2) 高調波が交流入力側にフィードバックされるおそれがある。

ワンポイントレッスン

SCR方式の整流器の出力電圧は使用範囲をよく確かめて、必要以上に高く設定しない。（出力電圧が低い時、波形が著しく変化し脈動が増加する為。）

出力電圧の全域に涉って脈動の少ない波形が必要な場合は、変圧器タップ切替え法または誘導電圧調整法を使った整流方式を選定する事。

具体例

現在の整流器は、大型器の場合は一般に自動定電流制御および、自動定電圧制御機能が設備されているので、それらの機能を充分に活用すること。

参考文献

軽金属製品協会：アルミニウム表面処理の理論と実務第3版 382

4. 2. 2. 3 電解液温度管理

目的

陽極酸化処理は、発熱があるため、電解液温度を一定範囲に保つため冷却設備が必要である。

冷却方式としては1) 直接膨張一管コイル式、2) 冷水一管コイル式、3) 冷水一液循環式がある。大型設備では3) 冷水一液循環式が多く使われている。

作業条件（影響要因）

発熱量の計算

a) 電力消費によるジュール熱

$$Q_1 = 0.86 E I \quad (\text{kcal/h}) \quad E : \text{V}, \quad I : \text{A.}$$

b) 酸化反応熱

$$Q_2 = 2.33 I \quad (\text{kcal/h}) \quad I : \text{A.}$$

c) その他の吸熱量または放熱量

Q3 : 外気よりの吸熱量

Q4 : ポンプ動力による吸熱量

Q5 : 被処理物との1時間当たり授受熱量（正または負）

d) 所要発熱量

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 \quad (\text{kcal/h})$$

$$\approx 1.1 \quad (Q_1 + Q_2)$$

冷凍機の冷却能力は所要発熱量に多少の余力を考える事。

電解液の冷却器（熱交換器）

現在はプレート式熱交換器が主に使われている。 热交換器の伝熱面積の計算は、

熱貫流値 (K) = 1,300~1,500 kcal/m² °C h を使用する。

$$A = QR / MTD \cdot K \quad QR : \text{冷却負荷} \quad \text{kcal/h}$$

MTD : 対数平均温度差°C

電解液の循環量

液循環量 = 総発熱量 / 温度管理範囲・比熱・比重 で計算する。

なお、硫酸電解液の比熱は 0.845、比重は 1.127 が使われている。

一般に、電解液の循環量は、電解槽 1 槽に付き 2.0~2.5 回/時 程度に設定されている。

管理点

温度管理範囲は通常処理の場合、設定温度に対し ± 2 = 4 が使われる。

冷凍機および熱交換器は電解槽の近くに設置し、液の循環配管は短くするように配置する。

参考文献

軽金属製品協会：アルミニウム表面処理の理論と実務 第3版 373

4. 2. 2. 4 電解液かくはん

目的

陽極酸化電解は強い発熱を伴うため、その熱を直ちに分散させ、被処理物の局部的な高温度化を防ぐために行う作業である。

電解槽での液かくはんは、液温度管理のために行う冷却を伴う液循環によるかくはんと、更に均一化を目的としたエアーかくはんがある。

作業条件（影響要因）

液循環においては、電解液をオーバーフローさせて循環配管に導き、冷却された電解液を槽の底部から戻す対流方式が多く取られている。槽底部の戻り配管の液分配に色々な配慮がされている。

空気かくはんは一番多く使われるかくはん方式で、空気量と吹き出しノズルの配置と数によって効果が分かれる。基準空気量は $0.2\sim0.3 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{min}$ が標準である。（ただし m^2 は電解槽の開口面積）空気圧は電解液の比重 (g/cm^3) に電解液深さ (cm) を掛けた水圧以上の圧があればよいので低圧のターボブロワーが適している。

管理点

電解液温度の不均一は、皮膜厚さの不均一の原因になるだけでなく、皮膜性能にも関係するので電解時の目視点検による調整も大切である。

かくはんエアーが局部的に強く当たり、製品の振動が電気接点ずれの発生原因とならないよう、かくはんエヤーの製品への当たり方の点検と調整が大切である。

ワンポイントレッスン

最新のかくはん方式として、液循環に液を噴射させるエジェクター方式、液の振動による方式、超音波によるかくはん方式等が注目されている。

参考文献

軽金属製品協会：アルミニウム表面処理の理論と実務 第3版 379

電解条件 濃度： $184\text{g/l}-\text{H}_2\text{SO}_4$, Al 1g/l (12l)

電流密度： $1, 2, 3 \text{ A/dm}^2$ (D. C.)

電解温度： $10, 20, 30^\circ\text{C}$

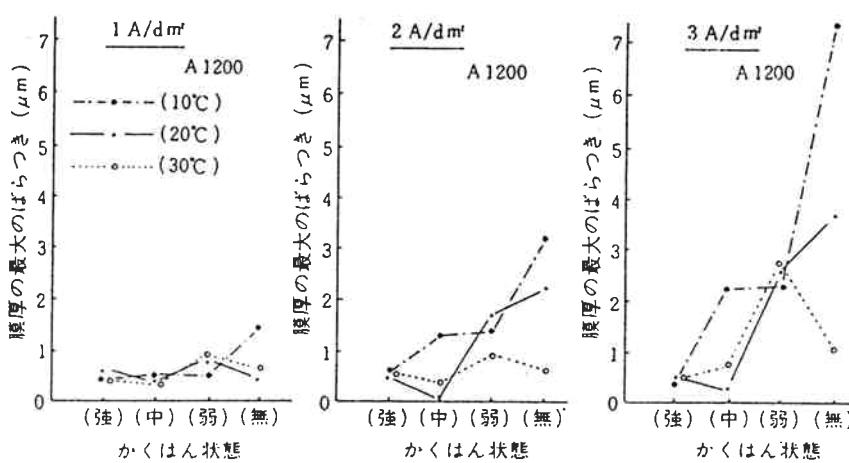
電解時間：30min

かくはん：空気かくはん—空気量

陰極面積： 10dm^2

陽極面積： 1dm^2

強： 20 l/min
中： 6 l/min
弱： 3 l/min
無：なし



かくはん状態と皮膜厚さのばらつきの関係

4. 2. 3 処理条件と電解方法

4. 2. 3. 1 硫酸濃度と皮膜性能

目的

- 硫酸電解液は、広い濃度範囲で処理が可能であるが、工業的に使用されている濃度は、作業性や皮膜の性能面から選定されている。

作業条件（影響要因）

a) 硫酸濃度と電解電圧

陽極酸化は皮膜底部のバリヤー層で進行し、皮膜生成に必要な電解電圧の大部分はバリヤー層の厚さに依存する。低濃度浴では皮膜溶解が少ないので、バリヤー層の厚さの減少は少なく、高い電圧が必要となり、一方、高濃度浴では皮膜溶解が多くなるので、バリヤー層は薄くなり低い電圧で良いことになる。硫酸濃度と電解電圧の関係を図に示す。

b) 硫酸濃度と各種皮膜性能

硫酸浴による酸化皮膜の品質は、硫酸濃度の増加に従って、アルカリ耐食性は緩やかに低下し、砂落し耐摩耗性は硫酸濃度 20% 以上での低下が大きい。

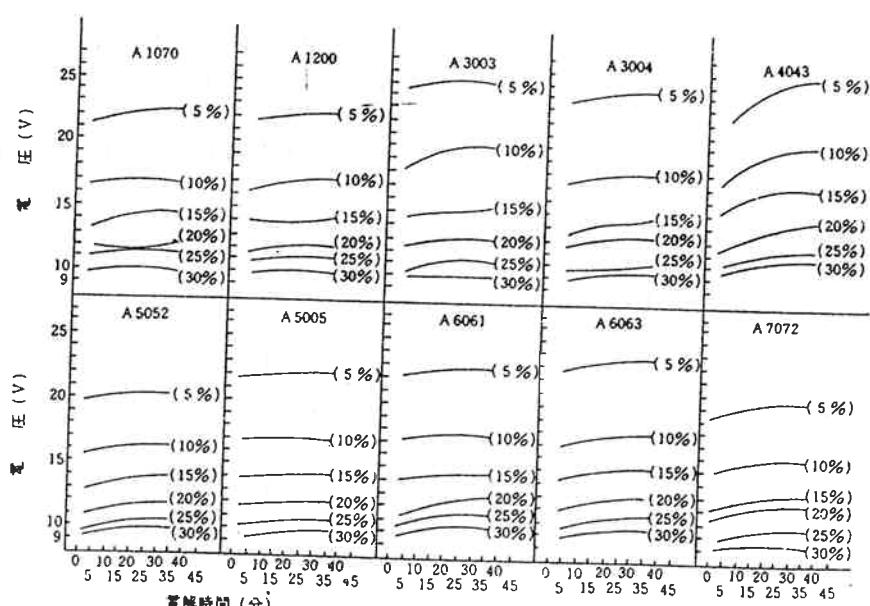
c) 溶存アルミニウムの影響

電解によって溶出するアルミニウムは、溶存量の増加に伴い皮膜性能を低下させる。

従って、J I S H 8 6 0 1 では溶存アルミニウムは 25 g/l 以下と指定している。

データ

アルミ材料別に硫酸濃度による電解電圧を示す。



硫酸濃度と電解電圧

アルミ材料の含有種類によっては電解電圧が異なる硫酸濃度が高い程、電解電圧は低い。

4. 2. 3. 2 電解液温度と皮膜性能

目的

電解液温度は、陽極酸化反応が発熱を伴う事もあり、皮膜性能に与える影響も大きく、電解液の温度管理は重要である。

作業条件（影響要因）

a) 浴温度と電圧、電流密度

電解液温度を変えた時の、電流密度と電圧の変化を図に示す。

液温度の上昇に伴い、同じ電圧で流れる電流密度は増加する。

b) 浴温度と皮膜性能

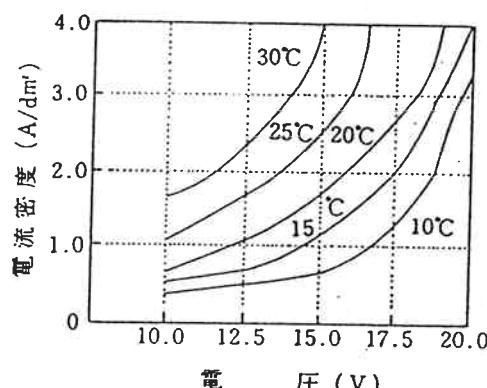
①皮膜厚さ：浴温が高くなるに従って、皮膜生成率が低下する。30℃を越えると皮膜生成率低下が特に激しくなる。

②耐食性：浴温 10~20℃ の範囲が安定しており 30℃ を越えると急激に低下する。

③耐摩耗性：耐摩耗性は、浴温の上昇に従い低下する傾向は耐食性と同じである。ただし温度範囲は少し低温側に移り、20℃を越えると急激に低下する。

管理点

高温側で処理した皮膜は、やや染色性が良いので、装飾用等で染色を行う製品に使われる傾向がある。



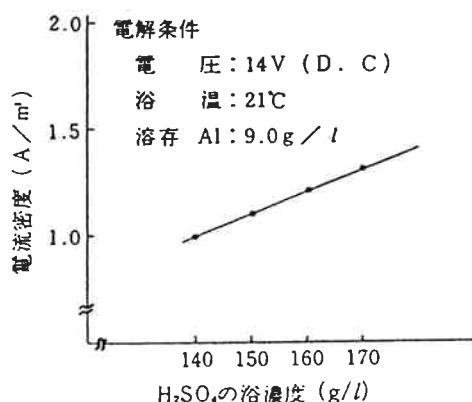
浴温と電圧の変化による電流密度

電解条件 硫酸 : 20%

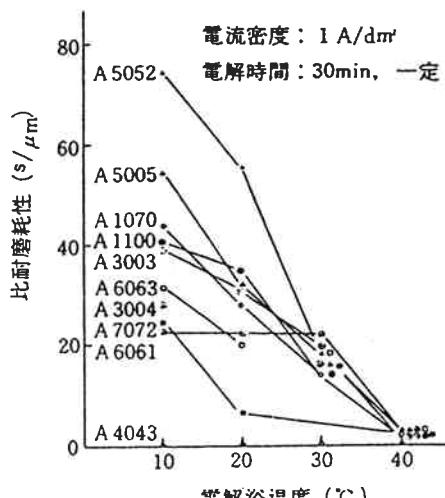
電解時間 : 40min (D. C.)

ワンポイントレッスン

硫酸にしゅう酸を添加した浴は、硫酸単独浴に比較して多少電解浴温度の皮膜性能への影響が少ない。



浴濃度と電流密度の関係



電解条件別比耐食性
(アルカリ滴下試験の場合)

4. 2. 3. 3 電解方法

目的

処理する製品の使用目的、使用環境に適した皮膜性能を確保した上で、皮膜の生成効率も高い電解作業条件が選択される。設定された電解条件が出来るだけ有効に生かされるため現場的な諸問題について検討する。

作業条件（影響要因）

電解作業上の注意

- 1) 異なるアルミニウム合金は同時電解をしないこと。合金成分の違いによって、処理品個々の電流密度が違うため、皮膜厚さが不均一になるためである。
- 2) 同時に処理する処理品の大きさや、形状は余り違わない物を選ぶこと。処理品個々に流れる電流量の偏りにより、処理品相互の皮膜厚さが不均一になるだけでなく、処理品内の場所による皮膜厚の不均一を起こしやすい為である。
- 3) 電解中停電その他の理由で電解が中断された場合は、原則として脱膜後、再電解する事。中断後、継続電解した場合、皮膜が二重構造になり、剥離を起こしやすいためである。
- 4) 陽極酸化電解では、処理品を電解液に浸せき後、30秒程度時間をおいて通電を開始すること。設定した電流値に60秒程度掛けて達するように緩やかに電圧を上げる事。
- 5) 電解が終了し、電源を切った後は、出来るだけ速やかに水洗槽に移動させること。
- 6) 電解後の水洗は2段以上行うこと。1段ごとに水洗水への電解液の持ち込みが少なく抑えられて水洗水の水質が良くなり、後工程の品質が維持しやすいためである。

管理点

処理工程に於ける電解槽の組込まれた位置によって作業の詳細が異なり、全自動ラインでは全ての条件が計画時に組込まれていている場合が多いが、半自動或いは、手作業の場合、状況に応じて適切な処置が必要である。

ワンポイントレッスン

皮膜と浴性質に及ぼす操作条件の影響（硫酸法）

| 操作条件の変化 | 皮膜厚さの限界 | 硬さ | 接着と吸着力 | 耐食性 | Alの溶解性 | 多孔性 | 電圧 |
|---------------|---------|----|--------|-----|--------|-----|----|
| 温度上昇 | ↖ | ↖ | ↗ | → | ↗ | ↗ | ↖ |
| 電流密度増加 | ↗ | ↗ | ↘ | → | ↘ | ↘ | ↗ |
| 時間の減少 | ↖ | ↗ | ↘ | ↘ | ↘ | ↗ | ↗ |
| 濃度低下 | ↗ | ↗ | ↘ | → | ↘ | ↘ | ↗ |
| A.Cの使用 | ↖ | ↘ | ↗ | ↘ | ↗ | ↗ | ↖ |
| 合金構成の均質性の増加 | ↗ | ↗ | ↘ | ↘ | ↘ | ↘ | ↗ |
| 侵食性の少ない電解質の使用 | ↗ | ↗ | ↘ | → | ↗ | ↘ | ↗ |

(注) ↗ = 増加 ↖ = 減少 → = 最高を通過

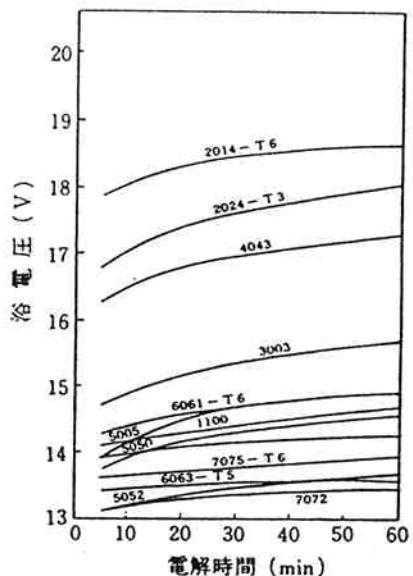
4. 2. 3. 4 アルミニウム合金の陽極処理性

目的

実用されているアルミニウム合金には機械的性質を強化するため色々な金属が合金成分として添加されている。代表的な合金成分の陽極酸化に於ける挙動を検討する。

作業条件（影響要因）

各種アルミニウム合金の浴電圧



各種アルミニウム合金の電解時間と浴電圧の関係

15% H₂SO₄, 25°C, 1.2A/dm²

理由・背景（データ・グラフ）

代表的アルミニウム合金の陽極処理性 (JIS H 8601)

| 合金番号 (展伸材) | 陽極処理の目的 | | | | 合金番号 (鋳造材) | 陽極処理の目的 | | | |
|---------------|---------|----|----|-----|---------------|---------|----|----|-----|
| | 防食 | 染色 | 光輝 | 耐腐耗 | | 防食 | 染色 | 光輝 | 耐腐耗 |
| 1080 | A | A | A | A | AC1B | C | C | D | C |
| 1070 | A | A | A | A | AC2A | C | D | D | C |
| 1050 | A | A | A | A | AC3A | B | D | D | B |
| 1100 | A | A | A | A | AC4B | C | D | D | C |
| 2011 | C | C | D | C | AC4C | B | D | D | C |
| 2014 | C | C | D | C | AC5A | C | C | D | C |
| 2017 | C | C | D | C | AC7A | A | A | B | A |
| 2024 | C | C | D | C | AC8A | C | D | D | C |
| 3003 | A | B | C | A | AC9A | C | D | D | C |
| 3004 | A | B | C | A | ADC1 | C | D | D | C |
| 4043 | B | B | D | B | ADC3 | B | D | D | B |
| 5005 | A | A | B | A | ADC5 | A | A | B | A |
| 5052 | A | A | B | A | ADC6 | A | B | B | A |
| 5056 | A | A | C | A | ADC10 | C | D | D | C |
| 5083 | A | A | C | A | ADC12 | C | D | D | C |
| 5N01 | A | A | A | A | | | | | |
| 6061 | A | A | C | A | | | | | |
| 6063 | A | A | B | A | | | | | |
| 6N01 | A | A | C | A | | | | | |
| 7075 | B | B | C | B | | | | | |
| 7N01 | B | B | C | B | | | | | |

備考 陽極処理性 A : 優、B : 良、C : 可、D : 困難

管理点

陽極酸化処理の作業工程は、次のいずれかの工程を基準とする。

- 1) 陽極酸化-水洗-乾燥
- 2) 陽極酸化-水洗-封孔-乾燥
- 3) 陽極酸化-水洗-染色-封孔-乾燥
- 4) 陽極酸化-水洗-電解着色-封孔-乾燥

従って、陽極酸化条件の選定はこれらの条件を総合して決定される。

4. 2. 4 硫酸法による皮膜の性能

4. 2. 4. 1 耐食性

目的

陽極酸化皮膜の耐食性は、JIS H 8601ではアルカリ耐食性、(アルカリ滴下試験、起電力式耐アルカリ試験) およびキャス耐食性(キャス試験)が指定されている。なお、海外の規格では中性塩水噴霧試験(JIS Z 2371)を指定している物もある。

作業条件(影響要因)

- 1) アルカリ耐食性試験は10w/v%水酸化ナトリウム溶液に酸化皮膜が何秒間で溶解されるかを測定する試験で、水酸化ナトリウム溶液を5秒間隔で滴下させて測定する滴下試験と、電位発生セルに水酸化ナトリウム溶液を入れて皮膜の溶解を電位の発生で検知して測定する試験がある。酸化皮膜の特に弱い性質を試験する物である。皮膜の封孔度の良否が結果を大きく左右する。なお、熱水封孔よりNi塗封孔が良い結果が得られる。
- 2) キャス試験はCu塩を含む酢酸酸性の塩水溶液を規定時間噴霧して腐食の発生状態を試験する耐食性試験で、塩水溶液単独の噴霧試験が長時間を要するのに対し短時間で結果が得られる利点がある。

理由・背景(データ・グラフ)

- 1) アルカリ耐食性試験は、湯沸かし、なべ等の加熱容器類や日用品類の耐食性試験に適している。
- 2) キャス耐食性試験は、建築部材、車両外装、船舶用品や装飾品、反射板、家電部品類の耐食性試験に適している。

管理点

アルカリ耐食性にあるA種、B種の区分は、特性の違いによるものである。
キャス試験の判定はRNで行うが、腐食斑点の発生形態によって、皮膜性状が大いに異なる事が判断される。(レイティングナンバ標準図参照)

アルカリ滴下試験判定法

| 等級 | アルカリ滴下試験 又は 起電力式耐アルカリ試験 | |
|-------|-------------------------------|---------------------|
| | A種 ⁽²⁾ S | B種 ⁽²⁾ S |
| AAA3 | — | — |
| AAA5 | — | — |
| AAA6 | 30以上 | 90以上 |
| AAA10 | 50以上 | 150以上 |
| AAA15 | 75以上 | 225以上 |
| AAA20 | 100以上 | 300以上 |
| AAA25 | 125以上 | 375以上 |

キャス試験 RN標準図

| 等級 | キャス試験 | |
|-------|--------|--------------|
| | 試験時間 h | レイティングナンバ RN |
| AAA3 | — | — |
| AAA5 | — | — |
| AAA6 | 8 | 9以上 |
| AAA10 | 16 | |
| AAA15 | 32 | |
| AAA20 | 56 | |
| AAA25 | 72 | |

4. 2. 4. 2 耐摩耗性、その他の特性

目的

陽極酸化皮膜は素材に比べて著しく硬い皮膜となり、その結果耐摩耗性も良くなつて、用途が拡大する。

耐摩耗性、その他の特徴

色々な摩耗形態があるが、陽極酸化皮膜には、1) 摩耗性物質の衝突による摩耗を試験する砂落し摩耗試験、および、2) 噴射摩耗試験、摺動摩耗に対する特性を試験する、3) 往復運動平面摩耗試験がJISでは規定されているが、海外の規格ではテーパ摩耗試験（平板回転摩耗試験）が規定されている物がある。

その他の品質特性として次の試験方法と記号がJISでは定められている。

| 品質項目 | 試験方法 | 記号 |
|-------------|--------------------|-----------------|
| 耐食性 | アルカリ滴下試験 | K _S |
| | 起電力式アルカリ試験 | K _C |
| | キャス試験 | L _C |
| | 酢酸酸性塩水噴霧試験 | L _A |
| | 中性塩水噴霧試験 | L _N |
| 耐摩耗性 | 砂落し摩耗試験 | WR _F |
| | 噴射摩耗試験 | W _J |
| | 往復運動平面摩耗試験 | WR _W |
| 封孔度 | りん酸一クロム酸水溶液浸せき試験 | S _P |
| | 染料吸着試験 | S _D |
| | アドミッタンス測定試験 | S _A |
| 変形による耐ひび割れ性 | 変形によるひび割れに対する抵抗性試験 | A _R |
| 色の促進耐光性 | 光堅牢度試験 | F _W |
| | 紫外線堅牢度試験 | F _U |
| 鏡面光沢度 | 鏡面光沢度試験 | G _R |
| 写像性 | 視感測定法 | C _V |
| | 機器測定法 | C _I |
| 絶縁耐力 | 絶縁耐力試験 | I _C |
| 連続性 | 連続性試験 | C _S |
| 皮膜質量 | 皮膜の単位面積当たりの質量測定試験 | ρ_A |

管理点

陽極酸化皮膜には沢山の品質特性があり、それらの全てを最良な状態にすることは困難で、使用環境に見合った品質項目に対する処理条件を設定することが必要である。

受渡し当事者間に特別な協定が無い場合は使用環境別試験項目に基づく試験を行う。

ワンポイントレッスン

陽極酸化皮膜の構造は多孔質層なので、摺動摩耗や、転がり摩耗を受ける部分に使われる場合が多い。

4. 3 しゅう酸法

4. 3. 1 しゅう酸皮膜

4. 3. 1. 1 しゅう酸皮膜の特徴・電解条件

目的 -

しゅう酸法は、我が国で広く工業化された方法であるが、現在は特定の用途に限られている。それは、しゅう酸が高価であること、直流で電解処理を行うとピッティングが起きやすく、交直重疊電解で処理する必要があること、処理に要する電力費が高いこと、皮膜が黄色に着色すること、従って処理費が高くなること等によるものと思われる。しかし硫酸皮膜より硬い皮膜で、耐食性、耐摩耗性が優れている、黄色の発色が重厚である等の点で特定の用途に使われている。

特徴

しゅう酸皮膜は黄色に着色し、その色は皮膜厚さにほぼ比例して濃くなる。これは電解液の影響を受けた皮膜自身の発色で、非常に耐光性が優れている。

しゅう酸浴による陽極酸化は、直流で行うと電解中にピッティングを起こしやすく、交流を重疊させることで防止している。交流成分を増やす程着色は濃くなり、耐食性は向上する。しゅう酸浴による陽極処理は、ドイツではEloxal法として、直流法、交流法、交直重疊法が行われている。

4. 3. 1. 2 電解浴組成と電解条件

目的

しゅう酸浴による陽極酸化処理は硫酸浴の場合と異なり、使用可能な濃度範囲は狭く、溶存アルミニウムの管理範囲も狭い。しかし電解浴温度は少し高く設定されている。

作業条件（影響要因）

代表的な電解浴組成及び処理条件を表に示す。

代表的なしゅう酸電解浴組成及び処理条件

| 電解浴組成 | 処理条件 | |
|----------------------|----------|--------------------------------------|
| | 浴温度 | 電流密度 |
| 遊離しゅう酸 ¹⁾ | 30±1g/l | 交直重疊法 |
| 溶存アルミニウム | 20g/l以下 | 交流 ²⁾ 100A/m ² |
| 塩素イオン (NaClとして) | 0.1g/l以下 | 直流 100A/m ² |

¹⁾しゅう酸は無水物とする。

²⁾交流の電流密度は、実効値とする。

理由・背景（データ・グラフ）

電解液濃度は遊離しゅう酸濃度で管理する。補給に使うしゅう酸は2水塩の形が普通なので注意すること。（しゅう酸2水塩／しゅう酸=126/90=1.4を使用する）

管理点

電解液のしゅう酸は、電解により消費されると同時にアルミニウムが溶出し遊離しゅう酸の濃度が低下し溶存アルミニウムが増加する。しゅう酸の消費量は0.13~0.14g/A·h、またアルミニウムの溶出は、0.08~0.09g/A·hで両者がしゅう酸アルミニウムに変化し、酸の消費とアルミニウムの溶出は、通過電気量に大体比例する。

しゅう酸電解浴で塩素イオンの管理は重要で、NaClとして0.1g/l以下に維持する必要がある。塩素イオンが増加すると、ピッティングが生じやすくなるためである。また、少量の硫酸根が電解液に混入すると、交直重疊電解によって灰色に着色する傾向があるので注意が必要である。

ワンポイントレッスン

電解液に使うしゅう酸は、高純度の工業用（試薬1級相当品）しゅう酸（JIS K 1357）が望ましい。

しゅう酸電解においては、電解液中の塩素イオンは非常に有害で、処理中にピッティングや皮膜焼け等の欠陥を発生させる原因となるので、建浴時から混入防止に注意する。

4. 3. 2 電解設備 :

4. 3. 2. 1 電解槽・整流器

目的

しゅう酸浴用の電解槽と電源機器・関連設備について解説する。

設備設計

電解槽の設計に当たって検討する項目

- 1) 処理対象とする製品
- 2) 処理法使用技術の検討
- 3) 処理対象品の形状、または処理可能寸法
- 4) 処理能力（日間、月間）の検討
- 5) 品質設定

レイアウトの検討

- 1) 処理工程の基本ライン（製品の搬入と搬出）
- 2) 前処理工程の槽配列
- 3) 電解槽の配置
- 4) 後工程の槽配置
- 5) 給水、配水経路と電源の配電経路
- 6) その他

電解槽及び付帯設備

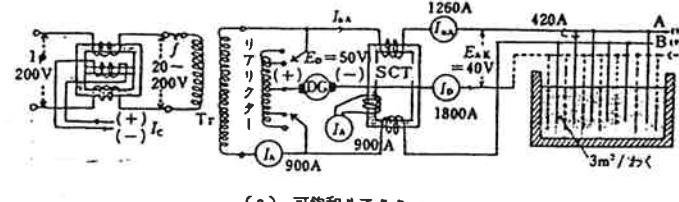
- 1) 処理対象品（面積）に対して充分な液量があり、プラスチック、合成ゴムなど耐食性材料でラミングした鉄またはステンレス等で作られた槽であること。
- 2) 陰極は炭素を用い、有効面積は被処理物の面積の1/2以上必要。
- 3) かくはん装置は、被処理物表面周囲の電解液を十分かつ均一にかき混ぜる事が出来る物。
- 4) 温度制御装置は電解液を設定した温度に対し定めた管理範囲に維持できること。
- 5) 陽極酸化用電源は設定した処理条件と処理量に見合う容量があること。
- 6) 整流器には定電圧、低電流制御機構が装備されていること。

理由・背景（データ・グラフ）

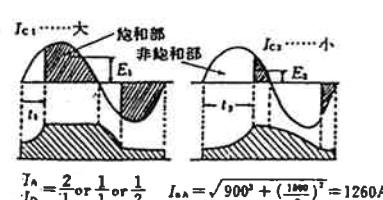
交直重疊電解方式が使われる事が多いので、整流器との関係を重視すること。

交直重疊電解では、交流電圧と直流電圧を一定に制御する事で皮膜のばらつきを抑制する事が出来る。交流電圧の影響が特に大きい。

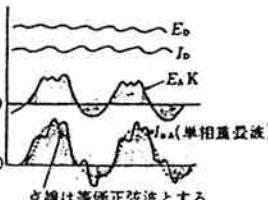
直流電源に交流を重疊させる電解回路図を示す。



(a) 可能和リアクター



(b) ($I_{c1} > I_{c2}, t_1 < t_2, E_1 > E_2$)…電圧調整



WG S, WG X 単相三線式

管理点

生産設備にはある程度故障は避けられない。従って、定期的な保守点検や整備作業を想定した構造やレイアウトにする事。

ワンポイントレッスン

電解液は5%前後のしゅう酸であるから、周辺の槽設備には耐食性材料を使う必要がある。槽内、槽底部に溜まった異物や、泥状物の定期的清掃除去に対する配慮と、陰極、ブスバー等の点検整備に対する配慮は不可欠である。

しゅう酸浴による陽極酸化処理は直流電解と交直重疊電解の2方法が使われている。日本では交直重疊電解が多く使われている。直流電解では電解中にピッティングを起こしやすい点で、敬遠されたためである。直流電解に使われる整流器は硫酸法に使う物と使用電圧が高い点を除き変わらない。

4. 3. 2. 3 電解液温度管理

目的

硫酸浴電解に比べて電解液温度を少し高く設定した条件が使われているが、直流に交流を重畠させた電解であるから使用電力量は多く、従って発熱も多い。温度管理のための冷却能力は使用電力を基に用意する必要がある。

作業条件（影響要因）

冷却方式としては1) 直接膨張一管コイル式、2) 冷水一管コイル式、3) 冷水一液循環式がある。大型設備では3) 冷水一液循環式が多く使われている。

発熱量の計算は、

$$\text{電力消費によるジュール熱 } Q_1 = 0.86 E I \text{ (kcal/h)} \quad E : V, I : A.$$

$$\text{酸化反応熱 } Q_2 = 2.33 I \text{ (kcal/h)} \quad I : A.$$

$$\text{所要発熱量概算 } Q = 1.1 (Q_1 + Q_2)$$

但し Q_1 及び Q_2 には直流分だけでなく、交流分も加算すること。

電解液の冷却器（熱交換器）

現在はプレート式熱交換器が主に使われている。熱交換器の伝熱面積の計算は、
熱貫流率 (K) = 1,300~1,500 (kcal/m²Ch) を使用する。

電解液の循環量

液循環量 = 総発熱量 / 温度管理範囲・比熱・比重…で計算する。

液の循環量は通常、電解槽1槽分の液が2~2.5回/時程度に設定する。

管理点

しゅう酸浴の場合設定温度が硫酸浴より高いため、電解開始時の温度調整のための加温設備も配置すること。

冷凍機及び熱交換器は電解槽の近くに設置し、液の循環配管を短くするよう配慮する。

4. 3. 2. 4 電解液かくはん

目的

陽極酸化電解は強い発熱を伴うため、その熱を直ちに分散させ、被処理物の局部的な高温化を防ぐために行う作業である。交直重畠電解では、電解電力量が高いため、液かくはんの不足による製品表面温度の不均一を起こさないよう管理する。

作業条件（影響要因）

液かくはんは温度管理のために行う液循環によるかくはんと、空気かくはんを併用する場合が多い。液循環は、電解液を電解槽表面からオーバーフローさせて冷却用循環配管に導き、熱交換器により冷却された電解液を槽の底部から戻す対流式が多く取られている。槽底部の戻り配管の液分配に色々な配慮がされている。

空気かくはんは一番多く使われるかくはん方式で、空気量と吹き出しノズルの配置と数によって効果が分かれる。基準となる空気量は、 $0.2\sim0.3\text{m}^3/\text{m}^2/\text{min}$ とされている。(但し m^2 は電解槽の開口面積) 空気圧は電解液の比重 (g/cm^3) に電解液深さ (cm) を掛けた水圧以上の圧力があればよいので低圧のターボプロワーが適している。

ワンポイントアドバイス

しゅう酸皮膜は黄色い発色を伴うため、かくはん不足は、色の不均一な箇所が出来る恐れがある。最新のかくはん方式として、液循環にエジェクター方式を組み込んだ噴射方式や、超音波によるかくはん方式等が注目されている。

管理点

かくはんによる電解液温度の均一化は、皮膜厚さのばらつきを少なくするだけでなく、皮膜性能の確保のため大切である。

かくはんが局部的に強く、振動により電気接点のずれの原因にならないよう、かくはんエアーの製品への当たり方の点検と調整は、製品の形状に合わせて行うこと。

4. 3. 3 電解方法と処理条件

4. 3. 3. 1 直流電解

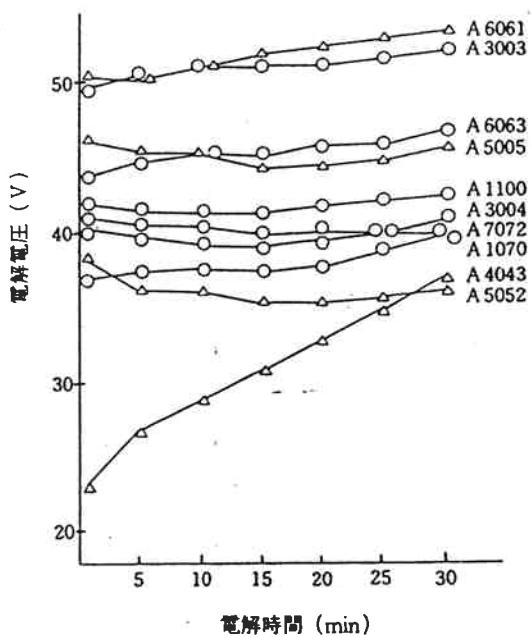
目的

しゅう酸浴の直流による陽極酸化は、電解中にピッティング（孔食）を起こしやすい為一般に使われなくなっているが、耐食性や耐摩耗性が優れているので高度な皮膜性能を必要とする工業製品などに使われる。

作業条件（影響要因）

| しゅう酸浴・直流法処理条件 | |
|---------------|----------------------|
| 項目 | 条件 |
| 遊離しゅう酸 | 30~50 g/l |
| 溶存アルミニウム | 20 g/l 以下 |
| 電解液温度 | 30±2 °C |
| 直流電流密度 | 100 A/m ² |

理由・背景（データ・グラフ）



合金の種類と電解電圧曲線（V-T曲線）

電解液：30 g/l しゅう酸，電解密度：1 A/dm²，電解温度：30±1 °C

管理点

しゅう酸直流電解において、整流波形は電圧-時間（V-T）曲線や皮膜性能に影響を与える。

直流電解における電解電圧は、平滑波<3相全波<3相半波<単相半波の順に高くなる。

皮膜色調（L, a, b）は、電解電圧の高い単相半波皮膜のb値（黄色味）が高く3相半波、3相全波、平滑波の順で低い値となっている。

ワンポイントレッスン

電解液中に溶存アルミニウムが増加すると伝導性が悪くなり、皮膜の着色が白い曇りや青味を帯びてくる。従って通常は5~10 g/lに管理するのが望ましい。

電解液中にCl⁻イオンや重金属イオンが混入すると電解初期段階で孔食が発生し、短時間で貫通孔となることがあり注意が必要である。塩素イオン濃度が20~40 p.p.mを越える用水はイオン交換して使う事が望ましい。

4. 3. 3. 2 交直重畠電解

目的

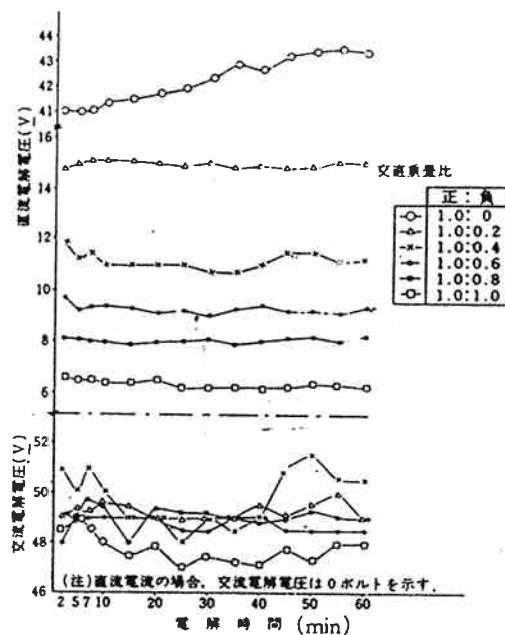
しゅう酸浴の陽極酸化処理は通常交直重畠電解で行われる。直流電解では厚い皮膜が得られるがピッティングが起きやすい、反面交流電解ではピッティングは起きにくいが皮膜を厚くできない。従って両者を組み合わせて品質の良い皮膜を化成する方法である。

作業条件（影響要因）

| 交直重畠電解条件 | |
|----------|--|
| 項 目 | 条 件 |
| 遊離しゅう酸 | 30~50 g/l |
| 溶存アルミニウム | 20 g/l 以下 |
| 浴 温 | 28 ± 2 ℃ |
| 電流密度 | 直流 100 A/m ² 交流 100 A/m ² (実効値) |

理由・背景（データ・グラフ）

交直重畠法による電解条件と皮膜性能の関係を表に示す。



交直重畠電解におけるV-T曲線

しゅう酸 30 g/l, 30℃

交直重畠電解条件と皮膜性能 一しゅう酸 30 g/l, 30℃-

| 電解条件 正負電流密度 (A/dm ²) | 項目 | 顕微鏡実測による 膜厚 (μm) | アルカリ 滴下試験値 (s) | 比耐食性 (s/μm) | 砂落し磨耗 試験値 (s) | 比耐磨耗性 (s/μm) |
|--|-----|------------------------|----------------------|----------------|---------------------|-----------------|
| 正 1.0 | 負 0 | 13.7 | 650~ 645 | 47.5 | 3,000~ 2,970 | 219 |
| 1.0 | 0.2 | 11.8 | 810~ 795 | 68.6 | 1,530~ 1,500 | 129.8 |
| 1.0 | 0.4 | 11.5 | 810~ 805 | 70.5 | 1,440~ 1,410 | 125.2 |
| 1.0 | 0.6 | 10.4 | 890~ 885 | 85.5 | 900~ 870 | 86.5 |
| 1.0 | 0.8 | 9.3 | 1,015~ 1,010 | 109.2 | 780~ 750 | 83.9 |
| 1.0 | 1.0 | 7.9 | 810~ 805 | 102.5 | 540~ 510 | 68.4 |

管理点

直流と交流の重畠比は交流の比率が高い程皮膜硬さと耐摩耗性は低下するが、アルカリ耐食性は向上し、皮膜の黄色い着色は濃色になる。

4. 3. 3. 電解液濃度と電解操作

目的

電解液として使われるしゅう酸の濃度と電解操作について解説する。

作業条件（影響要因）

しゅう酸は硫酸と異なり、溶解度が低く、しかも温度の影響を強く受ける。電解に適した濃度範囲は、電解に必要な電流密度を流すときの電圧が適当な範囲にある条件も考慮して選ばれる。幸い、しゅう酸は硫酸のように酸化皮膜を溶解する性質は強くないので、電解に適した温度範囲は高く設定できる利点がある。

しゅう酸の30℃における溶解度は約12.5%であるが、陽極酸化電解浴としては2~5%の濃度が用いられている。しゅう酸濃度は電解において孔食の発生が起きにくく、処理電圧も余り高くならない値が選ばれている。

理由・背景（データ・グラフ）

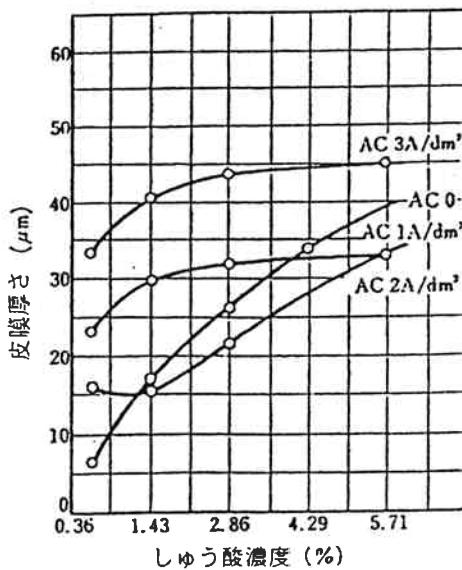
しゅう酸濃度とアルカリ比耐食性の関係を下表に示す。

| | | | | | | |
|--------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| しゅう酸濃度 (%) | 0.5 | 1.0 | 2.0 | 3.0 | 4.0 | 5.0 |
| アルカリ比耐食性 (sec/ μm) | 85 | 74 | — | 40 | — | 40 |

単相半波+単相交流 (DC 1 A/dm²+AC 0.5 A/dm²) 30分電解 (6.5 μm)、30℃
(昭和アルミニウム資料)

管理点

しゅう酸濃度の低い電解液で得られた皮膜の耐食性は、高い濃度での皮膜より良い傾向にあるが、低濃度の電解液では電解電圧が高くなり、塩素イオン等の影響も強く受け、孔食等が起きやすくなる。しゅう酸は電解によって消費されると同時にアルミニウムが溶出し、電解に関与できる遊離したしゅう酸濃度が低下する。従って、しゅう酸濃度は、遊離しゅう酸で管理する。



交直重畠法による皮膜厚さとしゅう酸濃度との関係
60V DC一定とし、ACを重畠、しゅう酸浴

4. 3. 4 しゅう酸皮膜の特性

4. 3. 4. 1 耐食性と耐摩耗性

目的

しゅう酸皮膜は電解方法により皮膜性能が大きく異なる。

作業条件（影響要因）

直流電解のしゅう酸皮膜は、皮膜硬さや耐摩耗性が優れている、反面、耐食性はやや劣る。また、交直重疊皮膜は交流の重疊比が高いほど耐食性は良くなるが、耐摩耗性は低下する傾向がある。

理由・背景（データ・グラフ）

交直重疊電解条件と皮膜性能

しゅう酸 30 g/l, 30°C, 60 分電解 (A1100)

| 電解条件 正 A/dm ² | 負 A/dm ² | 皮膜厚さ μm | アルカリ比耐食性 | | 砂落し耐摩耗性 sec/μm |
|-----------------------------|---------------------|------------|----------|--------|-------------------|
| | | | sec/μm | sec/μm | |
| 1.0 | 0 | 13.7 | 47.5 | 219 | |
| 1.0 | 0.2 | 11.8 | 68.6 | 129.8 | |
| 1.0 | 0.4 | 11.5 | 70.5 | 125.2 | |
| 1.0 | 0.6 | 10.4 | 85.5 | 86.5 | |
| 1.0 | 0.8 | 9.3 | 109.2 | 83.9 | |
| 1.0 | 1.0 | 7.9 | 102.5 | 68.4 | |

(昭和アルミニウム資料)

管理点

しゅう酸皮膜の物理的性質 (3% しゅう酸, 30°C)

| 波形 | 浴電圧(V) | | Coating Ratio ^{*1} | 皮膜厚さ ^{*2} (μm) | 皮膜密度 (g/cm ³) | 皮膜耐摩耗性 ^{*4} (sec) | 硬度、マイクロビッカース | 皮膜の外観 |
|------------------------------|--------|------|-----------------------------|----------------------------|------------------------------|-------------------------------|--------------|-------|
| | 直流 | 交流 | | | | | | |
| 平滑直流 | 42.0 | 44.0 | 1.27 | 8.5 | 2.6 | 1330 | 76 | 無色透明 |
| 単相半波 | 42.0 | 45.0 | 1.35 | 7.5 | 3.2 | 865 | 112 | 淡黄色透明 |
| 三相断続 | 42.0 | 45.0 | 1.29 | 7.0 | 2.7 | 980 | 81 | ク |
| 単相不完全整流 2:1 ^{*3} | 12.5 | 34.0 | 1.22 | 6.5 | 2.3 | 390 | 40 | ク |
| △ 3:1 | 14.0 | 34.0 | 1.20 | 6.5 | 2.5 | 435 | 48 | ク |
| △ 4:1 | 14.5 | 36.0 | 1.23 | 7.0 | 2.5 | 580 | 49 | ク |
| 三相不完全整流 2:1 | 18.0 | 33.0 | 1.20 | 5.0 | 2.8 | 225 | 49 | ク |
| △ 3:1 | 23.0 | 35.0 | 1.21 | 5.5 | 2.8 | 580 | 46 | ク |
| △ 4:1 | 24.0 | 36.0 | 1.23 | 6.5 | 2.6 | 695 | 46 | ク |
| 交直重疊 | 24.0 | 25.0 | 1.25 | 7.0 | 3.0 | 670 | 79 | 淡黄色 |
| 純交流 | 4.0 | 40.0 | 1.14 | 4.5 | 2.9 | 205 | 48 | 黄金色 |

*1 C. R = 皮膜重量 / 金属損失

*2 皮膜厚さ = 化成条件は $D_A = 1.0 \text{ A/dm}^2$ で 30 min

*3 正負電流比は 2 : 1

*4 J I S H 8601 砂落し摩耗性試験による

4. 3. 4. 2 その他の特性

目的

しゅう酸皮膜は硫酸皮膜よりも耐食性や耐摩耗性が優れているが、その他に皮膜が黄色く着色するのも大きな特徴である。

作業条件（影響要因）

しゅう酸浴での陽極酸化は直流電解では孔食が起きやすく、普通は交直重疊電解が使われる。直流と交流の重疊比で交流分が高くなると、黄色い着色も濃くなる傾向にある。

理由・背景（データ・グラフ）

交直重疊電解の皮膜色調

しゅう酸 30 g/l, 30°C, 60 分電解 (A1100)

| 電解条件 | | 皮膜の色（肉眼観察） | |
|----------------------------|--------------------------|------------|----|
| 正 1.0 (A/dm ²) | 負 0 (A/dm ²) | 減少 | 減少 |
| 1.0 | 0.2 | | |
| 1.0 | 0.4 | | |
| 1.0 | 0.6 | 黄味 | 赤味 |
| 1.0 | 0.8 | | |
| 1.0 | 1.0 | 増加 | 増加 |

(昭和アルミニウム資料)

管理点

電解液の溶存アルミニウムが増加すると、皮膜の着色に白い曇りや青味を帯びて、不均一で不自然な光沢を持つようになる。

ワンポイントレッスン

しゅう酸浴電解法による純アルミニウムの陽極酸化皮膜の色調の変化

| 電解処理法の種類 | 電源の種類 | 電流密度 (A/dm ²) | 電解電圧 (V) | 浴温 (°C) | 電解時間 (min) | 色調 |
|----------|---------------|---------------------------|----------------|---------|------------|-----|
| GX | DC | 1~2 | 40~60 | 18~20 | 40~60 | 淡黄色 |
| GXh | DC | 1~2 | 40~60 | 35 | 20~30 | 無色 |
| WX | AC | 2~3 | 20~60 | 25~35 | 40~60 | 黄金色 |
| WGX | AC DC 交直重疊 | 1~2 2~3 | 40~60 30~60 | 20~30 | 15~20 | 黄金色 |

G : 直流, X : しゅう酸, W : 交流, h : 透明な

4. 4 硬質陽極酸化法
4. 4. 1 硬質陽極酸化皮膜
4. 4. 1. 1 硬質皮膜の特徴

目的

陽極酸化皮膜のうち、皮膜硬さおよび耐摩耗性に優れた皮膜は、特に硬質（陽極酸化）皮膜、或いは硬質アルマイドと呼ばれて工業用機器のアルミニウム部品の運動部や流体との接触面など特に表面硬さや耐摩耗性を必要とする部分に多く使われている。

作業条件（影響要因）

硬質皮膜には多くの優れた品質性能があるが、特に重要な品質性能は、皮膜厚さ、皮膜硬さ、と耐摩耗性である。その他の品質としては、単位面積当たりの皮膜質量、耐食性と絶縁耐力等があるが、その他に受渡し当事者間の協定による項目がある。

理由・背景（データ・グラフ）

陽極酸化皮膜はアルミニウム合金自身が電気化学的に酸化されて酸化皮膜となるため素地材料の影響を受けて皮膜性能が変化する。

各種材料と硬質皮膜の耐摩耗性の比較

（平板回転摩耗試験機（C S - 17. 1000 g 荷重）を使用し試験片が
20,000 回転で摩耗した重量を示す）

| 試験片 | 摩耗量 (mg) |
|----------------------|----------|
| 硬質陽極酸化皮膜 (M. H. C 法) | 12.3 |
| 硬質クロムめっき (HV945) | 45.6 |
| 硬質クロムめっき (HV1003) | 29.1 |
| SK4 繩 (焼き入れ) | 18.6 |
| A5052 (無処理) | 388.6 |
| A1100 (無処理) | 540.8 |

管理点

皮膜厚さは特に指定のない場合、通常 $50 \mu\text{m}$ とされている。

ワンポイントアドバイス

硬質陽極酸化皮膜の硬さは、硬質クロムめっき皮膜の $1/2$ 以下である。しかし耐摩耗性、特に摺動摩耗に対する性質は遜色がない点が最大の特長である。

4. 4. 1. 2 電解浴組成と電解条件

目的

硬質陽極酸化皮膜処理の方法と条件について検討する。
厚くて、硬い酸化皮膜を効率よく生成させる条件が選ばれている。

作業条件（影響要因）

「主として低温で陽極酸化処理して生成した硬質の皮膜」とJISでは定義している通り、電解液を低温にすることで、高電流密度の電解を可能にすると共に、皮膜溶解を少なく抑えることで、皮膜の生成を速く行うのが基本的な処理方法である。

電解液としては、硫酸、しゅう酸、その他の有機酸が、単独または組み合わされている。

データ

一般的硬質皮膜の処理条件例

| 処理法 | 電解液主成分 | 電源・電圧 V | 電流密度 A/dm ² | 浴温度 ℃ | 備考 |
|-----------------|-------------------|------------------|---------------------------|----------|------------|
| 硫酸浴法 | 硫酸 18% | DC ~60 | 3.5 | 0 | 標準 |
| 硫酸・しゅう酸 添加浴法 | 硫酸 15% しゅう酸 1% | DC ~60 | 1.5~3.5 | 0~10 | |
| 硫酸浴 交直重疊法 | 硫酸 ~25% | DC ~80 AC ~60 | 2~4 1~3 | 0~5 | 2000 系等 |
| しゅう酸浴 交直重疊法 | しゅう酸 5~10% | DC ~60 AC ~60 | 2~3 1~2 | 15~20 | |

管理点

皮膜厚さが厚く、硬い緻密な皮膜を生成するためには、電解中に皮膜の溶解を抑制しながら、陽極酸化電解を進めるため電圧を少しづつ上昇させなければならない。

電流密度の制御機能を充分に活用して処理を行う。

処理浴によっては、アルミニウム合金の処理に適さない場合がある点に注意する事。

ワンポイントアドバイス

ここで示した処理法では、硫酸浴法、および硫酸しゅう酸添加浴法などのアルミニウム合金にも安定した処理が可能である。

4. 4. 2 電解設備

4. 4. 2. 1 電解槽

目的

硬質皮膜処理用の電解槽について解説する。

作業条件（影響要因）

基本的な設備は、硫酸浴法の条件と比較して電解液の使用温度範囲が低いこと、使用電力が高いこと等が異なるので、電解による高い発熱に対応する冷却能力が必要である。また、電解液の冷却用循環による均一化だけでなく、液温度を迅速に拡散均一化させるためのかくはん設備も必要である。

理由・背景（データ・グラフ）

- 1) 処理対象品（面積）に対して充分な液量（通常 $2 \sim 3 \text{ m}^2/\text{m}^3$ ）があり、プラスチック、合成ゴム等、耐食性材料でライニングした鉄またはステンレスで作られた槽であること。
 - 2) 陰極は A l、P b、炭素等を用い、有効面積は被処理物の $1/2$ 以上必要。
 - 3) かくはん装置は、被処理物表面近傍の電解液を十分かつ均一にかき混ぜる事が出来ること。
 - 4) 温度制御装置は電解液を設定した温度に対し、定めた管理範囲内に維持できること。
 - 5) 陽極酸化用電源は設定した処理条件と、処理量に見合う容量の物であること。
- 整流器には定電圧、定電流制御機能の付いた物が、品質管理上望ましい。

管理点

生産設備にはある程度故障は避けられない。従って、定期的な保守点検や、整備作業を想定した構造や、レイアウトにする事。

ワンポイントアドバイス

電解液は 20% 程度の硫酸であるから、周辺の槽設備に耐食性材料を使う必要がある。
槽内、槽底部に溜まった異物や、泥状物等の定期的清掃除去に対する配慮と、陰極、ブスバー等電気接点の整備に対する配慮は不可欠である。

具体例

各制御方式の利点と欠点

| 回路方式 | 結線方式 | 適用容量 | 電圧電流調整 | 調整精度 | 自動制御 | 効率 | 寿命 | 価格(1W/円) | サンブル | 備考 |
|----------------------|------|----------|-----------|--------------|------------|----|---------------------------|----------|-------------------|--|
| 変圧器タップ切換法 (ノッチ切換) | | 小 中 | 段階 不連続 | — | 不可 手動 | 高 | 有 (接点) | 安 | 良 | 小出力に 用いられる |
| ブースタトランステップ切換法 | | 中 | 段階 不連続 | — | 不可 手動 | 高 | 有 (接点) | 安 | 良 | 上の変形 回路で採用 は用い ない |
| 摺動変圧器法 (スライグック) | | 小 | 連続 | ±3% (±1%) | 可 (±1%) | 高 | 有 (接点) | 安 | 良 | 小出力の 実験に良 く用いら れる |
| 誘導電圧調整器法 (I V R) | | 大 高圧可 | 連続 | ±3% | 可 (±1%) | 中 | 10~20年 (モーター) (保守要) | 中 | 良 | 高圧・大 容量可変 に用いら れる |
| 可飽和リアクトル法 | | 中 | 連続 | ±1% | 可 | 中 | 10~20年 (静止形) | 高 | 悪い | 重量・コ スト面か らあまり 用いら れない |
| サイリスタ制御法 | | 大 中 | 連続 | ±1% | 可 | 中 | 20~30年 (静止形) | 中 | 悪い (タイム 取扱) | 広範囲に 小中容量 から大容 量まで多 く用いら れる |

4. 4. 2. 2 整流器

目的

硬質陽極酸化に使用する整流器は、普通皮膜用に比べて出力電圧が高く、電流量も大きい物が使われる。

作業条件（影響要因）

通常、 $50\mu\text{m}$ の硬質処理に必要な電解電圧は80V程度で十分であるが、高い電圧を必要とする合金の処理を考える場合は出力100V以上の用意が必要になる。

電流容量は $(350\text{A}/\text{m}^2) \times \text{処理面積}\text{m}^2$ で概算する。

管理点

現在工場で使用されている直流電源は、SCR（サイリスタ）方式整流器が大部分を占めており、SCR方式整流器の特長を理解する事が必要である。

SCR方式の長所

- 1) 制御機構は動く部分が無く、固定状態である。
- 2) 全電圧範囲で応答速度が速い。
- 3) 定電圧、定電流等の自動制御が容易に出来る。

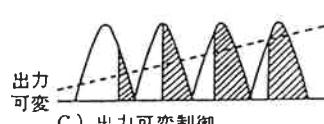
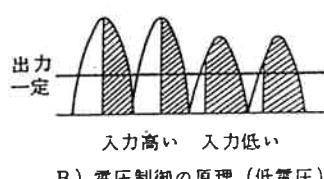
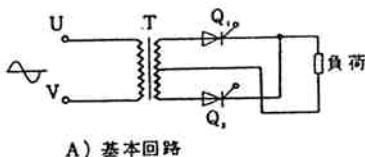
SCR方式の短所

- 1) 直流波形が変化しやすい。（出力電圧が低い時、波形が著しく変化し脈動が増加する。）
- 2) 高調波が交流入力側にフィードバックされる恐れがある。

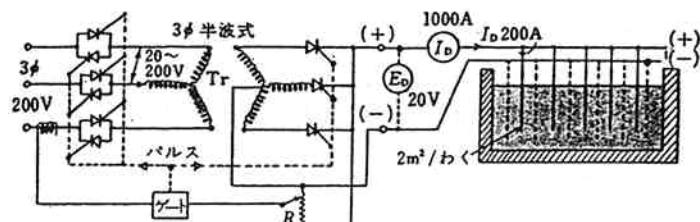
ワンポイントレッスン

SCR方式の整流器は、硬質電解開始直後の低電圧時の直流波形の脈動率は高い事を念頭に入れておく必要がある。もし高い脈動率での処理を避ける必要がある場合は、電圧調整方式を組み込んだシリコン整流器等を採用する必要がある。

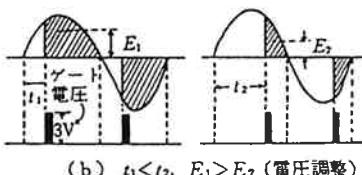
具体例



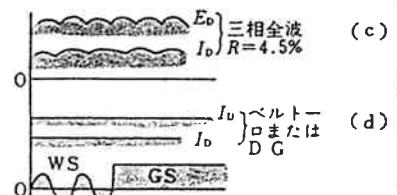
サイリスタ制御整流器の原理



(a) SCR (AC側逆並列, DC側波形不良)



(b) $t_1 < t_2$, $E_1 > E_2$ (電圧調整)



直流硫酸法・直流二線式

4. 4. 2. 3 電解液温度管理

目的

硬質陽極酸化処理は、強い発熱があるため、電解液温度を一定範囲に保つため冷却設備が必要である。

冷却方式としては1) 直接膨張一管コイル式、2) 冷水一管コイル式、3) 冷水一液循環式がある。大型設備では3) 冷水一液循環式が多く使われている。

作業条件（影響要因）

冷却設備の容量を決定するための発熱量の概算は次の様にして行う。

発熱量の計算

a) 電力消費によるジュール熱

$$Q_1 = 0.86 E I \text{ (kcal/h)} \quad E : V, \quad I : A.$$

b) 酸化反応熱

$$Q_2 = 2.33 I \text{ (kcal/h)} \quad I : A.$$

c) その他の吸熱量または放熱量

Q₃ ; 外気よりの吸熱量

Q₄ ; ポンプ動力による吸熱量

Q₅ ; 被処理物との1時間当たり授受熱量（正または負）

d) 「所要発熱量」

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 \text{ (kcal/h)}$$

$$\approx 1.1 (Q_1 + Q_2)$$

冷凍機の冷却能力は所要発熱量に対して多少の余力を考える事。

電解液の冷却器（熱交換器）

現在はプレート式熱交換器が主に使われている。熱交換器の電熱面積の計算は、

熱貫流値 (K) = 1,300~1500 kcal/m² °C h を使用する。

電熱面積 (A) = 冷却負荷 (QR) / 対数平均温度差 (MTD) · 热貫流値 (K)

電解液の循環量

液循環量 = 総発熱量 / 温度管理範囲・比熱・比重で計算する。

なお、硫酸電解液の比熱は 0.845、比重は 1.127 が使われている。

一般に、電解液の循環量は、電解槽 1 槽に付き 2.0~2.5 回 / 時程度に設定されている。

管理点

温度管理範囲は硬質処理の場合、設定温度に対して ± 1~2 が多く使われている。

冷凍機および熱交換器は電解槽の近くに設置し、液の循環配管は短くするように配置する。

4. 4. 2. 4 電解液かくはん

目的

陽極酸化電解は強い発熱を伴うため、その熱を直ちに分散させ、被処理物の局部的な高温化を防ぐために行う作業である。電流密度は普通皮膜の処理時の3倍程度が標準になるので効率よく行う必要がある。

作業条件（影響要因）

液かくはんは、温度管理のために行う液循環によるかくはんと、空気かくはんを併用する場合が多い。

液循環は、電解液を電解槽表層からオーバーフローさせて冷却用循環配管に導き、熱交換器により冷却された電解液を槽の底部から戻す対流式が多く取られている。槽底部の戻り配管の液分配に色々な配慮がされている。液の循環量は、槽全体液量の2.5~3.0回/hが適している。

空気かくはんは一番多く使われるかくはん方式で、空気と吹き出しノズルの配置と数によって効果が違ってくる。基準となる空気量は、 $0.3\sim0.6\text{m}^3/\text{m}^2/\text{min}$ である。（ただし m^2 は電解槽の開口面積）空気圧は電解液の比重(g/cm^3)に電解液深さ(cm)を掛けた水圧以上の圧力があればよいので、液の深さ1mに対し15~50kPaと考えればよい。従って低圧のターボブロワーが適している。

理由・背景（データ・グラフ）

槽内のかくはん用空気配管は、圧力や空気量の不足や、パイプの僅かな平面度のくるいや空気孔の変化で空気の出かたが不均一になりやすいので施工には注意が必要である。

空気孔の直径は通常1~2.5mm、間隔は50~150mmが普通である。入り口1個から噴出する空気孔の総面積がパイプ内径の断面積の約2/3になるように孔径と間隔（数）を選ぶこと。空気孔は下向きにすると、液全体を激しくまた幅広くかくはん出来る効果があるが、空気孔のつまりを起こしやすいので注意が必要である。

管理点

かくはんによる液温度の均一化は、皮膜厚さのばらつきを少なくするだけでなく、皮膜性能の均一性確保の為に大切である。

かくはんが局部的に強く当たり、製品の揺れが大きいと電気接点のずれの原因とならぬよう、かくはん工アーの製品への当たり方の点検と整備は、製品の形状に合わせて行うこと。

ワンポイントアドバイス

最近のかくはん方式として、液循環にエジェクターを組んだ噴射方式や、超音波によるかくはん方式が注目されている。

4. 4. 3 処理条件と電解方法

4. 4. 3. 1 硫酸法

目的

一番標準的で、各種合金に対して平均に硬質処理が行える処理方法である。普通皮膜の処理条件に対して、液温度を低く下げて、電解時の電流密度を高くして行う。

作業条件（影響要因）

電解浴温度を下げるこことによって皮膜の溶解度を下げると共に、高い電流密度での電解を可能にして、厚くて硬い皮膜を効率よく生成させる方法である。硫酸濃度は20%前後が一般に使われる。

処理条件の例を示す。（J I S H 8 6 0 3 付属書1による）

| | |
|------------|----------------------------|
| 遊離硫酸 | 180±2 g/l |
| 溶存アルミニウム濃度 | 1~5 g/l |
| 浴温 | 0±0.5°C |
| 電流密度 | 3.5±0.35 A/dm ² |
| 浴かくはん | 圧縮空気および／または液循環 |
| 皮膜厚さ | 50±5 μm |

理由・背景（データ・グラフ）

電解浴の温度管理と電流密度の維持管理が重要である。皮膜厚さの増加に伴い定電流密度を維持するため電圧を徐々に上昇させる必要がある。

管理点

処理する合金系によって電圧の上昇傾向が異なるため、同一合金のみで電解を行うのが原則である。また、電圧の上昇に伴い、電解焼けが起きやすくなるので電流値の変化に注意が必要である。

ワンポイントアドバイス

2000系合金の処理は、電圧上昇が速いので特に焼けの発生に注意すること。

6000系合金の中でA6061合金は、電圧上昇が速く焼けが起きやすいので、電流値の変化に注意が必要である。

4. 4. 3. 2 浴濃度と電解操作

目的

硫酸浴の伝導率は、濃度の上昇に従い上昇するが、30wt%を境にして低下する。また、硫酸濃度の上昇に伴い酸化皮膜の溶解速度も増加するので、余り高濃度の硫酸は電解液として適していない。また、低濃度の硫酸は、電解液として使われた例はあるが、皮膜の均一性に問題があり特別な例を考えるべきである。

作業例

遊離硫酸と溶存アルミニウムと電気伝導度の関係

硫酸濃度と皮膜のCoating Ratioの関係

理由・背景（データ・グラフ）

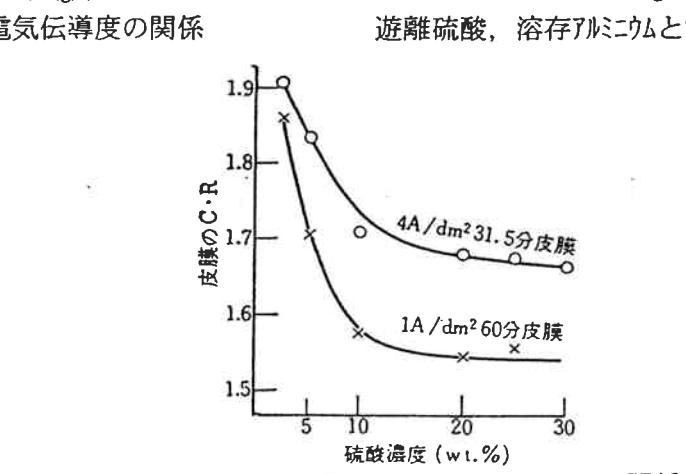
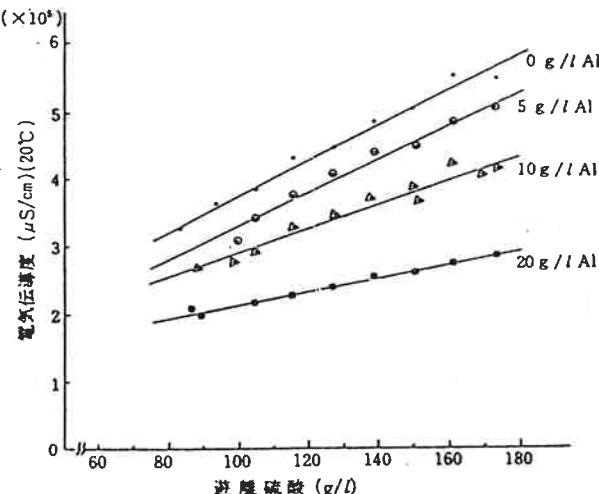
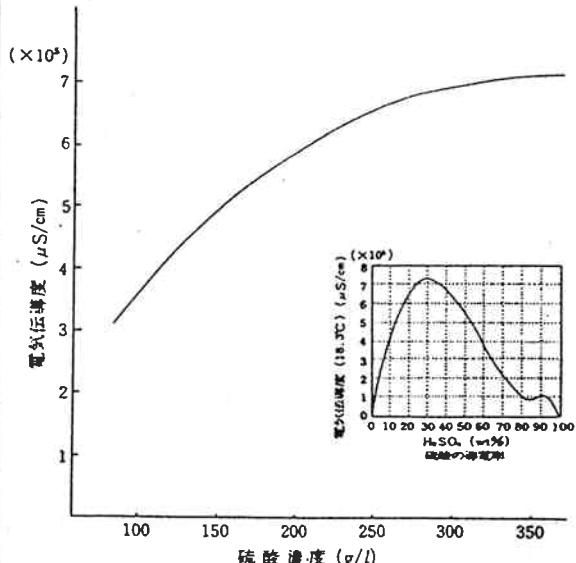
硫酸濃度が5%以下のC.R.は高い値を示しているが、選択的に陽極酸化が起こり、特に素材が合金の場合、斑点またはしみ状を呈して良好な皮膜は得られない。また、低濃度硫酸は、高い電流密度で電解する硬質処理では高い電圧が必要となり、皮膜の均一性にも問題がある。従って、電解浴濃度としては20wt%程度の浴が適している。

管理点

電解によって溶存アルミニウムは増加するので、液管理は遊離硫酸の濃度で行う。

JIS H 8601では溶存アルミニウムは20g/l以下を指定しているが、硬質処理では、10g/l以下で管理するのが望ましい。

ワンポイントアドバイス



4. 4. 3. 3 浴温度と電解操作

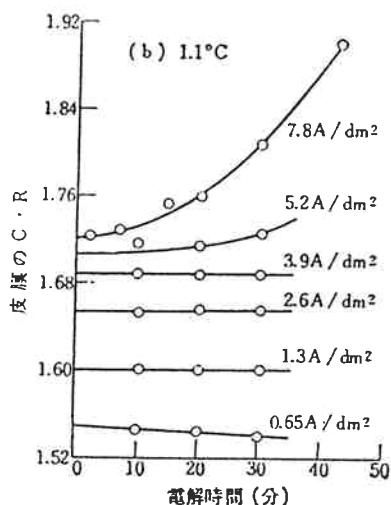
目的

硬質陽極酸化処理の基本的要因は、電解液温度を下げる、高い電流密度での電解を可能にして、硬くて厚い皮膜を効率よく生成させることである。電解液温度の皮膜性能との関係を調べる。

作業条件（影響要因）

電解液温度の皮膜生成率 (Coating Ratio; C. R.) に及ぼす影響

皮膜の溶解が全くない場合 C. R. の理論値は 1.89 であるが、実際には Al_2O_3 以外の物が含まれるので少し高い値になる。



低温電解における皮膜の Coating Ratio
(試料 99.9% Al, 電解浴 15% H_2SO_4)

理由・背景（データ・グラフ）

電解浴温度と化成電圧および皮膜硬さの試験例（試験材 A6061）

| 浴温度 ℃ | 化成電圧 V | 未封孔 | | Ni 塩封孔 | |
|----------|-----------|---------------|-----|---------------|-----|
| | | 皮膜厚さ μ | 硬さ | 皮膜厚さ μ | 硬さ |
| 15 | 24 | 48 | 350 | 47 | 394 |
| 10 | 28 | 54 | 378 | 51 | 402 |
| 5 | 32 | 50 | 401 | 45 | 425 |
| 0 | 36 | 53 | 411 | 53 | 427 |

処理条件 電解 H_2SO_4 175 g/l · 3 A/dm²
Ni 塩封孔 90°C · 20 分

管理点

電解液温度を低くすると、皮膜硬さと耐摩耗性は良くなる。しかし化成電圧は高くなる。

4. 4. 3. 4 アルミニウム合金と皮膜性能

目的

アルミニウムは、使用される目的によって数多くの合金としての種類があり、それぞれ表面処理性に特長がある。硬質陽極酸化に対する性質によってJIS H 8603では5種類に区分している。

作業条件（影響要因）

JIS H 8603 硬質陽極酸化皮膜では、素地材質によって次のように区分している。

| | |
|--------|---|
| 1種 | JIS H 4000, JIS H 4040, JIS H 4080, JIS H 4100 およびJIS H 4140に規定する展伸材のうち2種に属する合金を除く展伸材 |
| 2種-(a) | 2000系展伸材 |
| 2種-(b) | 7000系展伸材およびマグネシウムを2%以上含む5000系展伸材 |
| 3種-(a) | JIS H 5202 およびJIS H 5302に規定する鋳造材のうち、銅2%未満または、けい素8%未満の合金 |
| 3種-(b) | 3種-(a)を除く他の鋳造材 |

ただし、皮膜の種類として合金成分の関係でこの表の適用が好ましくない場合は、受渡し当事者間の協定によって対応する種類を変更しても良い。

理由・背景（データ・グラフ）

アルミニウム合金は、添加されている合金成分の種類と組み合わせで1000系から7000系に整理されており、それぞれ材料の長所を生かした用途に使い分けられている。

1種に指定された合金系は、概ね良好な硬質皮膜の得られる合金である。

2種-(a)に指定された2000系合金は合金成分として含まれる銅が硬質処理を困難にしている。

2種-(b)に指定された7000系合金は亜鉛とマグネシウムを組合せて高い強度を得ている。合金系で、また、5000系合金でマグネシウムを多く含む合金系でいずれも電解中に溶出する性質があり、良好な皮膜の得られない合金である。

3種-(a)に指定された材料は、鋳造材とダイカスト材の中で銅2%未満またはけい素8%未満の比較的表面処理性の良い材料である。

3種-(b)に指定された材料は、合金成分の添加量が多く、表面処理が困難な材料であり皮膜性能については受渡し当事者間で取り決めるように指示されている。

JIS H 8603に示された硬質皮膜の硬さおよび耐摩耗性

| 種類 | 膜硬さ HV | 耐摩耗性試験 *1 | | |
|-------|-----------|-------------------------|-----------------|--------------|
| | | 往復運動 平面摩耗 % *3 | 噴射摩耗 % *3 | 平板回転摩耗 mg |
| 1種 | 400以上 | 80以上 | 80以上 | 15.0以下 |
| 2種(a) | 250以上 | 30以上 | 30以上 | 35.0以下 |
| 2種(b) | 300以上 | 55以上 | 55以上 | 25.0以下 |
| 3種(a) | 250以上 | *2 | *2 | *2 |
| 3種(b) | *2 | *2 | *2 | *2 |

注) *1. 受け渡し当事者間で選択する。 *3. 耐摩耗性基準片に対する比(%)

*2. 受け渡し当事者間の協定による。

4. 4. 4 皮膜特性

4. 4. 4. 1 皮膜硬さ

目的

硬質皮膜の用途から見ると、最も重要な品質特性は耐摩耗性で、その代用特性として硬さが使われる傾向がある。

作業条件（影響要因）

皮膜の硬さは素地が酸化物となって皮膜を形成するため、合金の種類に強く影響を受ける、その影響を少なく抑えるために電解液や処理条件に改良が加えられている。

理由・背景（データ・グラフ）

合金添加成分は、固溶体や金属間化合物の形で分散しており、陽極酸化処理中に電解質によって化学変化を受ける。硫酸によって酸化も溶解もしない物（Si, FeAl₆, MnAl₆）素材と同様に酸化されて皮膜中に残る物（FeAl₃, α-AlFeSi）溶解または皮膜中に残る物（Mg₂Si）優先的に溶解する物（CuAl₃, CrAl₇, β-AlMg）等の挙動を示す。また硫酸や他の有機酸に対してもそれぞれ別の挙動を示す。従って2000系合金（Al-Cu系）5000系合金（Al-Mg系）7000系合金（Al-Mg-Zn系）の展伸材や鋳物材、ダイカスト材は高い硬さが得にくい材料である。（JIS H 8603材料の種類参照）

電解液温度は皮膜硬さに強い影響がある。電解液温は低いほど硬い皮膜が得られるが、電解電圧や電解処理の安定性から0℃前後が実用されている。

電解用温度と電解電圧、皮膜硬さの関係を表に示す。

硬質皮膜の硬さ試験例（試験材 A6061）

| 浴温度 ℃ | 化成電圧 V | 未封孔 | | Ni封孔 | |
|----------|-----------|---------|-------|---------|-------|
| | | 皮膜厚さ μm | 硬さ HV | 皮膜厚さ μm | 硬さ HV |
| 15 | 24 | 48 | 350 | 47 | 394 |
| 10 | 28 | 54 | 378 | 51 | 402 |
| 5 | 32 | 50 | 401 | 45 | 425 |
| 0 | 36 | 53 | 411 | 53 | 427 |

電解条件：H₂SO₄ 175 g/l, 3A/dm², Ni 塩封孔；90℃, 20分

電解液濃度は高い電流密度での電解に適した濃度が必要で、20%前後が一般に実用されている。

管理点

皮膜硬さは皮膜断面の素地側が高く、表面側は低くなる傾向がある。従って皮膜硬さは、皮膜断面の中央部を測定するようにJISは指定している。

4. 4. 4. 2 耐摩耗性

目的

耐摩耗性は硬質皮膜の最も重要な品質であり、耐摩耗性試験には、平板回転摩耗試験（テーパ摩耗試験）、往復運動平面摩耗試験、噴射摩耗試験の3種類がJIS H 8603では指定されている。摩耗を受ける状態は多様であり、使用される環境に適した試験方法を選択する事が望ましい。

作業条件（影響要因）

JIS H 8603に規定された耐摩耗試験3種の平行試験の結果例を表に示す。

JIS H 8603 硬質陽極酸化皮膜 耐摩耗性試験

| 材 料 | 往復運動平面摩耗 | | | | 噴射摩耗 | | | | 平板回転摩耗 | | |
|------|----------|-----------|-------|------|------|----------|------|------|--------------|------|------|
| | ds μm | 減摩量 μm | ds/μm | 比率 | μm | 秒 sec | s/μm | 比 率 | CS-17. mg | | |
| 1050 | 700 | 16.2 | 43.21 | 100 | 51.5 | 285 | 5.7 | 100 | 8.1 | 8.9 | 9.3 |
| 2014 | 300 | 24.2 | 12.40 | 28.7 | 49.2 | 130 | 2.6 | 45.6 | 22.8 | — | — |
| | 300 | 24.1 | 12.44 | 28.8 | 52.1 | 120 | 2.3 | 40.3 | 22.3 | — | — |
| 2024 | 300 | 25.3 | 11.86 | 27.4 | 52.4 | 130 | 2.5 | 43.9 | — | 24.8 | — |
| | 300 | 21.3 | 14.08 | 32.6 | 48.6 | 130 | 2.7 | 47.4 | — | 23.6 | — |
| 7075 | 700 | 28.2 | 24.82 | 57.4 | 49.1 | 150 | 3.1 | 54.4 | — | — | 13.2 |
| | 700 | 25.8 | 27.13 | 62.8 | 53.1 | 180 | 3.4 | 59.6 | — | — | 16.5 |

注) 材料ごとの2データーは別の工場で処理した試験片による。

軽金属製品協会・ISO国内対策委員会・硬質アルマイト委員会

1990. 9 資料による

理由・背景（データ・グラフ）

硬質皮膜は特に耐食性を必要とする場合を除いて封孔処理は行わない。封孔処理によって耐摩耗性が悪くなるからである。封孔処理の影響を示す試験例を表に示す。

皮膜硬さと平板回転摩耗

| 材 料 | 膜厚さ | 25 μm | | 50 μm | | 80 μm | |
|-------|-----|-------|--------|-------|--------|-------|--------|
| | | 皮膜硬さ | 平板摩耗 | 皮膜硬さ | 平板摩耗 | 皮膜硬さ | 平板摩耗 |
| A5052 | 未封孔 | 422HV | 10.2mg | 409HV | 11.0mg | 416HV | 18.6mg |
| | 封孔 | 427 | 27.1 | 418 | 22.5 | 425 | 38.4 |
| A1050 | 未封孔 | 418 | 11.2 | 425 | 10.5 | 411 | 11.1 |
| | 封孔 | 433 | 16.2 | 436 | 17.4 | 427 | 19.2 |

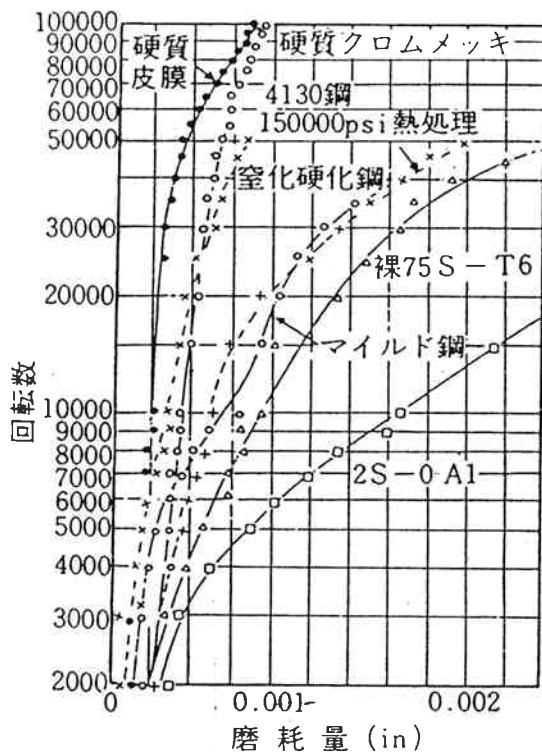
注) 平板回転摩耗はCS-17による。封孔はNi塗90℃・20分

管理点

平板回転摩耗試験は、一方向の摺動摩耗による試験であり、往復運動平面摩耗は摺動摩耗の方向を反転・往復させて行う試験であるのに対し、噴射摩耗は一定圧力で人造研削材を吹き付けて行う試験である。

耐摩耗性試験は摩耗減量を試験するため試験室の湿度管理が必要である。

往復運動平面摩耗試験と噴射摩耗試験は、使用した試験機、研磨紙または研磨剤、試験の時期、環境によってデータが変動することが多く、試験結果個々の相関性が乏しい。これを解消するため、JISでは耐摩耗性基準試験片が用意され、基準試験片の測定値との比率で表示することになっている。



M. H. C 硬質皮膜と他材料または皮膜との耐摩耗性比較
テーパ摩耗試験機 (CS-17・9.8N)

ワンポイントアドバイス

耐摩耗性と耐食性の両者が必要な場合、低温封孔やクロム酸封孔を行い耐摩耗性の低下を防いでいる。

4. 4. 4. 3 硬質皮膜のその他の性能

目的

硬質皮膜の持つ皮膜硬さや耐摩耗性以外の色々な品質特性および関連技術について説明する。

作業条件（影響要因）

品質特性：

- a) 単位体積当たりの皮膜質量：J I S H 8 6-8 8 に規定する方法で試験して、 $50 \mu\text{m}$ の1種皮膜は 1100mg/dm^2 以上、2種(a)(b)および3種(a)は 950mg/dm^2 以上と規定されている。
- b) 耐食性：J I S Z 2 3 7 1に規定する中性塩水噴霧試験を1種皮膜については336時間行って判定するように規定されている。
- c) 皮膜の絶縁耐力：J I S H 8 6 8 7に規定する方法で試験し、許容値およびその実施は、当事者間で協議する。

関連技術：

- a) 重要部分と電気接点：硬質処理の場合普通処理と異なり、高電流密度で長時間電解するため、しっかりした通電用接点を必要とする。従って、部品の機能上重要な部分の確認と許容される接点位置の確認が大切である。
- b) コーナー部の皮膜：陽極酸化皮膜生成の性質上、鋭い角部や入り隅は、酸化皮膜が形成されないので予め丸みを付ける必要がある。一般に、皮膜の生成しない角部や入隅を避けるため、公称皮膜厚さに応じて表一に示す丸みを付ける必要がある。

公称皮膜厚さと角部の曲率半径(R)

| 公称皮膜厚さ | MILに示されたR |
|------------------|-----------|
| $25 \mu\text{m}$ | 0.8 mm |
| 50 | 1.6 |
| 75 | 2.4 |
| 100 | 3.2 |

注) MIL A8625 タイプIII 硬質皮膜に示された値

- c) マスキング：用途上硬質皮膜を付けてはいけない箇所を指定された場合は、マスキングして処理を行う。マスキング方法としては、1) ゴムやプラスチックの止め栓を使う、2) 特殊塗料を塗る、3) 粘着テープを貼る等の方法がある。
- d) 潤滑性付与：硬質皮膜に摺動摩耗の初期のなじみ性を良くし、摩擦係数を低下させ、耐久性向上させる目的で、硬質皮膜の表面に色々な潤滑剤を含浸、或いは吸着させる処理（潤滑アルマイド）や、固体潤滑剤を分散させる処理が行われている。

理由・背景（データ・グラフ）

皮膜の色：皮膜の色は、合金の種類、処理の方法、厚さによって異なる。硫酸浴標準法で処理したAl100の皮膜の色は、膜厚の増加に従い、淡灰色—灰褐色—濃灰褐色と変化する。ただし、交直重疊法や電流反転法による皮膜の発色は比較的淡色である。

管理点

指定された皮膜厚さに対し特に指定のない場合は、一般に $\pm 10 \mu\text{m}$ の公差で管理する。

ワンポイントアドバイス

表面粗さは、通常皮膜厚さの増加に伴い粗くなる。電解液温度は低いほど、電流密度は高いほど、あらさは増加する傾向にある。また、交直重畠法や電流波形を変調させた電解法は表面のあれる傾向が強い。従って、処理後の表面粗さ(R_a)が指定された場合、処理前に、指定粗さの $1/2$ 程度に表面粗さを調整するか、処理後表面を研磨して調整する必要がある。

具体例

硫酸系硬質皮膜の色彩

| 材 料 | 色 彩 |
|-----------------|----------|
| A1100, A5052 | 暗黄褐色 |
| A3003, A3004 | 暗灰黄色 |
| A5083, A6061 | 暗青灰色 |
| A4043 | 黄褐色，帶黄褐色 |
| A6063, Alcan74S | |

皮膜厚さと絶縁破壊電解 (JIS法)

(材料: 1050 昇圧速度: 25V/sec 封孔処理: 沸騰水 30分)

| 皮膜厚さ | 封 孔 | 未封孔 |
|----------|------|------|
| 10 μ | 464V | 454V |
| 25 | 1832 | 1556 |
| 50 | 3362 | 2294 |
| 80 | 3742 | 2540 |

5 着色法

- 5. 1 着色法
 - 5. 1. 1 着色の種類と方法
 - 5. 1. 2 色あわせ技術
- 5. 2 染色
 - 5. 2. 1 染色法
 - 5. 2. 2 浴の管理
- 5. 3 電解着色
 - 5. 3. 1 電解着色の原理
 - 5. 3. 2 交流着色法（浅田法）
 - 5. 3. 3 直流着色法
 - 5. 3. 4 特殊波形着色法と均一着色性の改善
 - 5. 3. 5 多段電解法（干渉色皮膜）
- 5. 4 自然発色法
 - 5. 4. 1 自然発色技術・分類
 - 5. 4. 2 電解発色法
 - 5. 4. 3 合金発色法
- 5. 5 複合着色

5 着色法

5. 1 着色法

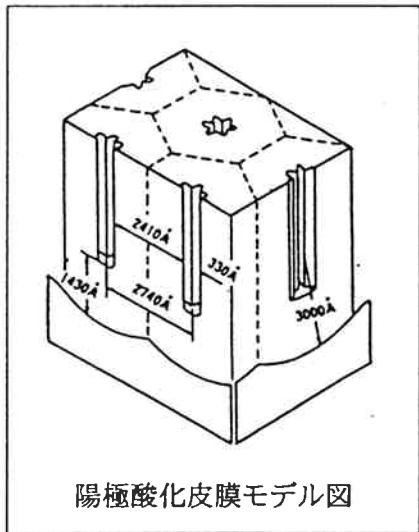
5. 1. 1 着色の種類と方法

目的-

大部分の金属は金属光沢をした物質で、金や銅以外には色を持たない。金属に着色するのは、一般にはとても難しい事である。しかし、アルミニウムは陽極酸化皮膜を利用する事で、様々な色を着ける事ができる。しかも、塗料と異なり、金属光沢を残したまま着色できる事が大きな特徴である。色は酸化皮膜に着けるのであり、金属そのものに色を着ける事は出来ない。

着色法の分類

陽極酸化皮膜は、右のモデル図に示されたポア内に着色因子となる物質を入れるか、セル壁に着色物質を混入することにより、着色される。また、着色技術的には前者に含まれるが、着色メカニズムは光の干渉による着色法、写真と同じ銀塩の還元による着色法がある。



陽極酸化皮膜モデル図

1) ポア内への着色物質の挿入

陽極酸化処理と着色処理とを別々に行なう。

| 着色法 | 挿入物質 | 色の範囲 |
|-------|----------|------------------|
| 有機染色法 | 有機染料 | 白以外の総ての色 |
| 無機染色法 | 無機染料 | 金色、褐色 |
| 電解着色法 | 金属、金属化合物 | 淡ブロンズ～黒、ピンク～黒、金色 |

2) セル壁への着色物質の混入

陽極処理により、着色した皮膜が形成される。

| 着色法 | 混入物質 | 色の範囲 |
|-------|------------|----------------|
| 電解発色法 | 電解質アニオン | 淡褐色～濃褐色 |
| 合金発色法 | 合金成分 | 金属イオン色 灰色～黒 |
| 特殊電解法 | 電解液に溶解した金属 | 褐色、緑色、その他 |

着色法一覧

| | | | | |
|--|---|---|--|-----------------------------------|
| 材 素 | アルミニウム及び アルミニウム合金 (Al-Si, Al-Cr, Al-Mnなど の析出型) | アルミニウム合金 (Al-Si, Al-Cr, Al-Mnなど の析出型) | アルミニウム及び アルミニウム合金 一般 | アルミニウム及び アルミニウム合金一般 |
| 技 術 名 | 電解着色 | 合金発色 | 電解着色 | 無機染色 |
| 工 程 | 陽極酸化→封孔 | 陽極酸化→封孔 | 陽極酸化→金属塩水溶液中 での着色電解→封孔 | 陽極酸化→無機塩水溶液 への浸せき→封孔 |
| 特 徴 およ び 性 能 | 皮膜が厚くないと濃い色が得られない。 このため耐久性は極めて良好。 | 皮膜が厚くないと濃い色が得られない。 このため耐久性は極めて良好。 | 板、形などの材質、加工履 歴、形状を問わず着色可能。 黒色にに関しては一般的でない。 | 2段法で黒に近い色が可能。 黒色に関しては一般的でない。 |
| 色 あ い 耐 食 性 耐 摩 耗 性 | 完全な黒色とはならない、 秀 | 完全な黒色とはならない、 優 | 真黒が可能 | 真黒が可能 |
| 硬 度 | “ | “ | 良好 | 良好 |
| 退 色 性 | 硬質皮膜クラス | 普通皮膜クラス | 同 左 | 同 左 |
| 皮 膜 成 分 およ び 構 造 | アルミニウム | アルミニウム | アルミニウム | アルミニウム |
| 主な用途 | 建 材 | 建 材 | 建 材 ソーラーコレクター | ネームプレート 装飾品 インテリア部材 光学部品 |

5. 1. 2 色合わせ技術

目的

複雑な系の色合わせは、自動では難しく、また、測色装置では不完全で、目視に頼らざるを得ない。陽極酸化、着色などの処理条件の管理に加えて、着色後の目視による色合わせは欠かす事が出来ない。

陽極皮膜の色

物体の色は照射された光の反射光の波長により決まる。従って、物体に照射される光、物体の表面状態、それを見る観察者の認識力などによって変わりうる。

陽極酸化皮膜自体は透明であるため、照射された光は皮膜表面での反射のみでなく、皮膜内を通過し、アルミ素地からの反射など複雑な光となって、観察者の目に入る。また、アルミ材料は圧延や押出などの加工により、その表面にはわずかながら方向性が有る。そのため、光の入射方向、見る角度によっても色が変わって見える。

色合わせ方法

染色と色合わせ

- 1) 陽極酸化と水洗：陽極酸化皮膜の処理条件とその後の水洗条件が、染料の吸着量に影響するため、条件の一定化を図る。
- 2) 染色：浴のpH、温度の影響が大きいので、定期的な管理を必要とする。
- 3) 色合わせ：時間管理の後、色見本を用いて、色合わせを行なう。色見本は、前処理も含め、製品と同一条件にて作成する事。
- 4) 封孔：染料の泣きだしを防ぐため、金属塩添加封孔浴を使用する。

電解着色と色合わせ

- 1) 陽極酸化：皮膜構造が色調に影響するため、処理条件を一定にする。
- 2) 電解着色：処理浴濃度、pH、温度を管理する。
- 3) 色合わせ：所定の色に仕上がる前に電解を中止し、目視判定の後、追加電解をして所定の色に仕上げる。大きな材料の場合は、あらかじめ色合わせを行なう場所を数点決めて実施する。誤って濃色になった場合、その程度がわずかならば、硫酸電解液に浸せきする事で調整が可能である。

自然発色と色合わせ

- 1) 陽極酸化：電解電圧が色に与える影響が大きい事から、電解液濃度、アルミイオン濃度、浴温、電解電圧の管理が重要となる。
- 2) 色合わせ：他の着色法と同様、標準色見本を使用して色合わせを行なう。アルミニウム材料の影響が大きいため、材料ロットにより発色度合いが異なる場合が有り、材料ロットを管理項目に入れて色合わせを実施する。

測色法および測色計

人間の目は、網膜内の視細胞が光の刺激を受け、その刺激が視神経により脳に伝えられて色を感じる。人間は色を3つのスペクトルの合成として認識する事から、スペクトル3刺激値が定義されている。物体からの反射光を3刺激値と同じスペクトルに分類できれば、色の定量化が可能となる。

測色方法には、分光測色法と3刺激値直読法がある。

分光測色法：反射光を各波長に分光しその構成波長から3刺激値を計算する。この方法で測定する装置を、一般に分光測色計と呼ぶ。

3刺激値直読法：3刺激値に合致した3つのセンサにより光を測定する。この方法で測定する装置を、一般に測色色差計、色彩色差計などと呼ぶ。

陽極酸化皮膜やメタリック塗装のように反射の方向によって見え方が異なる場合、再現性の良い色

の測定が難しかった。しかし、センサー、光の入射角度、その他の改良により小型で精度の良い測色計が開発されている。

ワンポイントレッスン

- 1) 色合わせ担当者の教育：目視による色合わせは、標準色見本の見方、目の訓練など、経験が必要である。作業者の訓練を定期的に行ない、異なった作業者間で色合わせ結果がばらつかないようにする。
- 2) 標準色見本の取り扱い：客先との合意に基づく色見本（ゴールドマスター）は、きちんと保管し、これに準ずる検査用色見本（シルバーマスター）を複数用意し、現場における色合わせに使用する。繰り返し、処理液に浸せきしながら使用するため、皮膜表面が処理液に侵される。定期的に、色見本を更新する。
- 3) 色見本の表示：往々にして、間違った色見本を使用する場合がある。色見本にはっきりとした表示を付け、取り違ひの起きないようにする。
- 4) 大型部材の色合わせ：大型の部材の場合、近くで色が一致しても、遠目に見ると色の違いが分かることがある。生産ライン内で色合わせした物を、再度屋外において確認する事が望ましい。人の目の色に対する感度は優れているが、色が徐々に変化する場合、違いを認識できない。多少色の違う部材もその並べ方で、問題なく使用できる場合が多い。

5. 2 染色

5. 2. 1 染色法

目的

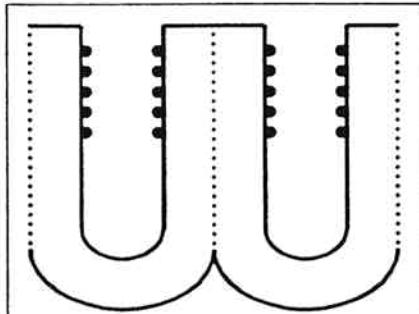
透明な陽極酸化皮膜のポア中に染料を吸着させる事により、陽極酸化皮膜を染料の色に着色する。

原理と種類

染料はポア内に吸着される。比較的ポア口付近に多く存在する。吸着された染料は、封孔処理により皮膜と一体となって、安定する。

染料には、有機染料と無機染料が有る。また、有機染料には水溶性染料と油溶性染料とが有る。染料の大部分は、水溶性の有機染料である。

染色は、染料液に浸せきする方法が一般的であるが、ゴム印の様な判を用いる捺染法、昇華性の染料を紙に印刷し、熱により陽極酸化皮膜に転写する転写法も用いられている。



染色皮膜の断面
ポア口付近に染料が多く吸着している

処理工程と条件

処理工程

| | |
|------|--|
| 前処理 | 常法による |
| ↓ | |
| 陽極酸化 | (例) 180 g/l 硫酸浴 (20°C) 1.2 A/dm ² × 45min 黒色は 20 μm 以上 |
| ↓ | |
| 水洗 | 流水洗 5~10 分 + 純水シャワー |
| ↓ | |
| 染色 | 染料メーカーの指定条件 |
| ↓ | |
| 水洗 | 流水洗 5~10 分 + 純水シャワー |
| ↓ | |
| 封孔 | Ni 塩系封孔助剤添加浴にて 2 分 / μm 以上 |
| ↓ | |
| 水洗 | 市水洗 + 湯洗 + 純水洗 |
| ↓ | |
| 乾燥 | |

処理上の注意点

処理上の重要因素

1) 陽極酸化条件 (浴温、硫酸濃度、アルミイオン濃度、電解条件)

染料は陽極酸化皮膜に吸着されるため、陽極酸化条件は、染色に大きな影響を与える。

皮膜の多孔率を低下させる条件は染色性を低下させる。(低浴温、低硫酸濃度、高電圧、極低電密、高電密)。

電解条件の変動は、染色結果の変動となる。

アルミイオン濃度が大きくなると染色時に、ピンホールが発生しやすい。

2) 皮膜厚さ

皮膜厚さは、染料の吸着量に影響する。淡色では特に影響無いが、薄い皮膜では濃色が得にくい。特に、黒は $20\text{ }\mu\text{m}$ 以上必要である。

3) 陽極酸化後の水洗

電解浴の酸が残留していると、適正染色条件を外れ染色できない。また、水洗不足は酸やアルミイオンの染色浴への持ち込みをもたらし、染色浴の老化を早める。しかし、過剰な水洗は皮膜の活性を失わせ、十分な染色ができなくなる。1槽で長時間洗浄するよりも、2槽で短時間ずつ洗浄する方が良い。

4) 染色条件 (pH、温度、染料濃度、染色時間)

染色条件(染料の使用条件)は、カタログに示された条件を守る事が大切である。染料により、それぞれ最適な染色条件は異なっている。

pHは陽極酸化からの酸の持ち込みにより変動しやすい。頻繁に管理する事が望ましい。

染料濃度は、処理材への吸着、前工程からの水の持ち込み、染色浴の汲み出し、水の蒸発などで変動する。比色計等により定量的な管理が望ましい。

5) 封孔

未封孔の状態は、皮膜が活性で、染料も固定されない。染色皮膜の耐久性を確保する為に、十分な封孔が必要である。封孔によって染色作業は完結する。

水蒸気封孔は、水質の影響を受けないが、過剰染料や表面堆積物の除去が難しい。

純水による沸騰水封孔は、スマットが生じ易い。また、染料が封孔中に泣き出し、色調の変化を生ずる事が有る。

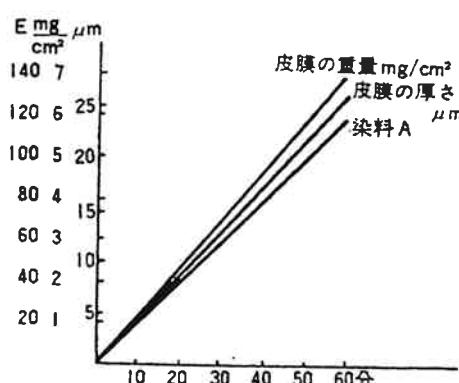
金属塩封孔は一般に、泣き出しが少なく、染料を固定しやすい。金属塩としては、酢酸ニッケル、酢酸コバルトが用いられる。まれに、金属塩封孔が適さない染料がある。事前に確認する必要がある。

データ・グラフ

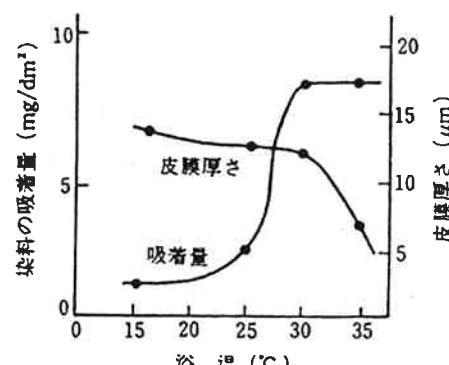
陽極酸化処理の影響

陽極酸化皮膜が厚いほど、また、陽極酸化電解液の温度が高いほど多くの染料が吸着され、濃色に着色する。その様子を、図に示す。しかし、染色に有効であっても、皮膜の耐久性、経済性などを勘案して、陽極酸化条件は決められる。

一般には $0.7\sim1.5\text{ A/dm}^2$ で処理される場合が多い。



電解時間(膜厚)と染色性との関係



硫酸電解浴温の染色性、膜厚への影響

5. 2. 2 浴の管理

染色浴の管理

1) pH

染料と酸化皮膜との親和性に影響が大きい。大部分の染料はpH 5 - 7の範囲に有る。希釈した水酸化ナトリウム、酢酸を用いて調整する。

2) 温度

ほとんどの水溶性有機染料は55~60℃で染色する。常温の染料でも染色でき、特殊な用途で用いられる。

3) 濃度

所定以上に染料濃度を高めても効果はなく、経済性に劣る為、定められた濃度に管理する事が望ましい。濃度は、比色計で管理するのが一般的である。

4) 建浴

一般に水溶性の染料は容易に水に溶解する。熱湯を用いる事でより容易に建浴が可能である。建浴後、必ずpHを測定し、最適値に調整する必要がある。なお、染料が完全に溶けきれていないと、被処理材の表面に濃い斑点を生ずる事が有るので、必要に応じてフィルタを通すと良い。建浴には純水を用いる事。

脱色、再染色

皮膜を破壊する事無く脱色する場合、硝酸あるいは硫酸浴に浸せきする事で脱色が可能である。通常硝酸1:1の浴で、数秒~30秒で完了する。この脱色方法は、酸化皮膜にほとんど影響を与えない為、洗浄後、再染色が可能である。

ライントラブルで、陽極酸化後水洗浴中に長時間置かれた場合も、同様な方法で再染色が可能となる。ただし、未封孔の皮膜に限る。

染料の廃棄

染料液は、有害物質をほとんど含まないが、その色故に排水に流す事は出来ない。活性炭により染料を吸着し、無色になった水のみを中和処理後放流する。活性炭は焼却処分される。また、染料液を濃縮後、噴霧燃焼する方法もある。

染料の種類

水溶性有機染料

陽極酸化皮膜に染色性の良い染料は、酸性、媒染、酸性媒染が多い。モノアゾ染料、ビスマゾ染料が大部分であるが、その他、アンスラキノン染料、フタロシアニン染料などがある。これらの染料をCr, Ni, Fe, Cu, Coなどの金属と錯塩を形成させて、耐光性の優れた染料として使用されている。

無機染料

無機化合物を利用して陽極酸化皮膜を着色する方法には、無機化合物の水溶液に浸せきする方法(一液浸せき法)、2つの無機化合物の液に交互に浸せきして化合物を形成する方法(二液交互浸漬法)がある。有機染料が発達した現在、無機染色としては、硫酸第2鉄アンモニウムによる金色染色のみが用いられている。

非水溶性有機染料

有機染料の一種で、有機溶剤溶解性あるいは油溶性の染料。陽極酸化後乾燥させた後、染色する。模様染色や錫物など酸の残留により不良を生じ易い場合に適している。捺染法、昇華転写法などに用いられる。

薬品リスト

- サンド社 アルミニウム染料、サノダール染料
オリエント化学社 アルファスト染料
カナメ商会 アルマライト染料

設備

1) 染色槽

水溶性有機染料の多くは、一部の金属と反応する為、染色液と接する材料の選択は注意を要する。処理槽としては、耐酸性ステンレス (SUS316、SUS321など) が好ましい。その他、PP、FRPなどのプラスチック類が用いられる。

2) ヒーター類、配管類

染色槽と同様、染色液と反応しない耐酸ステンレスあるいはプラスチック類が適している。

3) 循環、かくはん

槽内の温度や液濃度を均一に維持すること、処理材と一緒に反応する事、ごみの除去などの為、染色液はかくはんすると共に、フィルターを通して循環する。

4) 排気

染色槽は60℃位に加熱される為、蒸気が発生し、作業環境を悪化させる。蒸気を排気する必要がある。

蒸気が結露して排気ダクトに溜まる事が有るので、結露水の処理に配慮が必要となる。

ワンポイントレッスン

- 1) 有機染料による着色法は、クロム酸陽極処理法の発明者であるBengough、Stuartの両氏により初めて特許出願された。
- 2) 日本において、お茶を用いた陽極酸化皮膜の着色法が考案された。金色で、しゅう酸皮膜の代用として(色のみだが)使用された。
- 3) 光学系の部品に黒染色を施す場合が多い。陽極処理前の梨地処理が、無光沢面を形成するのに重要である。

アドバイス——不良対策

染色不良

1) 流れ

洗浄が不充分であったり、鋳物の巣などがある場合、陽極酸化の酸が流れ出し、濃色あるいは淡色になる。洗浄の改善が必要となる。

2) 泣き出し

封孔中に染料が溶出し、脱色する現象。蒸気封孔に多く発生する。金属塩封孔では発生しない。

3) ピット

チタン製の治具を用いた場合、染色浴中で腐食反応によりピットを生ずる事が有る。含銅合金に多い。アルミ治具を用いると発生しない。

参考文献

軽金属製品協会編：アルミニウム表面処理の理論と実務（第3版）、軽金属製品協会（1994）p185

アルミニウム表面処理技術便覧編集委員会：アルミニウム表面技術便覧、軽金属製品協会出版（1980）p182

表面技術協会：表面技術便覧、日刊工業新聞社（1998）p543

5. 3 電解着色

5. 3. 1 電解着色の原理

目的

電解着色法は、陽極酸化皮膜のポア底部に金属あるいは金属化合物を析出させて皮膜を着色させる技術である。ポア内に析出した金属は、光を散乱あるいは干渉させて皮膜を着色する。

金属を析出させる電解方法、ポアやバリヤー層の制御工程の追加などにより、いくつかの方法に分類される。

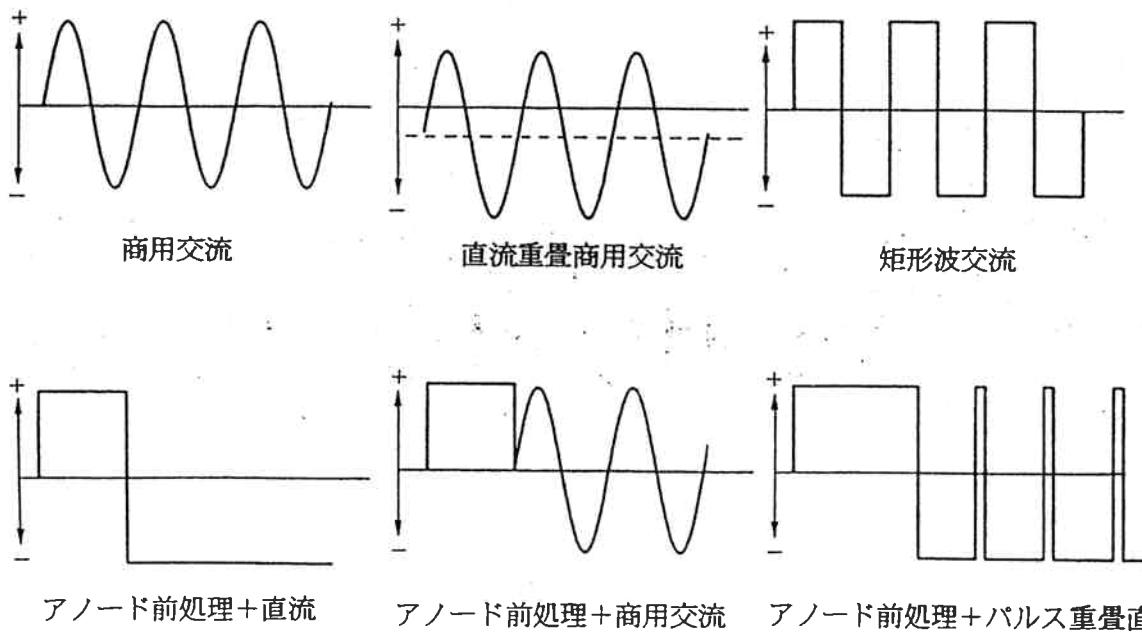
ポアに金属を析出させる事を利用して、種々の機能性皮膜あるいは用途が開発された。

作業工程と条件

処理工程

| | |
|------|--|
| 前処理 | 常法による |
| ↓ | |
| 陽極酸化 | (例) 180 g/l 硫酸浴 (20°C) 1.2 A/dm ² × 30min |
| ↓ | |
| 水洗 | 2～3段階、順次酸濃度を低下させる。最終段は純水。 |
| ↓ | |
| 電解着色 | 各方法ごとに異なった条件。 電解着色浴中で前処理を行なう場合もある。 |
| ↓ | |
| 水洗 | 流水洗 5～10分 + 純水シャワー |
| ↓ | |
| 封孔以降 | 常法による |

金属析出で使用される電解波形

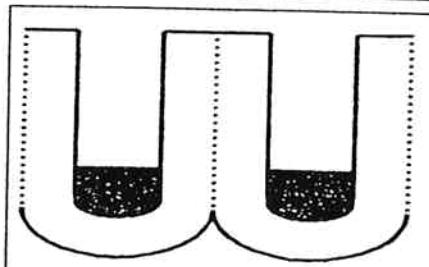


金属の析出反応と析出状態

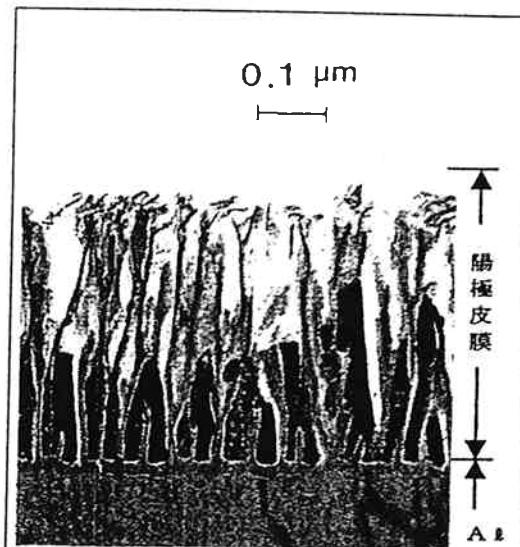
陽極酸化皮膜のポア底部に達した金属イオンは、バリアー層上で放電し、金属となる。金属が引き続き析出し、析出物のフィラメントは皮膜表面の方向に成長する。右下の写真は、析出物を見やすいようにポア径の大きな薄いリン酸皮膜に Ni を析出させた皮膜断面である。析出物の長さは必ずしも均一な長さではない。

着色に使用される金属と皮膜色

| 分類 | 金属 | 色 |
|--------|------------------|--------|
| 有色金属 | Au | ピンク |
| | Cu | ピンク～黒 |
| 金属色の金属 | Ag | 黄色～黄緑色 |
| | Fe | ブロンズ～黒 |
| | Ni | ブロンズ～黒 |
| | Co | ブロンズ～黒 |
| | Sn | ブロンズ～黒 |
| | Pb | 茶褐色 |
| | Zn | 茶褐色 |
| | Cd | 茶褐色 |
| | SeO ₃ | 金色 |
| 酸素酸塩 | TeO ₃ | 淡ブロンズ |
| | MnO ₄ | 淡褐色 |



析出モデル図



Ni が析出したりん酸皮膜の断面
析出状態が良く分かるようにポア径の
大きな皮膜を用いた。

ワンポイントレッスン

- 1) 陽極酸化処理後、皮膜を洗浄し、ポア内の酸を除去するが、急激に洗浄すると、ポア内のアルミニオノンが水酸化物となって析出し、着色を妨げる事がある。洗浄水の pH を徐々に上昇させた方が、きれいに洗浄できる。
- 2) 現在実用化されている着色金属は、Ni、Snによるブロンズ～黒、SeO₃による金色、Cuによるピンク～マロン色、である。
- 3) 染色と異なり、Ti治具が使用できないので、注意する。

電解着色の応用技術

ポア内に金属を析出させる事により、着色以外に、数多くの機能性皮膜が開発された。

磁性皮膜：磁気ディスク、磁気ロータリーエンコーダなど

ケミカルテクスチャリング：析出させた金属の一部を表面に凸状に突出させて、所定の面粗さを形成する。

太陽熱選択吸収膜：温水器などへの応用

光素子：チャンネリング等の光素子への応用

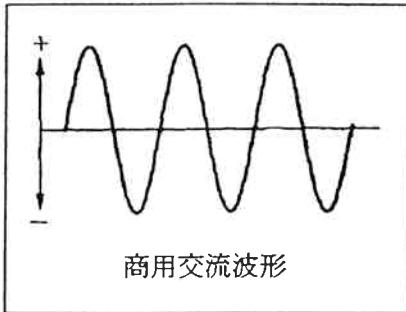
5. 3. 2 交流着色法(浅田法)

目的・概要

50Hzあるいは60Hzの商用交流を用いて、陽極酸化皮膜中に金属を析出させて、着色皮膜を形成する。

交流による着色技術は、その発明者である浅田太平博士の名前を取って、浅田法とも呼ばれる。

金属塩を含む電解液（金属塩の種類により、pHが異なる）中で、グラファイトを対極として交流電解する事により簡便に着色皮膜が得られる事から、最も広く普及した電解着色法である。



作業条件

| | |
|------|---|
| 前処理 | 常法による |
| ↓ | |
| 陽極酸化 | 特別な条件の設定はない。 (例) 180g/l 硫酸、20°C、1.2A/dm ² × 30min |
| ↓ | |
| 水洗 | (中性着色浴の場合) 2~3段階で、順次pHを中性に近づける。 (酸性着色浴の場合) 比較的簡単な洗浄で良い。ただし、局部的に酸濃度の高いところが有ると色むらとなるので、均一に洗浄されている事が重要。 |
| ↓ | |
| 電解着色 | (例) Sn着色浴 (硫酸第1スズ 10g/l、硫酸 10g/l) AC 15V、1~20分 (淡ブロンズ~黒) |
| ↓ | |
| 水洗 | 十分な洗浄をする。 |
| ↓ | |
| 封孔 | 常法による。 |

電解浴組成例

交流法に用いられる電解浴組成を表に示す。基本的な浴組成であり、実用浴はさらに浴の安定のため、キレート剤やpH緩衝剤を添加する。

| 電解浴 | Ni浴 | Sn浴 | Cu浴 | Se浴 |
|-----|--|--------------------------|--|-----------------------------|
| 浴組成 | 硫酸Ni 25g/l 硼酸 25g/l 硫酸アンモニウム 10g/l 硫酸マグネシウム 20g/l | 硫酸Sn(I) 8g/l 硫酸 10g/l | 硫酸Cu 30g/l 硫酸 10g/l 硫酸マグネシウム 10g/l | 亜セレン酸ナトリウム 5g/l 硫酸 10g/l |
| pH | 4~5 | <1 | <1 | <1 |

設備

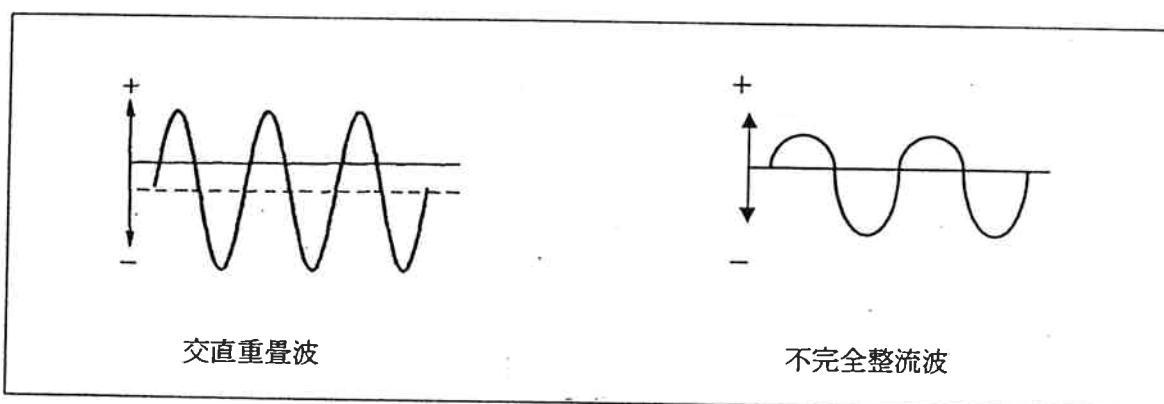
- 1) 電解槽: 一般には、塩ビ槽が用いられる。
- 2) 電源: 絶縁トランジスタとスライダックの組合せ。制御のため、電圧計、電流計が必要。
- 3) 対極: グラファイト、ステンレスなどが用いられる。
- 4) 温度制御: 室温であるが、色の安定には温度管理が必要。
- 5) かくはん: 温度管理に必要であるが、電解中は停止する場合もある。
- 6) マスキング: 同一槽内においても、極比が不適正であると色のバラツキを生じ易い。過剰な対極は、板でカバーして影響を抑える必要がある。

管理点

- 1) 電解浴：浴の不純物に対しては鈍感であり、浴組成が変動しても、着色できる。
- 2) 電解：定電圧電解であるが、次第に電流は低下する。
- 3) 色合わせ：目視による色合わせが必要である。通常、目標の濃度の少し前で電解を停止し、色の標準板と比較し、追加電解を行なう。
- 4) 処理面積：処理面積の影響が大きく、面積が大きいほど着色時間要する。
- 5) 陽極酸化皮膜：電解条件や膜厚が異なると色調が変化するので、極力一様な皮膜処理を行なう。

改良技術

商用交流(50Hz, 60Hz)による着色の効率を上げたり、濃色を得るため、図に示すような交直重疊波や不完全整流波による着色技術も開発されている。交直重疊波は交流にマイナスの直流を重疊する事で得られる。不完全整流波はダイオードを用いてプラスとマイナス電流を分け、プラス電流側を抵抗により減少させる。いずれも、着色に寄与するマイナス電流の比率を増やす事により、着色を促進する。ダイオードの代わりにSCRを用いて、位相制御により、プラス電流を抑制する方法も提案されている。



プラス電流とマイナス電流との役割

マイナス電流はめっきと同じくポア中への金属の析出作用を持つ。一方、プラス電流は析出した金属の溶解、バリアー層の成長の反応に寄与する。マイナス電流のみではバリアー層を劣化させ、皮膜破壊を生ずる事が有る。

プラス電流は皮膜の補修効果がある。陽極酸化皮膜の整流効果により、プラス電流に比べマイナス電流の方が大きいため、析出した金属は時間と共に増加する。

参考文献

- アルミニウム表面技術便覧編集委員会：アルミニウム表面技術便覧、軽金属出版（1980）p 207
表面技術協会編：表面技術便覧、日刊工業新聞社（1998）p 533
川合慧：アルミニウム電解カラー技術とその応用、日刊工業新聞社（1999）
佐藤敏彦、小野幸子：アルマイトの皮膜構造と着色、21世紀社（1977）

5. 3. 3 直流着色法

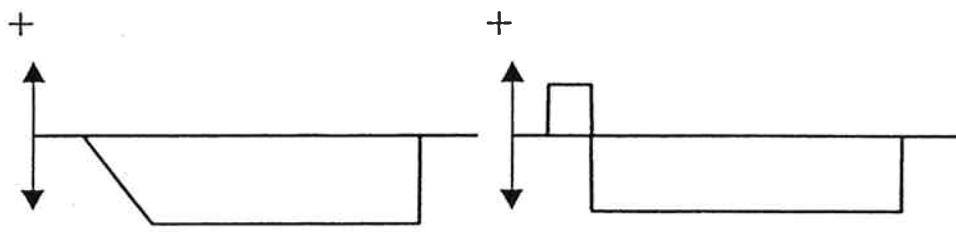
目的・概要

ポア内への金属の析出反応により着色することから、原理的にはマイナス電流のみで着色が可能である。

a) はマイナス電流のみで着色する場合で、初期に過大な電流が流れバリヤー層を破壊しないように、ソフトスタートを実施する。着色は速いが、濃色が得にくい。

b) はプラス電流によりバリヤー層の強化を図る方法で、プラス電流を流し、続いてマイナス電流により着色する。b) のプラス+マイナスの電解を繰り返し行なうことにより、濃色が得られる。

もう一つのプラス電流の効果は、電流の流れやすい部分（濃く着色しやすい部分）のバリヤー層を厚くする事により、着色を均一にする。エッジ部が濃くなるエッジ効果の生じ易い直流法の均一着色性を大幅に改善できる。これを、アノード前処理と呼んでおり、他の着色法にも応用可能である。



a) マイナス電解のみの場合

b) プラス電解を付加する場合

作業条件（影響因子）

| | |
|------|---|
| 前処理 | 常法による |
| ↓ | |
| 陽極酸化 | 特別な条件の設定はない。 (例) 180 g/l 硫酸、20°C、1.2 A/dm ² × 30 min |
| ↓ | |
| 水洗 | 均一な十分な洗浄をする。 |
| ↓ | |
| 電解着色 | (例) Ni 着色浴（硫酸ニッケル 50 g/l、ほう酸 30 g/l、pH 4 ± 0.5） DC (+) 5 V × 5 秒、DC (-) 15 V × 1 ~ 3 分 |
| ↓ | |
| 水洗 | 十分な洗浄をする。 |
| ↓ | |
| 封孔 | 常法による。 |

設備

- 1) 電解槽：一般には、塩ビ槽が用いられる。
- 2) 電源：直流電源をベースとした、波形制御電源。極性変換のため、電子式あるいは機械式の制御装置を必要とする。
- 3) 対極：グラファイト、ステンレス、析出金属など用いられる。
- 4) 温度制御：室温であるが、色の安定には温度管理が必要。
- 5) かくはん：温度管理に必要であるが、電解中は停止する場合もある。

管理点

1) アノード処理：色の均一性

直流法はめっきと同様に、エッジ部に電流が集中しやすい。この現象を緩和するため、アノード処理（プラス電解）を併用し、電流の流れやすいところのバリヤー層を厚く成長させ、マイナス電流が流れ難くする事で、色の均一性を確保する。プラス電流の大きさは、処理材の形状や色の濃さによっても異なるため、予め最適条件の設定が必要である。

2) 電解液中の不純物

交流法に比べて、電解浴中の不純物イオンの影響が大きい。特に、Na、K、NH₄の1価陽イオンのが混入すると、着色しにくくなる。Na、Kの影響は大きく、5 ppm以下に管理する必要がある。（図参照）

3) 電流値

カソード電流（マイナス電流）による反応は、金属の析出と水素発生である。一定の電流値で金属の析出が上限に達し、それ以上は水素発生のみが増加する。水素発生は陽極皮膜の破壊（スポーリング）の原因となるため、好ましくない。適度な電流に管理する必要がある。図においても、電流密度の増加が、色の濃さにほとんど効果が無い事が分かる。

4) 濃色化

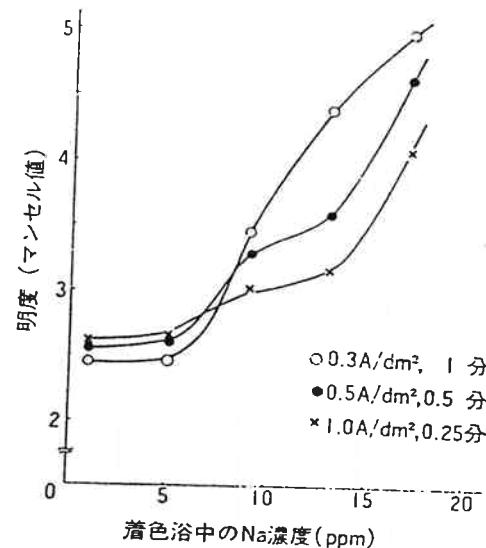
直流法は、着色時間が短い事が大きな特徴であるが、時間を延ばしても濃色化し難い。長時間の電解は、スポーリングの原因ともなる。そこで、プラス電解とマイナス電解の交互電解によりバリヤー層を補強しながら着色をすることが必要である。

ワンポイントレッスン

- 1) スポーリング：陽極酸化皮膜が1～3 mm位の直径の円盤状にはく離する皮膜欠陥。電解着色工程において発生する。カソード電解時に過大な電流が流れると、アルミニウム皮膜界面に達した水素が皮膜を押し上げて皮膜を破壊すると言われている。直流法に限らず、交流法でも発生する。
- 2) 使用される金属塩：交流法と同じ金属で着色可能であるが、交流法に比べ着色条件範囲が狭い。主に用いられる金属塩は、Ni、Co、Snの硫酸塩である。

参考文献

アルミニウム表面技術便覧編集委員会編：アルミニウム表面技術便覧、軽金属出版（1980）p215



Naの影響

浴組成：硫酸Ni 50 g/l、ほう酸 30 g/l

5.3.4 特殊波形着色法と均一着色性の改善

目的

商用交流、直流以外の波形による着色法を特殊波形としてまとめて説明し、均一着色性の改善を図る。

波形と特徴

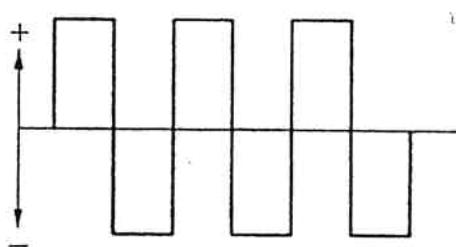
波形には次の物が有る。波形を下図に示す。

1) 矩形波交流、極性変換波

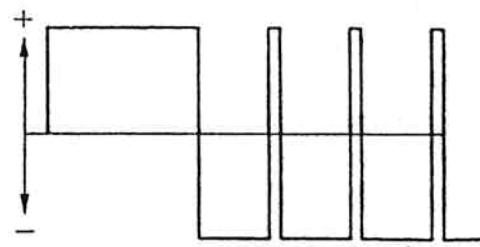
波形は同じであるが、周波数が異なる。一般的には矩形波交流は数 10Hz に対し、極性変換波は 1Hz 以下である。プラスとマイナスの時間、電流値は同一である必要な無く、任意に設定可能である。

2) パルス重畠波

分類としては矩形波交流に分類できるが、前段のアノード前処理と間欠的なアノード電解を特徴とする。均一な着色に特徴がある。



a) 矩形波交流、極性変換波



b) パルス重畠波

これらの方針の特徴は、アノードおよびカソード時の電極反応を最適化しようとする物で、アノード時のバリヤー層の補修と、カソード時の金属析出および水素発生、これらの反応に伴う pH の変化を制御する事で、色の濃さ、均一着色性を管理する。

パルス重畠波法では、形状の異なる押出形材の同時処理、凹凸の大きな形状のアルミ材の内外ではほぼ同一の着色が、可能となっている。

作業条件（影響因子）

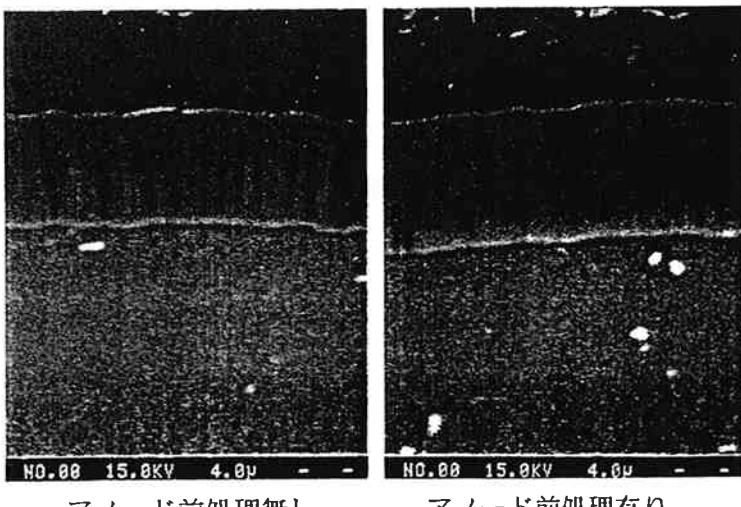
処理工程は他の電解着色と変わりはなく、次の通りである。

前処理 → 陽極酸化 → 水洗 → 電解着色 → 水洗 → 封孔

特徴は、電解着色の電解浴組成、電解波形および電解条件にあり、浴組成は各処理法により最適化されている。（これらの方法は、表面処理各社のノーハウであり、詳細な内容は公開されていない。）

アノード前処理の効果

アノード前処理は、直流法における初段のアノード処理から発展した物である。着色浴中で、アノード電解をすると、電解液の電導度に応じた電流分布でアノード電流が流れる。アノード電流の量に応じて、バリヤー層が成長し、同一浴中で行なわれる着色電解で均一な電流分布が得られる。従来の交流法においても試みられたが、アノード電解の効果が、処理材の面積、形材の形状、着色濃度など



により異なるため、条件設定が難しく、実用化されていない。パルス重疊法では、電解の途中でアノード処理を繰り返すと共に、アノードおよびカソード電流を最適な大きさに制御する事で、均一な着色を可能とした。

パルス重疊法におけるアノード前処理の効果を、下の写真に示す。皮膜中のアルミ素地側に皮膜厚さの1/2~1/4位迄薄く白く見えるのが析出した金属である。アノード前処理によりその長さが均一に分布している様子が分かる。

管理点

1) 色合わせ

色の濃さは時間のみでは管理できない。標準サンプルを用いた肉眼による色合わせが必要である。交流法、直流法では、電解槽の両端と中央との3ヶ所で色合わせが必要である。また、目的の色になる前に電解を止めて、色合わせし、残り着色時間を決め、再度電解する。再電解後再び標準サンプルと比較し、目的通りの色に仕上がっているか確認する。パルス重疊波の場合、チャージ内の色均一性が良好なため、1ヶ所の色合わせで良い。また、再電解後の色合わせはほとんど必要ない。なお、色合わせの標準サンプルは必ず電解液で濡らしてから使用する。

2) 浴組成と不純物管理

交流法では色濃度のバラツキが大きく色合わせに頼る比率が高いため、比較的浴組成の管理幅が広いが、パルス重疊波の場合、色の均一性、着色速度を維持するため、成分管理、pH管理は重要なとなる。また、直流法に近い方法であるため、不純物管理も重要である。Na、Kなどの不純物の混入を防ぐ必要がある。特に、ほう酸は天然の産物であるため、産地を確認して、適した物を購入する事。

ワンポイントレッスン

- 1) 対極：グラファイトは硫酸塩浴中でアノード電解を受けると、酸化反応により次第に崩れて行く。アノード・カソード電解を受ける対極に使用する材料の選択は重要である。複数の材料を組み合わせた対極システムも考案されている。

参考文献

- 宮下、他：軽金属、37-4（1987）306
表面技術協会編：表面技術便覧、日刊工業新聞社、（1998）、533

5. 3. 5 多段電解法（干渉色皮膜）

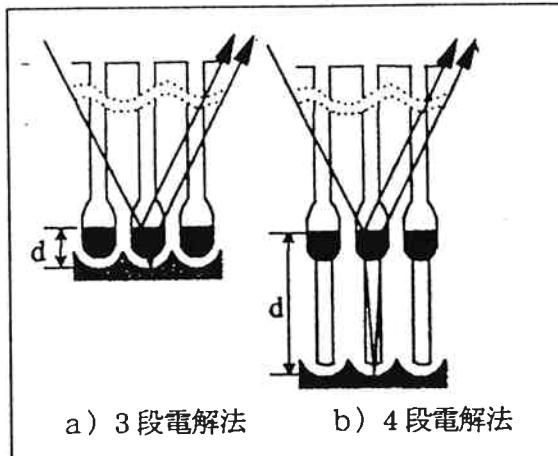
目的

干渉色皮膜は、陽極酸化皮膜の構造を制御し、光の干渉により、グレー、ブルー、ピンク、グリーン等の種々の色調の皮膜を得る事が出来る。

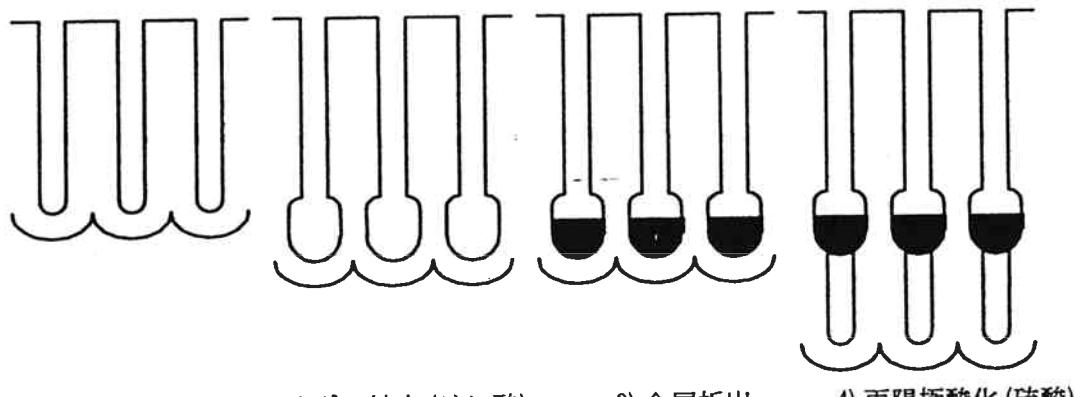
原理

代表的な方法は図の二つの方法で、いずれも析出金属の表面とアルミ素地との表面で反射した光の干渉により、発色する。重要な点は、析出金属の長さが一様で、その表面で光が反射することであり、そのためにポア径を拡大する手法が取られている。

3段電解法では、暗い色調のグレイ、ブルーグレイが得られる。4段電解法では、明るい干渉による多数の色がえられる。



処理工程



1) 皮膜形成(硫酸) 2) ポア拡大(リン酸) 3) 金属析出 4) 再陽極酸化(硫酸)

A. 3段電解法（グレイ、ブルーグレイ）

1) 皮膜形成：常法に従い硫酸陽極酸化皮膜を形成する。

(例) 160 g/l 硫酸、20°C、1.2 A/dm²、30分

2) ポア拡大：ポア底部のポア径を拡大する。

(例) 30 g/l リン酸、20°C、20V、10分

3) 金属析出：電解着色法による金属析出。方法は問わない。

(例) 硫酸Ni 30 g/l、10 g/l ほう酸、交流法 15V、2分

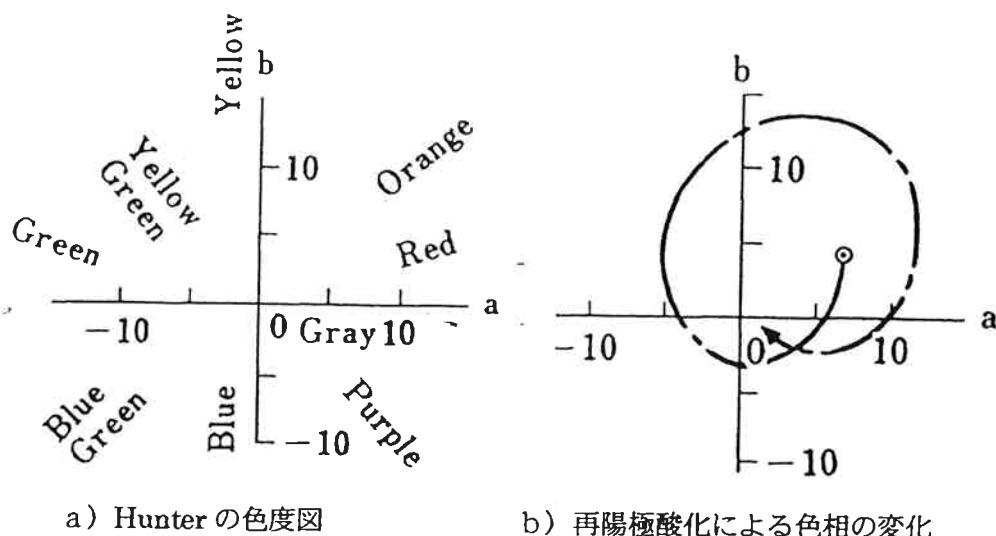
B. 4段電解法（明るい多色の干渉色）

上記Aの3段階に引き続き、第4工程を行なう。

4) 再陽極酸化：再度陽極酸化処理を行ない、析出金属とアルミ素地との間隔を制御する。

(例) 100 g/l 硫酸、20°C、15V、5~20分

色の変化



図a)はHunter表色系による色度座標で、aが赤一緑、bが黄一青を示す。白一黒の明度を表わす軸は紙面に垂直となる。着色電解後、再陽極酸化を施す事により、皮膜の色は図b)のようになり回りに変化し、種々な色を呈する。色の得られるメカニズムは、析出金属面からの反射光とアルミニウム地からの反射光との干渉による。

管理点

1) ワーク内の色の均一性

電解着色では電流分布により、ワークの場所により色の濃淡（析出金属量）が異なる事が有る。

干渉色皮膜では、析出金属量が異なると色相の違いとなって現われる。金属析出の均一化が、重要である。金属析出に比べ、再陽極酸化の電流分布は均一である。

2) 色の再現性

いくつかのバーツから構成される製品を着色する場合、色の再現性が重要となる。処理条件の変動に注意し、再現性の良い電解条件の設定が必須である。

ワンポイントレッスン

1) 着色皮膜の耐候性

中間処理としてリン酸浴電解処理を行なうが、リン酸浴は陽極酸化皮膜を溶解しやすく、封孔も阻害する傾向にある。出来た皮膜が屋外に使用される場合、クリヤー塗装する事が望ましい。

2) 干渉色は見る角度によって色が異なるため、色合わせの環境が重要である。光が色見本と処理材とに一様にあたるような配慮が必要となる。

参考文献

塚本、他：表面技術協会、第99回講演大会講演要旨集、(1999)、274

5.4 自然発色法

5.4.1 自然発色技術・分類

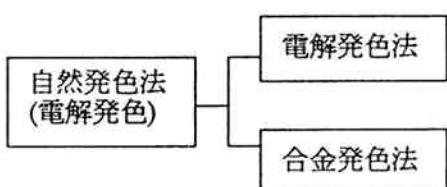
目的・概要

しゅう酸皮膜は独特の金色をしている。ADC12に施した硫酸皮膜は灰黒色を呈する。このようにして、有色の陽極酸化皮膜が得られるが、このような有色の皮膜生成を皮膜の着色に応用したのが、自然発色法である。

自然発色法は、その着色原因物質の由来により、

- 1) 電解発色法：着色原因物質が電解液成分に由来する方法
- 2) 合金発色法：着色原因物質がアルミ材の合金成分である方法

に分類される。この2つの要素が組み合わされている場合が多い。自然発色法を広義の意味で電解発色法と呼ぶ事が有る。



作業条件（影響因子）

| 工程 | 電解発色 | 合金発色 | 備考 |
|-------|-------------------------|---------------------------|--------------------------------|
| 素 材 | 陽極処理により発色しにくい合金系を使用する。 | 目的の色調の選られる合金成分を含む材料を使用する。 | 素材のロット管理を必ず実施する。添加成分濃度、熱履歴が重要。 |
| 前 処 理 | 常法による。 | 常法による | |
| 陽極酸化 | 有機酸を主成分とする電解液を用いるのが一般的。 | 硫酸を用いるのが一般的。 | 浴組成、温度、電流密度(電解電圧)の管理が重要。 |
| 封 孔 | 常法による。 | 常法による。 | 厚膜が多いので、膜厚に応じた封孔時間を設定する。 |

管理点

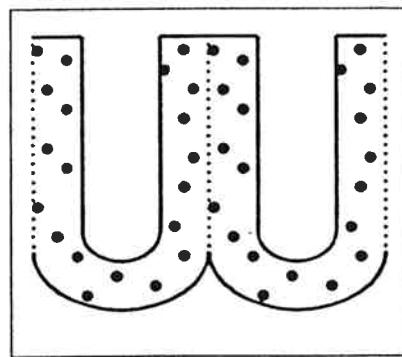
- 1) 陽極酸化皮膜自体が発色するため、電解発色法・合金発色法いずれもアルミニウム材料の影響が大きい。特に、熱処理条件は材料を見ても分からない。ミルシートなどへの記載など、材料管理を徹底する。
- 2) 電解発色法の電解液は、有機酸を主成分とし、硫酸を少量添加する物が多い。硫酸は比較的少量で、電解液の特性を左右するので、添加量に注意を要する。

5. 4. 2 電解発色法

目的・概要

高純アルミの陽極酸化皮膜は無色透明な酸化アルミニウム（アルミナ）で出来ている。さらに、少量ながら電解液のアニオン（陰イオン）成分が含まれている。電解電圧が高くなると、アニオンが皮膜中に混入する比率が高くなる。このアニオンが皮膜中で様々な構造をとる事で、皮膜が発色する。電解電圧を高める要素としては、有機酸電解液、低温電解などがある。

皮膜の発色しやすい電解液組成と電解条件が各種研究され、発色技術として利用されている。



各種処理法

| 名 称 | 開発会社 | 電解液成分 | 浴温 (℃) | 電流密度 (A/dm ²) | 電圧 (V) | 色 調 |
|---------------|-------------|---|--------------|------------------------------|-----------|----------------|
| Kalcolor | カイザー(米) | スルフォカリブ酸 60~100 g/l 硫酸 5 g/l | 約 25 | DC2~4 | 45~80 | アンバー ~濃ブロンド |
| Alcanodox | アルキサン(加) | しゅう酸 7~9wt% | 約 20 | DC1.3~2.7 | 60~70 | 黄褐色 |
| Duranodic 100 | アルコア(米) | 硫酸 | 約 0 | DC2.5~5 | 20~75 | 暗灰褐色 |
| Duranodic 300 | アルコア(米) | スルフォカル酸 80~100 g/l 硫酸 5~8 g/l | 約 20 | DC2.5 | 30~70 | 茶褐 ~ブロンド |
| Veroxal | VAW(独) | マレイン酸 100~300 g/l しゅう酸 10~30 g/l 硫酸 3 g/l | 約 15~ 25℃ | DC1.6~3.2 | 30~80 | 暗褐色 |
| Eurocolor 100 | ベシニ(仏) | スルフォマレイン酸 50~200 g/l 硫酸 0.5~8 g/l | - | - | - | - |
| Permalux | アルスイス(スイス) | マレイン酸 100~400 g/l 硫酸 1~10 g/l | - | - | - | - |
| Acadi | ISML(伊) | マレイン酸 300 g/l 硫酸 3 g/l | - | - | - | - |
| Sumitone | 住友軽金属 | フェノールスルファン酸 120 g/l 硫酸 1 g/l | - | DC+AC | max45-60V | - |
| SCcolor | 住友化学 | ナフタレンジスルファン酸 硫酸 | - | - | - | - |
| Autocolor | HLMI(ハンガリー) | 脂肪酸 芳香族酸 | - | - | - | - |

作業条件（影響因子）

1) 皮膜色調

アンバー・プロンズ系と灰色系との2種類がある。

2) 色の濃淡への電解条件の影響

有機酸濃度の増加：淡くなる

硫酸添加量の増加：淡くなる

浴温の上昇：淡くなる

電流密度の増加：濃くなる

電解電圧の上昇：濃くなる

3) 特性

a) 耐食性：硫酸に比べ、耐食性が優れている。

b) 耐光性：紫外線に強く、屋外で使用しても、変色・退色は非常に少ない。

c) 耐摩耗性：硫酸に比べ、硬度が高く、耐摩耗性に優れている。

4) 設備

a) 電源：電解電圧が高く、70Vを超える事が頻繁であり、電源は100V近くの電圧が必要である。

b) 対極：鉛、ステンレスが使用される。アルミは、浴中のアルミイオン濃度を増加させるため、好ましくない。

c) 浴のかくはん：電圧が高いため、ジュール熱の発生が大きい。皮膜近傍の電解液温度を十分に冷却するため、かくはんが必要である。かくはんが不充分であると、焼けの原因となる。

d) 液の冷却：発熱が大きいため、電解液の冷却が必要である。

電解波形の皮膜色への影響

上にまとめた有機酸電解液による発色は電解液成分が関与していると考えられている。それ以外に、無機酸に電源波形の効果を加える事により発色させる方法がある。

a) パルス法、不完全整流法

b) 電流の回復現象を利用する方法

特殊な電源を必要とする欠点があるが、電解液を変更せずに着色皮膜が生成できる。これも一種の電解発色法と言える。

ワンポイントレッスン

- 1) 電解発色は一般に電圧が高い。電源、ブスバー、電解槽などの絶縁対策をし、安全に作業する必要がある。
- 2) 淡色で厚膜を要する場合、予め通常の陽極酸化処理を施し、引き続いて電解発色皮膜処理を行う方法がある。膜厚の管理が容易になる。
- 3) 電解発色皮膜は、常温硬質皮膜として利用できる。温度を下げる事で、より効果がある。

参考文献

アルミニウム表面技術便覧編集委員会編：アルミニウム表面技術便覧、軽金属出版、(1980)、198
中山孝廉：アルミニウムの表面処理、日刊工業新聞社、(1969)、151

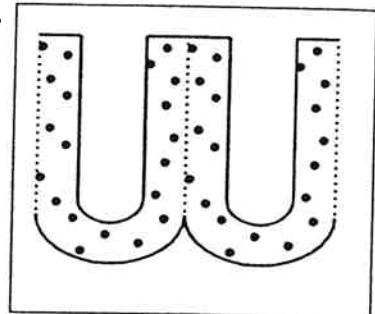
5. 4. 3 合金発色法

目的・概要

アルミニウム合金中の合金成分は、次のいくつかの形で、存在する。

- 1) アルミマトリックス中に固溶
- 2) 単体で存在
- 3) アルミとの金属間化合物の形成
- 4) 他の合金成分との金属間化合物の形成
- 2) から 4) のようにマトリックスとは異なる相を形成する場合、これを第2相と呼ぶ。

第2相を形成する合金成分は、陽極酸化処理において、異なった挙動をする。同一合金成分でも、第2相の種類により陽極酸化挙動が異なり、違う皮膜の色を呈する事が多い。



作業条件（影響因子）

合金発色法において色調を左右する要因には次のような物がある。

- a) 合金成分の種類
- b) 第2相の固溶と析出の状態
- c) 固溶体の場合は固溶濃度
- d) 析出の場合は析出粒子の大きさ
- e) 合金成分と電解液の組成と反応
- f) 結晶方位

合金発色法においても、陽極酸化処理条件によって色の濃淡の違いが生ずるため、

- a) 電解時間
- b) 電解浴温
- c) 電流密度

の管理に配慮が必要となる。

各種合金成分の発色挙動

| 合金成分 | 固溶状態での皮膜色 | 晶析出状態 | | |
|------|-----------|--|---------------|-----------------|
| | | 主な晶析出物 | 皮膜色 | 陽極酸化挙動 1) |
| Au | 赤紫色～赤褐色 | η' ～ η | 赤褐～暗紫色 | — |
| Ag | 淡ブロンズ色 | GP～ γ' | 灰～灰黒色 | |
| Cr | 鮮黄色 | CrAl ₂ | 灰～灰黒色 | 酸化、早く溶解 |
| Cu | 無色 | CuAl ₂ | 灰黄～灰色 | 酸化、早く溶解 |
| Fe | — | FeAl ₃ FeAl ₆ | パール色 灰～灰黒色 | 酸化、溶解せず 酸化せず |
| Ge | 明ブロンズ色 | 単体 | 灰黄～灰色 | 酸化せず |
| Mn | 赤褐色 | MnAl ₆ | 灰～灰黒色 | 酸化せず |
| Mo | 黄色 | — | — | — |
| Se | ピンク色 | — | — | — |
| Si | — | 単体 | 灰～灰黒色 | 酸化せず |
| Sn | — | 単体 | 灰色 | 酸化せず |
| Ti | — | TiAl ₃ | 灰色 | 酸化せず |
| W | — | 単体 | 灰色 | 酸化せず |

注 1) 酸化する物は、溶解挙動とマトリックスとの溶解速度比較を併記。

代表的発色合金A_l-Si系合金の色調

| 熱間圧延温度 (°C) | Si含有量(%) | | | |
|----------------|----------|------|------|------|
| | 0.57 | 1.77 | 3.34 | 9.82 |
| 200 | 無色 | 灰色 | 灰色 | 鮮黒色 |
| 250 | 灰色 | 鮮黒色 | 鮮黒色 | 鮮黒色 |
| 300 | 灰色 | 鮮黒色 | 鮮黒色 | 鮮黒色 |
| 350 | 灰色 | 鮮黒色 | 鮮黒色 | 鮮黒色 |
| 400 | 灰色 | 黒色 | 黒色 | 鮮黒色 |
| 450 | 無色 | 無色 | 灰黒色 | 灰黒色 |
| 500 | 無色 | 無色 | 淡灰色 | 灰黒色 |
| 550 | 無色 | 無色 | 無色 | 無色 |

合金成分量と熱履歴により、色が変化する。熱履歴には、上表のように材料の製造過程のほか、調質のための熱処理が有る。温度管理が、着色の仕上がりに影響する。

作業条件(影響因子)

1) 色の濃淡への電解条件の影響

- 電流密度の増加：濃くなる
- 電解時間の増加：濃くなる

2) 特性

- a) 色調：添加合金元素の種類、熱履歴によって、独特の色調が得られる。
- b) 耐食性：一般に添加元素が多く、耐食性への影響が有る。添加元素によっては低下する。
- c) 耐光性：紫外線に対して強く、屋外で使用しても、変色・退色は非常に少ない。
- d) 耐摩耗性：硫酸電解浴を使用するので、硫酸浴の特性となる。しかし、高濃度のA_l-Si合金では、Siの効果で、高い耐摩耗性を有する。

3) 設備

- a) 電源：電解電圧が高くなる場合が有る。特別高電圧の電源は不要。
- b) 対極：通常の陽極酸化と同様、鉛、ステンレスが使用される。
- c) 浴のかくはん：電圧が上昇する合金系が有る。その場合、ジュール熱の発生が大きくなるので、皮膜近傍の電解液温度を十分に冷却するため、かくはんが必要である。かくはんが不充分であると、焼けの原因となる。
- d) 液の冷却：電圧が上昇する場合、発熱が大きいため、電解液の冷却が必要である。

ワンポイントレッスン

- 1) 特別の素材を用意する必要が有り、色合わせが難しいことから、他の方法では難しい灰色が得られるA_l-Si合金以外はほとんど使用される事は無い。
- 2) 合金発色に見られる色のバラツキは、一般合金でも発生し得る現象である。合金発色の経験を生かし、一般合金のより安定な処理に心がけると良い。
- 3) 多くの鋳物合金、ダイカスト合金にはSiが含まれており、陽極酸化皮膜は濃灰～黒色になる。

参考文献

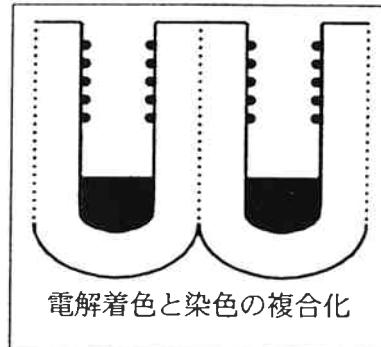
- アルミニウム表面技術便覧編集委員会編：アルミニウム表面技術便覧、軽金属出版、(1980)、191
- 中山孝廉：アルミニウムの表面処理、日刊工業新聞社、(1969)、151

5. 5 複合着色

目的・概要

単一の陽極酸化皮膜の着色技術では得られない色調を複数の着色技術を併用して達成する場合がある。これを複合着色と呼んでいる。

一般には、電解着色あるいは自然発色と染色、自然発色と電解着色などの組み合わせがある。



管理点

1) 色調管理

二つの着色方法を併用する場合、それぞれの工程で得る色を適切に管理しないと、目的の色が得にくい。それぞれの着色工程での色合わせを慎重に実施する。

2) 陽極酸化条件管理

複合着色は、一般に微妙な色調が多い。陽極酸化皮膜条件によっては、わずかな色調の違いが生ずるので、注意を要する。

ワンポイントレッスン

1) 処理工程間の洗浄は規定通り行なう。

2) 色合わせの実施、治具材料の適正化など、連続処理が困難な場合、一度乾燥させ、然るべき処理や判定をした後、陽極酸化皮膜の活性化をして、次の工程に進む事も出来る。ただし、ハンドリングが増える事で、汚染に十分な注意が必要である。

6 水洗

- 6. 1 水洗の基礎
- 6. 2 水洗設備
- 6. 3 陽極酸化処理と水洗
- 6. 4 着色後の水洗・湯洗

6 水洗

6. 1 水洗の基礎

ねらい

水洗を行なう場合、何のために（目的）と、何をどれ位まで洗うか（目標）を、はっきり決めて実施しなければならない。

目的

- 1) 工程管理上の必要性：前工程の反応を終了させること、前工程から次工程へ、浴組成や条件に害を与える有害物を持ち込まないこと、これらのために洗浄する。持ち込まれる物が次工程であり有害でなければ、簡単な洗浄でよい。
- 2) 製品品質上の必要性：処理液などが製品に残って商品価値や機能に悪影響を及ぼさないよう、品質保持のために洗浄する。

目標

影響が予想される物質を明らかにし、その物質の最終汚染許容濃度（どの位まで洗えば良いかという限界）を正しく設定する事である。洗浄を十分に行なう事は、望ましい事であるが、品質、経済性、環境に対する影響を考慮した上で、適正な洗浄を決定する。

水洗方法の種類

- 1) 浸せき水洗：水洗槽に水を溜め、その中に浸せきする事により洗浄する。
- 2) シャワー水洗：水をシャワー状にかける洗浄方法。単純な形状の場合は、有効である。接点周辺などの局部に、洗いにくい部分がある。
- 3) ミスト水洗：水を細かい霧状にかける洗浄方法。シャワー水洗よりも少ない水量で洗浄が可能。

各水洗のメカニズム

1) 浸せき水洗

浸せき水洗とは基本的には水による希釈である。どれくらいまで希釈するかという事は、どの位の汚れ濃度になるまで希釈することになる。品物について水洗槽に持ち込まれた薬液は、水洗水により希釈される以上には薄くならない。実際の水洗では、如何に早くその希釈濃度にするか、水洗水全体が均一の濃度になるかが、水洗作業を効率良く行なう事である。

2) シャワー水洗

基本は、流し洗いである。シャワー水をかけることで、ワーク上の薬液を押し流すこととワーク上の希釈とが行なわれる。シャワー水が多く、ワーク表面での水流速度が早いほど押し流しの比率が高まる。ワーク面に確実にスプレイできれば、浸せきに比べてわずかな水量で効果的な洗浄が出来る。

3) ミスト水洗

ミスト水洗はシャワー水洗の一種と考えられる。霧状にスプレイする事により少ない水量をワーク表面に供給する。押し流すよりも、希釈による洗浄効果の方が大きい。

薬液の性質と洗浄性

洗浄性の良さ（洗浄のし易さ）は、薬液の粘性、比重、水への溶解性、水中の拡散速度が影響する。陽極酸化で用いられる薬品では、アルカリエッティング液、化学研磨液、電解研磨液などが洗浄しにくいか、それ以外の薬液は洗浄性が良好である。

水の種類

- 1) 井水（井戸水）：井戸から汲み上げられた水をそのまま使用する。水質は地域により大きく異なり、雪解け水の豊富に湧き出るところでは良質な水が、海岸付近では塩分を含む水が得られる。水質を良く調査して、使用する必要がある。
- 2) 市水（水道水）：塩素により殺菌した飲用に耐える水。塩素が含まれる他、人体に影響の少ない成分は調査対象外となっているので、水質を良く調査して、使用する必要がある。
- 3) 工業用 水：地方自治体が工業用に用いる水として供給する水で、水源は様々であり、一般には飲用に適さない。水源によっては、多量に有機物を含む場合もある。
- 4) 純 水：原水中に含まれる不溶性物質をろ過した後、イオン交換樹脂で含有されるイオンを除去した水。逆浸透膜（RO膜）を透過させた水も純水として利用される。このような水を脱イオン水という。一般に、比抵抗が $1 \text{ M}\Omega \cdot \text{cm}$ 以上の物を指す。
純水には脱イオン水の他、蒸留水がある。
- 5) 超 純 水：RO膜処理、イオン交換処理を施し、最後に更にポリッシャと呼ばれるイオン交換塔を通すことで得られる不純物を含まない水。比抵抗は用途により異なるが、 $12 \text{ M}\Omega \cdot \text{cm}$ 以上が一般に用いられる。なお、水の比抵抗の理論値は $25 \text{ M}\Omega \cdot \text{cm}$ 。

水洗の促進（表面からの脱離、水洗水の均一化）

浸漬水洗の効率化は、A) ワークに付着した薬液を表面から脱離する事、B) 水洗水中の薬液濃度を均一にする事、を促進する事である。次の方法が用いられている。

- 1) エア 搅拌：槽底部に配置した散気管から空気を吹き出す事で、槽内を攪拌する。泡の大きさが細かいほど、攪拌能力が高い。
- 2) 水中シャワー：ポンプを用い、水洗水中で水をワークに吹き付ける事で、著しく洗浄効果が向上する。
- 3) ポンプ循環：槽内の液を循環する事で、水洗水に流動を与え、水洗を促進する。
- 4) 機械的攪拌（プロペラ、超音波、超振動）：機械的な方法で水洗水に流動、振動、搅乱を生じ、水洗を促進する。
- 5) 加熱：いわゆる湯洗である。加熱により、水分子および水洗水中の薬液成分分子の動きを活発にし、薬品成分の拡散速度を高めて、水洗を促進する。
- 6) ワークの振動：ワークを動かす事で付着した薬液のワーク表面からの脱離を促進する。
- 7) 電解による促進：陽極酸化皮膜にはポアがあり、実質的にはポア内が洗浄される必要がある。ポア内の電解浴成分を電気化学的にポア外に引き出す方法を、電解洗浄と呼んでいる。中性近傍の塩浴（硫酸アンモニウムなど）を処理浴として用い、中和の効果もある。

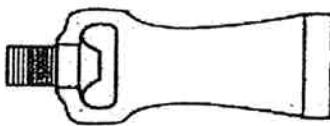
6. 2 水洗設備

目的

迅速かつ有効に水洗作業を行うため色々な設備上の考案がされている。使用水量の削減も重要な要素である。

水洗槽と周辺装置

- 1) 水洗槽の材質：一般に塩ビ(PVC)を用いる。湯洗においては、耐熱塩ビあるいはステンレスを使用する。高精度の洗浄の必要な場合は、ステンレス(SUS304)を使用する事が多い。
- 2) ポンプ：水洗槽への給水およびシャワーは、給水用のポンプの圧力で十分な場合が多いが、圧力の変動で給水量が不安定である場合には、給水ポイントにポンプを設け、給水量を一定にする必要がある。水中においてシャワーをする場合、水中で有効な力を得るために、高ヘッドのポンプを使用する。
- 3) フィルタ：水洗水からのゴミ等不溶性物質の混入を防ぐため、フィルタを介して注水する。
- 4) 散気管：エアかくはんに用いる。通常は、塩ビ管に孔を開けて、散気管とする。セラミックス製の散気管を使用することで、微小な泡を発生できる。
- 5) シャワーノズル：通常の液外におけるシャワーには、先端の調節によりシャワーの広がりが可変のノズルを使用する。シャワーの角度、広がりを調節する事により、シャワーの効率を高める事が出来る。水中でのシャワーの場合には、周辺の水を巻き込みながら吹き付ける事の出来るエJECTA型のノズルを用いると良い。(図参照)



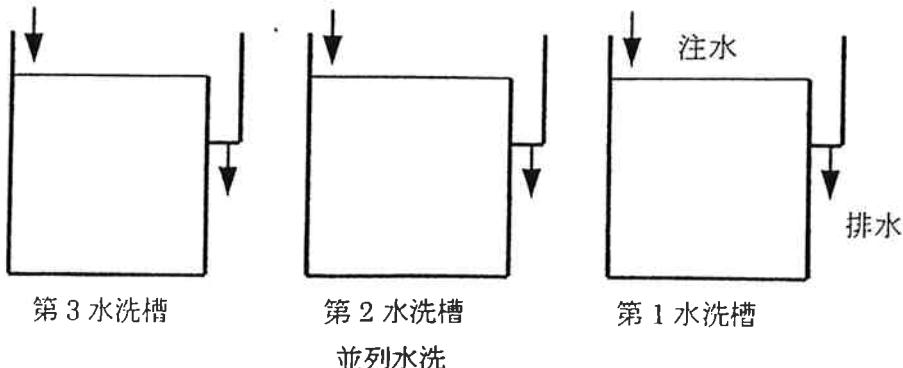
エJECTA型シャワーノズル

水洗槽の配列

水洗は1槽では不十分であり、通常2~3槽用いる。槽の配列・給排水の方法により、次の様に分類される。

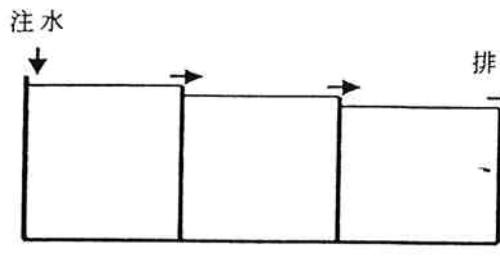
1) 並列水洗

独立した水洗槽を複数並べる多段水洗法。各々の水洗槽に新水が給水され、排水される。仮に持ち込んだ薬液が100倍に希釀されたとすると、n槽あれば $(1/100)^n$ の最終汚染濃度となる。図参照。

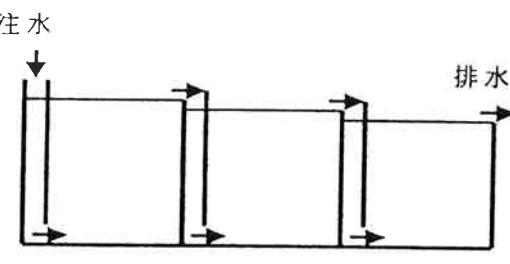


2) 直列向流水洗

いわゆる多段カウンターフロー洗浄法。タイプIとタイプIIが使用されている。槽内の水流を考慮すると、タイプIIが優れている。板を槽数分追加するだけで改良可能である。3槽式ならば、水洗効率は並列水洗とあまり変わらない。



直列向流水洗タイプI



直列向流水洗タイプII

3) 回分式水洗および回分式向流水洗

回分式水洗は、水洗水が一定の汚れに達した時、全部の水を交換する。直列向流水洗の初段水洗槽のみ全量交換し、次槽からは後段の水を順送りに前の水洗槽に移す方法を回分式向流水洗と呼ぶ。ワークの形状により薬液の汲み出し量（持ち出し量）が多い場合、定期的に全量交換が必要となる。

汲み出し量 (drag-out)

drag-outは日本語では汲み出し量、持ち出し量、すくい出し量などと様々に呼ばれている。ここでは、汲み出し量に統一して説明する。

薬液、水洗水の汲み出し量 (drag-out) は、ワークの形状により異なる。ポケット形状の場合でなくとも、無視できない量となる。汲み出し量を減少するためには、1) ポケット形状を作らない、2) 液切り時間を取りなどが有る。下表に単位面積当たりの汲み出し量を示す。

| ワークの位置 | 液切りの程度 | 汲み出し量 (m^3/m^2) |
|--------|--------|---------------------|
| 垂直部分 | 十分 | 16.3 |
| | 不十分 | 81.4 |
| | 非常に不十分 | 162.8 |
| 水平部分 | 十分 | 32.6 |
| | 非常に不十分 | 407 |

ワンポイントレッスン

水洗を決まり通りやつても、乾燥後表面にしみが残り不良となる事が有る。最終水洗水の溶解物質が、乾燥工程で残査となって表面にしみを作る。最終水洗は、純水が望ましい。また、途中の工程で乾燥した場合、そこで生じたしみが、その後の洗浄でも取りきれず残る事が有る。処理途中では乾燥しないように注意が必要で有る。

一般に、一度乾燥した汚れの除去は難しい。

参考文献

アルミニウム表面技術便覧編集委員会編：アルミニウム表面技術便覧、軽金属出版、(1980)、182、1034

金属表面技術協会編：金属表面技術便覧、日刊工業新聞社、(1972)、1582

6. 3 陽極酸化処理と水洗

目的

陽極酸化処理前及び後の水洗はそれぞれ次工程が硫酸等の持ち込みにより影響を受けるため細心の注意を必要とするとともに設備上の対策もとられている。

陽極酸化前の水洗

陽極酸化の前処理において、それまでアルミニウム表面を保護していた酸化膜は除去され、水中において水酸化物を含む比較的弱い酸化膜が形成される。このため、水洗水中に腐食性物質（特に、塩素イオン）が存在すると、腐食を生ずる場合がある。生じたピットは浅いが、陽極酸化後まで残って、製品の不良となる。（右図参照）



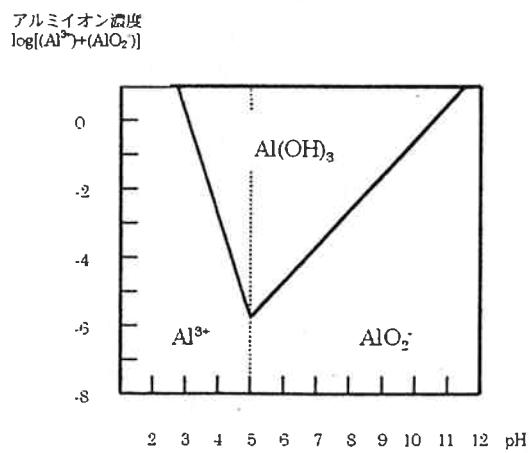
陽極酸化後の水洗

陽極酸化後の水洗で除去するのは、主に硫酸及びアルミイオンである。毛細管であるのポア内部、材料欠陥部、接点部での電解液の残留を無くすことを念頭において、洗浄を実施する必要がある。

ポア内の水洗

陽極酸化皮膜のポア内面は親水性に富んでおり、その形状が細く長い（ポア径 120Å、皮膜厚 12μm とするとその形状比は 1:1000）にもかかわらず、液は容易に入れ替わるといわれている。しかし、ポア内の硫酸には皮膜を溶解したアルミイオンが多量に含まれており、pHが急激に上昇すると右図に示す通り、水酸化アルミニウムの沈殿を生ずる。沈殿した水酸化アルミニウムは着色を阻害したり、皮膜の透明感が損なわれることがある。

洗浄は、pHを徐々に上昇させ、その間にAl³⁺イオンを洗い流すと良い。5分以上の水洗時間は必要である。



アルミニウムの水酸化物の溶解度
V型の線よりも上の領域で沈殿を生ずる

陽極酸化後の水洗の次工程への影響

1) 封孔

SO₄²⁻イオンの混入により封孔浴のpHが低下(pH 5.4以下)すると、封孔度が低下し、耐食性・耐候性が損なわれる。不純物(Al、Cu、SiO₂など)の蓄積は、液の濁りや沈殿を生ずる原因となる。

2) 電着塗装

電着塗装浴は雑イオンの混入を避けるべきである。特にSO₄²⁻は、持ち込まれやすいが、塗料をゲル化すると共に、電着挙動に影響が大きい。陽極酸化後は、十分に洗浄し、治具周辺の電解液の残りやすい部分のシャワーなどによる洗浄を徹底する必要がある。電着塗装の直前の洗浄は、純水を用いるのが望ましい。

3) 染色

染色前には十分な洗浄が必要である。残留した硫酸、アルミイオンは染色を阻害する。しかし、ポア内の電解液や欠陥部にトラップされた電解液は容易には洗いきれない。3段程度の水洗が望ましい。水の使用量を節約する方法としては、中和処理を行なう方法もある。1g/lアンモニ

ア水、あるいは10~20g/l重炭酸ナトリウムによる中和が有効である。水洗が適切かの判断には、水洗槽の電導度測定、指示薬による皮膜表面の中和度の測定を行なう。

染料の染着性を低下させるもっとも大きな要因がアルミイオン、続いて硫酸ナトリウムである。アルミイオンは染色中にも皮膜から溶解するが、陽極処理後の水洗不足による持ち込みによることが多い。硫酸ナトリウムは、電解液の硫酸の持ち込みが主な原因である。不純物の持ち込みを避ける事で、染料活性が保たれ、染料浴の寿命が延びる。

硫酸アルミニおよび硫酸ナトリウムの染色への影響を右図に示す。縦軸は染色前の皮膜との色差を表わしている。色差Eが小さいほど染色性が悪い。

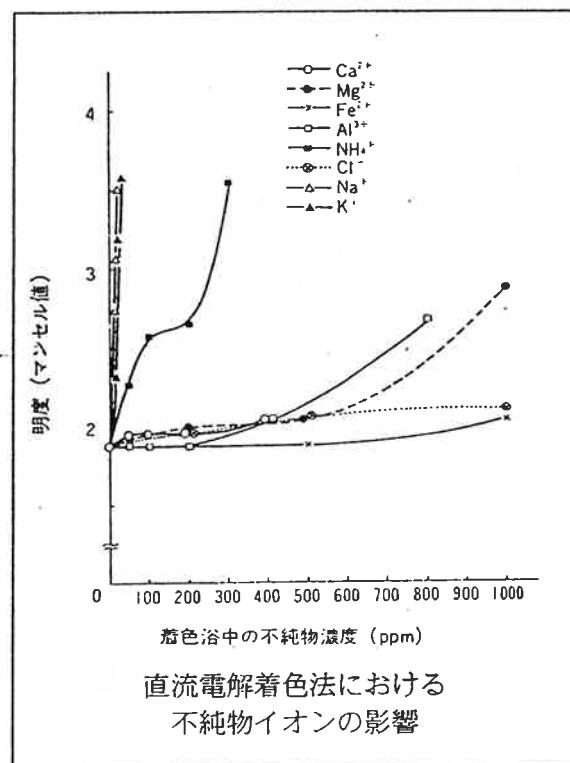
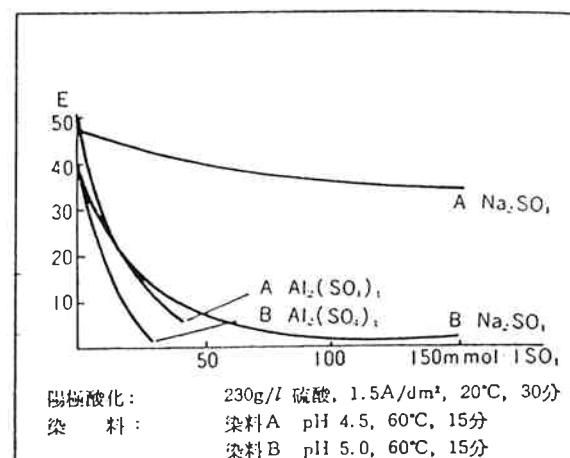
4) 電解着色

水洗の影響は、電解着色浴のpHの違いにより、大きく異なる。

酸性浴：Sn, Cu, Se浴のような酸性浴では、硫酸を浴組成として使用している事から、硫酸の混入はほとんど問題とならない。また、アルミイオンに対しても鈍感である。逆に、陽極酸化後の過剰な水洗が原因となって、色むらを生じる事がある。

弱酸性～中性浴：交流着色法Ni浴は弱酸性である。洗浄不足で、接点部などから酸が浸み出すとその酸の濃さにより、着色が阻害されたり、逆に濃く着色されたりする。また、不純物イオンの影響が酸性浴に比べて大きく、硫酸ニッケルと硼酸の基本浴では、Alイオン20ppmで色むらを生ずる。硫酸アンモニウム、硫酸マグネシウム、有機酸を添加する事でその影響が抑制される。着色浴としてのAlイオン濃度は100ppmを上限としており、洗浄不足による持ち込みに注意が必要である。

直流法における不純物イオンの着色への影響を右図に示す。



ワンポイントレッスン

洗浄不良となる部分は、治具付け部、材料欠陥部のほか、ビームから垂れてきた酸性の多い水なども無視できない。陽極酸化後の水洗では、ワークが水洗槽で洗浄中に、シャワーなどで、水洗槽外の治具や通電ビームの洗浄を行なう事が有効である。

治具や通電ビームからの水滴による色むら、水垂れ模様などの不良は意外と多い。

6. 4 着色後の水洗・湯洗

目的

着色処理等の修了した直後の水洗は、仕上げ状態を左右する重要な工程である。

着色後の水洗

1) 着色後の水洗

ワークに付着した染色液の除去を目的として、洗浄する。染色液は容易に洗浄できる。しかし、水洗水のpHに偏りが有ると脱色の原因となるので、新水を使用する。

2) 電解着色後の水洗

酸性着色浴の場合は、陽極酸化皮膜の洗浄と同様、十分な洗浄を行ない、酸分を除去する。酸の残留は、皮膜腐食の原因となる。また、引き続き電着塗装を施す場合、洗浄に注意する必要がある。特に SO_4^{2-} は、持ち込まれやすいが、塗料をゲル化すると共に、電着挙動に影響が大きい。治具周辺の着色液の残りやすい部分のシャワーなどによる洗浄を徹底する。電着塗装の直前の洗浄は、純水を用いるのが望ましい。

中性浴および弱酸性浴の場合は、洗浄は比較的容易である。しかし、電解浴には多くの成分が含まれており、次工程への影響も様々なので、十分な水洗を行なう。

3) 自然発色後

6. 3項に記載した陽極酸化と同様の注意が必要である。通常、次工程は封孔である。洗浄不十分で封孔浴のpHが低下(pH 5.4以下)すると、封孔度が低下し、耐食性・耐候性が損なわれる。不純物(AI、Cu、SiO₂など)の蓄積は、封孔浴の濁りや沈殿を生ずる原因となる。

湯洗

湯洗は加温した水を用いた洗浄である。水を加温する事で、洗浄効果が向上すると共に、水による反応性が高まる。

1) 湯洗の目的

湯洗は次の目的で使用される。

- ①洗浄の強化
- ②水和反応による材料表面の不活性化
- ③乾燥の促進

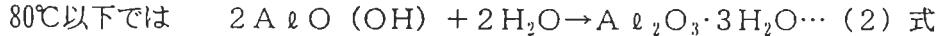
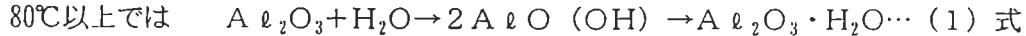
2) 湯洗の行なわれる工程

陽極酸化処理工程において湯洗が行なわれるのは、次の2工程である。

- ①電着塗装前の最終洗浄
- ②金属塩封孔浴後の洗浄

3) 湯洗による皮膜の反応

純水封孔においては、次の反応が進行する。



湯洗は通常60~80°Cで行なわれるため、(2)式の反応が起こると考えら得る。ただし、湯洗時間は短いため、皮膜のごく表層での反応である。また、湯洗水が老化して、pHが下がつてくると、反応は著しく低下する。

4) 湯洗水の水質

加温されているため、塩素などの不純物イオンが混入すると、不純物イオンとの反応が促進され、ピットの発生の危険がある。通常、純水を使用する。

5) 加温方法

加温には投げ込み式電気ヒーター(石英、ステンレス管)、ラジアントチューブ(ガス、油、蒸気)が用いられる。

電解洗浄

陽極酸化皮膜にはポアがあり、実質的にはポア内が洗浄される必要がある。ポア内の電解浴成分を電気化学的にポア外に引き出す方法を、電解洗浄と呼んでいる。電解洗浄の概要は次の通りである。

洗浄浴：中性近傍の塩浴（硫酸アンモニウム、重炭酸アンモニウムなど）

電解波形：商用交流

電解条件：10V以下

時間：5～10分

ポア内の中和効果もあり、耐食性の向上も期待できる。陽極酸化処理後、電解着色後に適用可能である。

処理待ち工程としての水洗

処理中のトラブルにより表面処理を中断せざるを得ない場合、問題解決までの間待機する事が有る。処理液中においてはそれぞれの反応が進行するため、好ましくない。そこで、水洗水中での処理待ち状態となる。次の各水洗工程において待機する場合の注意事項は以下の通りである。

- 1) エッチング前：水洗槽での待機は特に問題ない。
- 2) エッチング後：表面は活性となっている。水洗水中に塩素イオンや銅イオンが存在すると腐食を生ずる事が有るので、速やかに中和処理を終了させてから待機する。
- 3) 中和後：水洗槽での待機は特に問題ない。
- 4) 陽極酸化後：陽極酸化皮膜は、水洗槽での待機に特に問題はない。しかし、引き続き着色処理の場合は、注意を要する。
- 5) 染色前：長時間水洗槽で待機すると皮膜が不活性化し、染色できなくなる。その場合は、一度陽極酸化槽に浸漬して活性化した後染色すると良い。
- 6) 電解着色前：染色同様に、長時間水洗槽で待機すると皮膜が不活性化し、着色できなくなる。その場合は、一度陽極酸化槽に浸漬して活性化した後着色すると良い。
- 7) 電着塗装前：水洗槽での待機は特に問題ない。
- 8) 封孔前：水洗槽での待機は特に問題ない。

7 封孔処理

- 7. 1 封孔処理の原理と目的
- 7. 2 各種の封孔処理方法
 - 7. 2. 1 蒸気封孔処理
 - 7. 2. 2 沸騰水封孔処理
 - 7. 2. 3 金属塩封孔処理
 - 7. 2. 4 インプレグネーション封孔処理

7 封孔処理

7. 1. 封孔処理の原理と目的

目的

- アルミニウムの陽極酸化皮膜は、ポアを無数に持つ多孔質皮膜であり、ポアを利用し、染料を吸着させて着色する方法やポア中に金属粒子を析出させ電解着色法等があり、さらに、ポアを利用した機能性皮膜等多方面に利用されている。

このようなポアを持つ陽極酸化皮膜は、加圧蒸気や沸騰水中で処理することによりポアが塞がり、耐食性や耐汚染性が著しく改善される。

原理

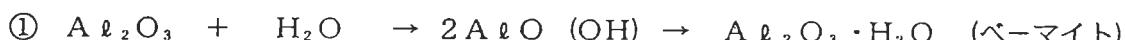
皮膜のポアを封じて不活性にする処理を封孔処理と呼んでいる。

封孔処理は、陽極酸化処理で生成された無定形のアルミナが水和反応によりベーマイトを生成させる過程である。

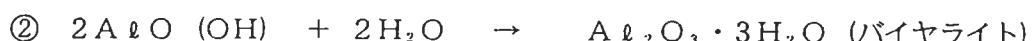


しかし、封孔の原理については、色々の研究報告が行われているが、無定形のアルミナから、最終生成物であるベーマイト生成まで複雑な反応過程を経ているため、未だ研究の余地を残している。数人の研究者が報告しているが、ポアのセル壁は 20 Å 程度の微粒子から成り、中性付近の热水により酸化物が溶出し、次いでベーマイト化が起こり、皮膜を不活性化するという説が妥当性があると言われている。

水和反応の最も重要な反応は、 Al_2O_3 からベーマイトを生成させることであるが、次のような二通りの反応形態がある。



この反応は、温度が 80°C 以上（実際には 95°C 以上）、pH が中性の条件で、ベーマイト生成される。一方、温度が 80°C 以下、pH 4.0 以下になると、次のような反応が進み、バイヤライトが生成し、耐食性や耐汚染性が著しく低下する。



封孔処理の選択

封孔処理方法には、蒸気封孔処理、水和封孔処理、金属塩封孔処理及びインプレグネイション封孔処理等があり、封孔処理の選択は、製品用途により、次のように使い分けられている。

(1) 家庭日用品(厨房製品、日用品等)：耐食性が要求されるため蒸気封孔処理が行われる。

(2) 建材関係(サッシ、ドア、エクステリア等)：通常は、金属塩封孔処理が行われており、製品の種類によっては水和封孔処理やインプレグネイション封孔処理が採用される。

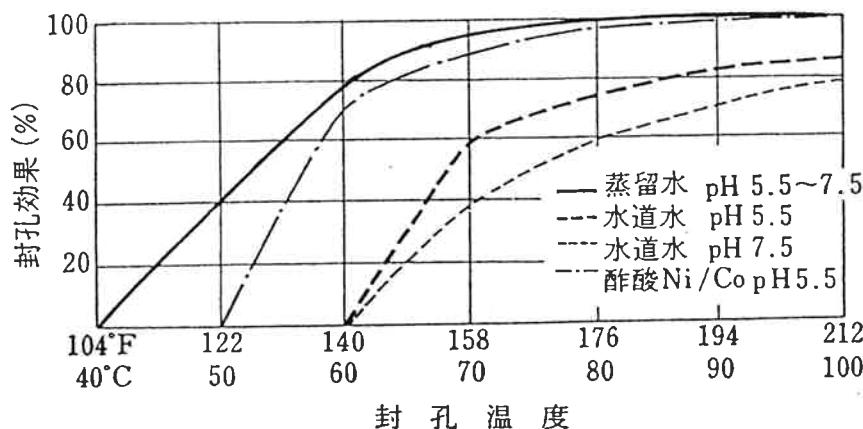
(3) 染色製品は、金属塩封孔処理が行われることが多い。

各種封孔処理方法の品質性能について

封孔処理方法には、種々の方法があり、製品の要求品質や用途により適切な方法が採用されている。いずれの方法も十分な管理が行われていれば、皮膜の封孔品質は確保できる。

データ

各封孔処理方法の違いによる封孔品質を調べた結果を図に示す。



異なる封孔処理法における温度とpHの影響 (封孔時間 30min、封孔効果は 3.5 g / ℓ
アルミニウムBlue LLWで 60°C、15min、染色したときの程度で評価)

7. 2 各種の封孔処理方法

7. 2. 1 蒸気封孔処理

目的

- 蒸気封孔処理は、しゅう酸皮膜の封孔処理として非常に耐食性の優れた皮膜が得られることから、家庭日用品のなべ、かま等に利用されている。

作業条件

蒸気封孔処理は、陽極酸化処理した被処理物を水洗後、オートクレーブ中に入れ、0.29~0.49 Pa の水蒸気で20~40分間保持して封孔する。

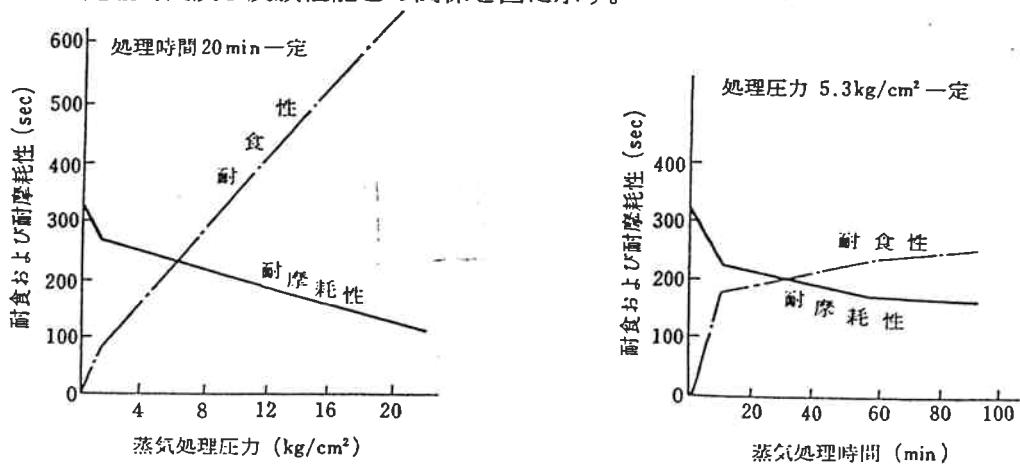
蒸気封孔処理において、蒸気温度と熱損失がないと仮定した場合の蒸気と蒸気圧力との関係を表に示す。

蒸気圧力と蒸気温度の関係

| 飽和蒸気ゲージ圧 | 飽和蒸気温度 | 飽和蒸気ゲージ圧 | 飽和蒸気温度 |
|-------------|----------|-------------|----------|
| 0.10 (M Pa) | 119.6 °C | 0.39 (M Pa) | 151.1 °C |
| 0.20 (M Pa) | 132.9 °C | 0.49 (M Pa) | 158.1 °C |
| 0.29 (M Pa) | 142.9 °C | 0.59 (M Pa) | 164.2 °C |

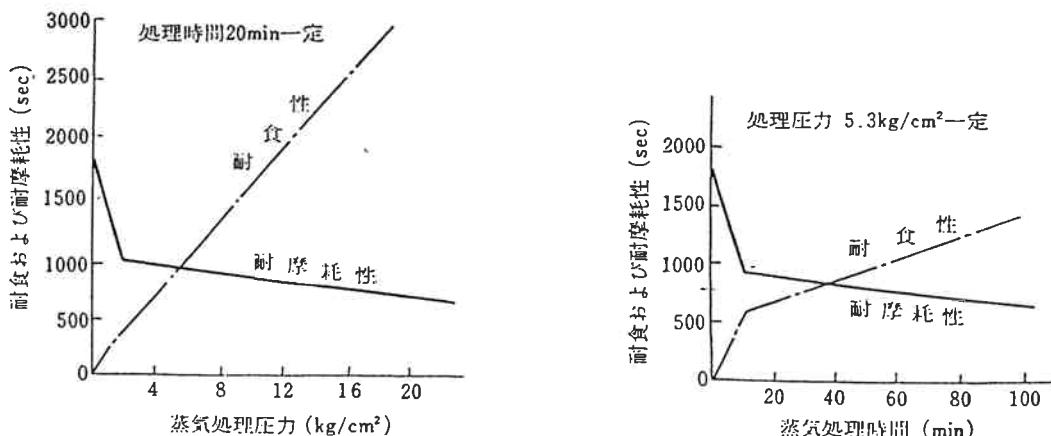
データ

蒸気圧力と処理時間及び皮膜性能との関係を図に示す。



硫酸皮膜の蒸気処理

電解条件：12.7 硫酸、22°C、8 μ厚 (AC 1.0A/dm² DC 0.8A/dm²)



しゅう酸皮膜の蒸気処理

電解条件：3% しゅう酸、23~24°C、10 μ厚 (AC 1.5A/dm² DC 0.85A/dm²)

ポイント

利点

- ①反応が早く、水質の影響を受けない。
- ②耐食性がよい。
- ③染色製品では、染料の流出が少ない。
- ④沸騰水封孔のように水質、電導度、pH等の影響を受けない。

欠点

- ①オートクレーブなどの設備が必要とする。
- ②連続作業ができない。
- ③リベット接合してある場合は、しばしば電解液の滲みが発生する。
- ④建材などの大型被処理物には、設備の関係から不適当である。

作業上の注意事項

加圧蒸気封孔処理は、表に示すように、かなりの高温度になるため、皮膜厚さが厚い場合、ヘアクラックが発生することがあるので、蒸気処理条件を十分に検討する必要がある。作業上の注意事項としては、次の通りである。

- ①被処理物は十分に水洗を行う。
- ②予め被処理物は十分に乾燥させる。(蒸気ジャケットで予め蒸気温度に近い状態で予備乾燥を行っておく。)蒸気の凝結により被処理物が乾燥していないとしみが発生することがある。
- ③蒸気ドレーンを絶えず清浄にし、たれを防止する。
- ④器物などでリベット接合してある場合は、温水(50℃程度)で洗浄しておくとよい。
- ⑤蒸気圧を上げると耐食性が直線的に良くなるが、耐摩耗性は未封孔に比較して大凡50%程度低下するので、耐摩耗性を要求される被処理物には注意が必要である。
- ⑥蒸気封孔処理では、ペーマイト化反応の進行が速く、過剰な進行が起こるので粉吹き現象が必ず発生する。そのためワイピングや仕上げ研磨が必要となる。
- ⑦リードはずしや缶内配列で指紋を付着させないこと、また製品相互の接触を避ける。

7. 2. 2 沸騰水封孔処理

目的

沸騰水封孔処理は、ペーマイトを生成させ、耐汚染性や耐食性を確保することが目的である。

原理

脱イオン水を使用し、温度は95°C以上、pHが5.5~6.5程度の条件で、2~3分間/ μm の処理時間を目安として処理し、一方、温度が80°C以下、pH 5.0以下になると、バイヤライトの生成反応が進み、耐食性や耐汚染性が著しく低下する。また、水質の影響も受けるので、電導度として2 μS 以下が望ましい。

作業条件（影響因子）

沸騰水による水和封孔処理は、温度95°C以上で2~3分間/ μm の処理時間を基準として処理が行われる。この結果では、一般に封孔処理温度が高いほど、また時間は長いほど皮膜の性能は向上する。

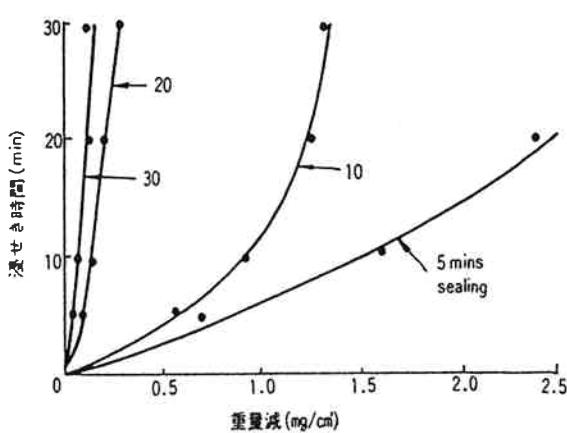
沸騰水による水和封孔処理は、処理水の水質、pHが封孔性能を大きく左右するのでイオン交換装置による脱イオン水が使用され、2 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 以下が用いられる。しかし、建浴時満足されている水質も処理量が増えるにしたがい前工程からの薬液の持ち込みによりpHが急激に低下するので、pH維持のための添加剤により調整される。このため浴は次第に汚染され、新しい水を供給しても封孔効果が低下する。

ワンポイントアドバイス

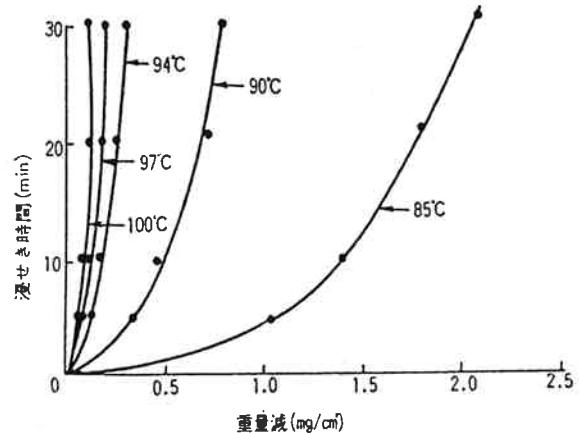
浴の汚染を防止するには陽極酸化処理終了後の水洗を十分に行うことが肝要である。また、前工程からの持ち込みが多い場合が問題になることが多い、持ち込まれた酸を中和するため添加剤を絶えず加えていくと浴の使用限界を早め、封孔水の交換回数が増加し、コストアップの原因となる。このような酸の持ち込みを減少させるために、水洗効果を高める工夫が必要であり、一例として、連続操業の場合の汚染状況に関する実験例によると処理面積10 $\text{d m}^2/\text{A}$ で耐食性が低下するが、耐食性低下の割合は、処理面積が増加しても緩やかに下降するので、封孔処理時間の延長によりカバー可能であり、実際の作業に当たって浴の更新時期は、この処理数値よりかなり延長できる。

データ

処理条件が皮膜性能及ぼす影響については、図に示す。

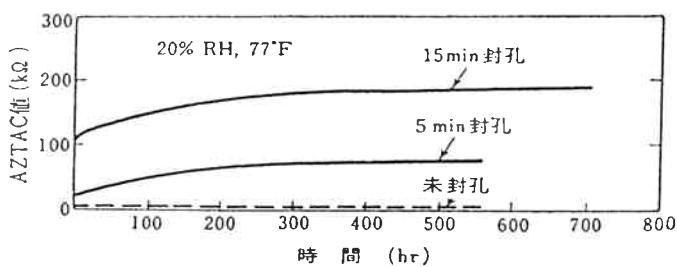


封孔時間と封孔度の関係^{*)}



封孔浴温度と封孔度の関係^{*)}

*) P.G. Sheasby, R.D. Gumiński and T.K. Castle, Trans Inst Met Finishing, 1966, 44, 50~56



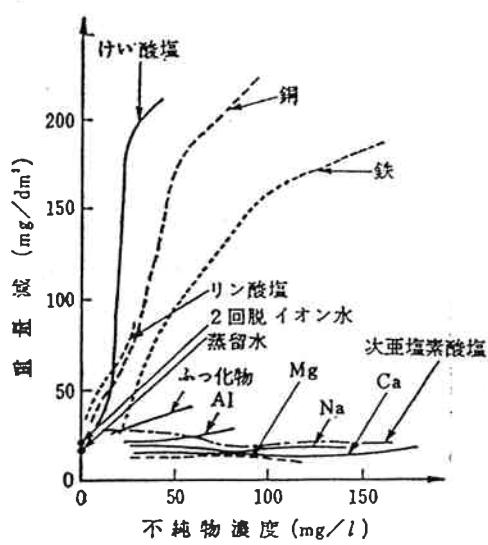
陽極酸化皮膜 7.5 μ の低温度 (20% 相対湿度) における時効のAZTACによる評価 (封孔は沸騰蒸留水による)

ポイント

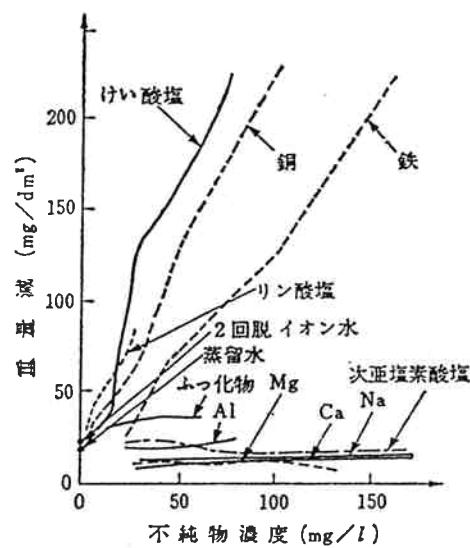
(1) 前処理工程から持ち込まれる不純物イオンの影響

① 不純物イオンが耐食性に及ぼす影響

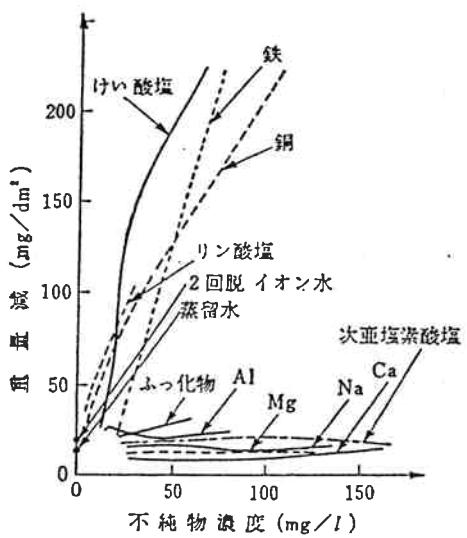
封孔浴には、前処理工程から持ち込まれる各種の不純物イオンが持ち込まれ、これらのイオンは、封孔効果に著しい影響を及ぼす。それらの代表例を示す。



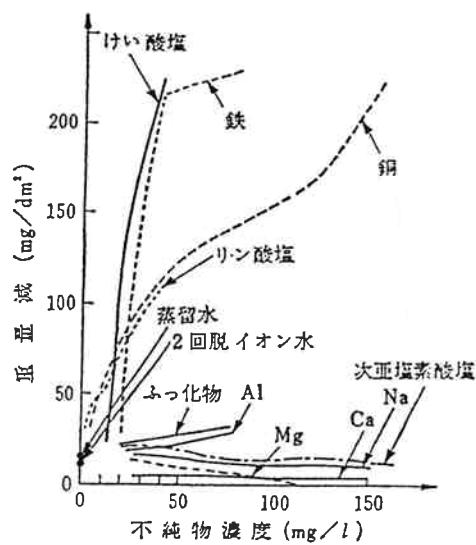
(a) 膜厚 4 μ の場合



(b) 膜厚 8 μ の場合



(c) 膜厚 12 μ の場合



(d) 膜厚 16 μ の場合

Sealing 水の不純物の種類と濃度が 4 ~ 16 μ 膜厚の試料の硝酸 ($pH = 1$) へ溶入する量に及ぼす影響

②不純物イオンの許容限界

封孔浴中に混入する不純物イオンの許容限界は、表に示す。

不純物イオンの影響

| 不純物 | SO_4^{2-} | Cl^- | SiO_3^{2-} | PO_4^{2-} | F^- | Fe^{2+} | Cu^{2+} | Al^{3+} |
|----------|--------------------|---------------|---------------------|--------------------|--------------|------------------|------------------|------------------|
| 許容量(ppm) | <250 | <100 | <10 | <5 | <5 | <10 | <10 | * |

(注) * は、殆ど影響がないが、スマットが付着するようになる。

管理点

(1) pHの影響

pHが5.5以下になると封孔効果が急激に低下し、pHが6.5を越えるとスマットが付着するようになるので、十分注意し、管理する。通常、pH調整は、アンモニア水、トリエタノールアミンやヒドラジン等の添加により行われる。また、浴は、経路にバイパスを作り、常時イオン交換処理が行われ、不純物イオンを除去する必要がある。

(2) 混入浮遊物の除去

封孔浴は、被処理物を処理するにしたがい、浴中に浮遊物が発生し、それらが被処理物表面に付着するようになるため、浴は、適宜、砂ろ過等によりろ過し、浮遊物を除去する。また、前工程から持ち込む、硫酸イオン、アルミニウムイオン等の不純物イオンは、イオン交換樹脂法により定期的に除去し、浴管理をしなければならない。

(3) 温度と処理時間

水和封孔処理は、酸化アルミの水和反応を利用し、ベーマイトに再結晶させる反応である。この反応がスムーズに進行するためには、水質・温度・時間の管理が必要である。

通常、水質はイオン $2 \mu\text{S}/\text{cm}$ 以下、温度95°C以上、処理時間は皮膜厚さにより異なり、2~3分間/ μm を標準とする。

作業上の注意事項

(1) 封孔設備上の注意点

①封孔槽、配管及びろ過設備は、材質を調査し、沸騰点で材料成分の有害イオンが溶出しないように配慮する必要がある。

②複雑な被処理物の場合は、電解工程から引き上げ水洗水へ移る際、十分に液きりを行い、また、水洗回数の増加及びシャワー水洗を併用するとよい。

③封孔処理面積が多い場合は、ろ過経路にバイパスにより常時イオン交換処理が必要である。

(2) 水和封孔処理における粉吹き防止について

封孔処理後、被処理物を乾燥させると粉吹きが観察される。粉吹きの原因は、複雑な要因により発生する。

①電解工程で発生している場合

発生の原因は、電解中に皮膜の極く表層が電解液で化学溶解を起こし、微粉化する。この溶解作用は、電解温度が高いほど上昇し、溶解量は電解時間に比例し、高温・長時間電解された皮膜の表面は、封孔前に、すでに、粉吹きが発生している。したがって、粉吹き現象を防止するためには、低温・短時間電解処理が望ましく、所定の膜厚を得るために、高電流密度で短時間電解する必要がある。

②染色及び電解着色工程で発生している場合

染料が皮膜表面に付着することにより粉吹きを生じることがある。染料の種類やpH及び染料液の老化度合により粉吹き発生状態が異なる。

③封孔処理工程で発生している場合

封孔処理工程で発生する粉吹きは、高温度・長時間封孔ほど発生しやすく、封孔効果が高まる程、発生しやすい。一般に、封孔処理工程で発生する粉吹きは、皮膜と水の反応により生成したベーマイト $\{\text{AlO(OH)}\}$ が含まれている。これらはワイピングや仕上げ研磨(マチレスを研磨剤としてばらバフを用いてバフ研磨を行うとよい。)

7. 2. 3 金属塩封孔処理

目的

金属塩封孔処理は、装飾品、厨房品、建材等に広く使用されている。

原理

ニッケル、コバルト、亜鉛、銅、鉛等の金属塩水溶液を用いて封孔することにより加水分解し皮膜のポア内に沈着すると同時に水和反応が並行して起こり、封孔効果が発揮される。特に、染色品に対しては、ニッケルと染料分子が反応し、新しい金属錯体を作り、染料流出を防止する効果が大である。

通常、金属塩としては、酢酸ニッケルが使用されることが多く、染色製品や長期間の耐久性や耐汚染性が要求される大型建材製品等の封孔処理に利用される。

作業条件（影響因子）

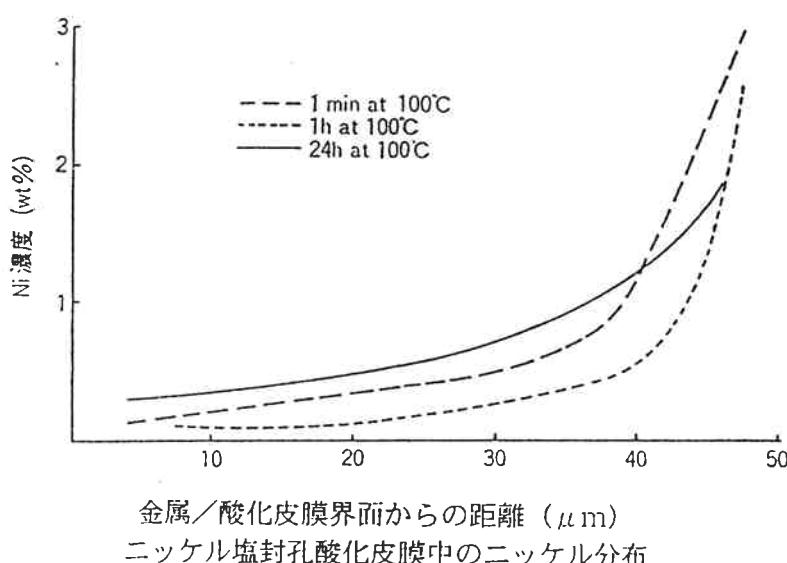
金属塩封孔処理方法の代表的な組成例を表に示す。

金属塩封孔処理方法の代表的な組成例

| 組成 | その1 (g / ℓ) | その2 (g / ℓ) |
|--------|----------------|----------------|
| 酢酸ニッケル | 5.0～5.8 | 5.0 |
| 酢酸コバルト | 1.0 | — |
| ほう酸 | 8.0～8.4 | 5.0 |
| pH | 5～6 | 5～6 |
| 温度 | 70～90 | 98～100 |
| 処理時間 | 15～20 | 20～30 |

データ

酢酸ニッケルで封孔処理した皮膜について、ニッケル含有量を原子吸光分析方法により測定した結果を図に示すが、皮膜 15 μm に含有しているニッケル量は極めて少ないことが報告されているが、この極めて微量のニッケルが耐食性や耐汚染性を向上させている。



管理方法

金属塩封孔処理の処理条件は、通常は、温度 70~90℃、処理時間は 20~30 分間が多く、浴管理としては、ニッケル及びほう酸の濃度管理及び pH (希酢酸及びアンモニア水等で調整) 管理を行い、水酸化ニッケルがフロック状に浮遊する場合は、ろ過により除去し、浴の汚染や pH 低下が著しく、浮遊物も多い場合は、浴を更新する。

ポイント

利点

- ①染色品の染料の定着効果が極めて良い。
- ②封孔コストを低減できる。
- ③短時間処理で封孔効果が上がる。

欠点

- ①表面に水酸化ニッケルのスマットが多量に付着し、最終仕上げでワイピング作業が伴う。
- ②最終水洗水がニッケルで汚染する。
- ③商品として表面処理後、接着等の工程が入る場合は、接着性が著しく低下する。

作業上の注意事項

沸騰水封孔の場合と殆ど同じような注意が必要であるが、特に、pH を 5~6 の範囲で管理し、水酸化ニッケルのフロック状浮遊物が多い場合は、ろ過により除去することにより 1~2 ヶ月間使用できることもあるが、硫酸イオンや有害イオンの持ち込みが多い場合は更新を頻繁に行うことになるので注意が必要である。

7. 2. 4 インプレグネーション封孔処理

目的

インプレグネーション封孔は、建材等の低温封孔方法として、一部に採用されており、低温化による省エネルギーが目的である。ポストシーリングであり温度や時間を要するものでは低温封孔としての意味がなくなる。

原理

インプレグネーション封孔処理の原理は、次のようなメカニズムと報告されている。

- ①溶液中のフッ素イオンが皮膜に吸着し、そして錯化合物を形成し、皮膜の一部が溶解作用を起こす。
- ②皮膜の溶解作用によりポア内の硫酸イオンが減少し、局部的にpHが上昇し、pHに勾配を生じる。
- ③ポア近傍の溶液pHは高いため、ポア内部のアルミイオンはニッケルイオンと共に共沈し、その結果として Al(OH)_2 、 3Al(OH)_3 、 6Ni(OH)_2 の複雑な混合物として析出するといわれている。したがって、この反応は、ポア入り口で起こり内部まで進行しないと言われている。
- ④この反応は、封孔直後では品質性能が発現しない。通常、一定期間経時することにより空気中の水分を吸収し、ポストシーリングが起こり、14日程度で品質性能が発揮できるようになる。エージング期間を短縮するためには、沸騰水または酢酸ニッケル封孔を行う必要があり、通常、酢酸ニッケル封孔が行われる。

作業条件（影響因子）

処理条件の一例を表に示す。

処理条件の一例

| 項目 | 条件 | 備考 |
|-------|------------------|-----------------|
| 主剤濃度 | 3.5～6.0 (g/l) | — |
| フッ素濃度 | 主剤濃度 × 0.12～0.22 | フッ化アンモニウムで調整する。 |
| pH | 5.2～6.5 | 硫酸またはアンモニア |
| 温度 | 25～35 ℃ | — |
| 処理時間 | 0.5～2分間 / μm | — |

データ

ポストシーリング後の封孔品質は表に示す。

ポストシーリング後の封孔品質

| 封孔処理方法 | 条件 | アルカリ滴下(秒) | キャス(8hr) | りん酸／クロム酸浸せき | アドミッタンス(μs) |
|-------------------------|----------------------------------|-----------|----------|-------------|-------------|
| 沸騰水和封孔 | 98℃ × 60分間 | 40 | RN9.8 | 14.2 | 28.5 |
| インプレグネーション封孔 + 酢酸ニッケル封孔 | 1段目 30℃ × 10分間 2段目 30℃ × 20分間 | 150 | RN9.8 | 1.7 | 13.0 |

ポイント

利点

- ①低温短時間封孔が可能であり、省エネルギー効果が大きい。
- ②常温封孔のため作業安全性が高い。
- ③硬質皮膜に対しても封孔処理ができる。

8 工程管理

- 8. 1 管理すべき事項
- 8. 2 電解浴の管理
- 8. 2. 1 硫酸電解浴の分析方法
- 8. 2. 2 しゅう酸電解液の分析方法
- 8. 3 着色浴の管理
- 8. 4 染色浴の管理
- 8. 5 封孔浴の管理

8. 工程管理

8. 1 管理すべき事

目的

・工程管理の目的は、品質の安定化及び原価の低減等であり、管理項目ごとにデータをとり、処理条件の調整を図ることである。

工程の管理は、作業標準に示された作業条件や加工方法に等に基づき、各工程ごとの管理項目及び品質特性等を定めて、チェックを行わなければならない。

1) 加工工程の管理表の作成と管理方法

工程の管理を行うには、作業標準に基づいた各工程ごとの管理項目及び品質特性を明確にする。

管理項目とは温度、濃度や処理時間等の品質に影響を与える要因である。

管理項目に対する管理方法は、チェック時期、チェック方法、記録方法等を明確にしておく。また、品質特性に対する管理方法は、チェック時期、サンプリング数、不良品の出た場合の処置、担当者、チェック方法、記録方法等を明確にしておく。

加工工程の管理項目と管理事項の例を表1に示す。また、工程管理表の例を表2に、記録表（管理図）の例を表3に示す。

2) 工程管理に必要な規格（基準）書類

加工工程の管理表に基づいて工程管理をするには、種々の規格が必要となる。

例えば、処理液の管理には、分析の基準等に従って行わなければならない。加工設備の管理には、設備管理基準が、各工程の管理に必要な測定機器には、測定機器管理基準が、また、加工後の品質及び性能の管理には、性能試験測定基準を定めて行わなければならない。

参考) ISO9000では工程管理について、次のように規定している。

工程管理

事業部は、その生産する製品を品質要求事項に合致させるため、製造工程、及び契約に含まれている場合は据付け工程を適切に管理するための活動を行う。

(1) 工程を適切に管理するため、製造技術標準、QC工程図、作業指示票を整備し活用する。
この担当は生産技術部及び製造部とする。

[関係規格] 製造技術標準規定、QC工程図作成基準、作業指示票作成基準

(2) 工程の管理が適切に行われているか否かについて、品質管理部は隨時チェックし、必要な場合には是正措置を行わせ、かつ日報に記録する。

[関係規格] 工程内検査基準

(3) 整備の管理が適切に行われているか否かについて生産技術部は隨時チェックし、必要な処置をとり、記録を保管する。

[関係規格] 設備管理規定、計測管理規定

(4) 生産技術部は溶接、ハンダ付け、めっき、熱処理等を特殊工程とし、その管理方法を確立する。

[関係規格] 特殊工程管理基準

工程内の検査・試験

(1) 工程内の検査及び試験は原則として製造課が、作業指示書にもとづいて行う。品質管理課は隨時その状況をチェックすると共に、予め指定されている場合の検査・試験を行う。

[関係規格] 作業指示書、工程内検査規定

(2) 自動加工機及びプレスなどでロット生産する場合、製造課は初物検査を行い、必要に応じて品質管理課の立会いを求める。検査結果は記録する。

(3) 製造課は不適合品を赤札により識別し、不良品置場に現品を保管して、次工程に流れないように管理する。また再発防止の教育用に利用する。

参考文献 1)「アルミニウム表面処理の理論と実務」軽金属製品協会編

2)「ISO9000審査登録ガイドブック」日本規格協会編

表1 加工工程の管理項目と管理事項の例

| | 素材受入 | 研磨 | 脱脂 | 水洗 | ラック付け | 陽極酸化処理 | 水洗 | 封孔 |
|---------|---|--|--------------------------------------|-------------------|---|--|-----------------|---|
| 管理項目 | - | ・バフの種類 ・周波数 ・研磨材の種類 ・バフの使用限度 ・研磨材使用量 | ・洗剤の種類 ・洗剤の濃度 ・洗浄時間 ・液の取替時期 | ・水質(pH) ・時間 | ・わくの材質、形狀、寸法 ・ラックの材質、形狀、寸法 ・ラック付け数(m/1わく) | ・電圧 ・電流 ・液濃度 ・液温度 ・1チャージわく数 ・処理時間 ・液の取替時期 ・全硫酸 ・遊離酸 ・アルミ分 ・塩化物 | ・水質(pH) ・時間 | ・蒸気圧力(煮沸温度) ・封孔時間 ・添加剤の種類と使用量 |
| チェックの方法 | | 係長が1日1回以上巡回チェック | 午前、午後各1回以上係長が巡回チェック | 右に同じpHメーター及びpH試験紙 | 右に同じ | 右に同じ 但し、全硫酸、遊離酸、アルミ分、塩化物は毎週土曜日に係長が液を採取し研究に試験を依頼する。 | 係長が1日1回以上巡回チェック | 左に同じ |
| 記録・測定者 | | | ・工程能力図 | ・工程能力図 | | ・工程能力図 (濃度、温度、全硫酸、遊離酸、アルミ分、塩化物) ・電解日誌 (電流、電圧、時間、わく数) | ・工程能力図 | ・電解日誌 (圧力(温度)時間) |
| 品質特性 | ・材質 ・形状寸法 ・外観 (腐食、ふくれ、めくれ、とびこみ、ダイスマーカ、その他) | ・表面粗さ ・外観 (やけ、たれ、異物付着、パラ目、その他) | ・外観 (脱脂不十分 (ソーグ焼け) その他) | 左に同じ | | ・膜厚 | | ・耐食性 ・耐磨耗性 ・外観 |
| 管理の方法 | ・受入ロット毎にランダムに2%を抜取チェック ・必要に応じ材料成績書を提出させる。 | ・外観は初品及び20コ毎に抜取チェック ・表面粗大は、毎週1回研究に測定依頼 | 午前、午後の作業開始時に取扱チェック | 左に同じ | | ・膜厚は1チャージ毎に1コランダムに抜取チェックし研究に試験依頼 | | ・午前1回、午後、1回ランダムサンプリングし研究に試験依頼 ・外観は全数検査 |
| 記録・測定者 | ・受入作業日報 ・材料成績書 | ・作業日報 | ・作業日報 | ・作業日報 | ・作業日報 | ・管理図 (膜厚) | ・管理図 (pH) | ・管理団 (耐食性) (耐磨耗性) (外観) ・検査員 |
| 関係規格 | 素材受入 検査規格 | 研磨 作業標準 | 脱脂 作業標準 | 水洗 作業標準 | ラック付け 作業標準 | 陽極酸化処理 作業標準 | 水洗 作業標準 | 封孔 作業標準 |
| 備考 | | | | | | | | |

表2 工程管理表の例

| 工程区分 | 建浴 | 浴温 | | | 理 温 | | | 理 温 | | | 注 | | | 作業方法 | |
|----------------|------------------------------------|--------------|-----------------------|---|--------------------------------------|----------------------|-----------------------|----------------------|------|--|----------------------------------|---------------------|--------|------|-----------------------------------|
| | | 温度限界 (°C) | 测定方法 管理方法 | 測定時間 | 測定場所 | 過度限界 (g/l) | 測定方法 | 測定時間 | 測定場所 | 浴温度の維持 | 浴の更新 | 通電方法 | 処理時間 | その他 | 記入管理グラフの 種類 |
| (1)干燥脱脂 井水 | 67.5%硫酸と 井水 | 常温 | — | — | 逆離硫酸 120±60 | 2回／週 火・金 9:30- | ×××液 管理作業 標準による | 2回／週 火・金 9:30- | 槽の北端 | 分析結果により補充 する | 槽内の汚れがひどく なった時 (油付着など) | — | 6'00' | — | 2回／週(火・金) 逆離硫酸 (様式1) |
| (2)水洗井水 | — | 常温 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | オーバーフロー |
| (3)か性エッ チング | 50%のか性 ソーダ、井水 及びアルコン 酸ソーダ | 50±5 | 3回／日 (作業日報 に記録) | 温度計 蒸気井水 のバルブ 操作 | 逆離アル カリ 40±10 浴存アル ミ50以下 | 2回／週 火・金 9:30- | ×××液 管理作業 標準による | 2回／週 火・金 9:30- | 槽の北端 | 分析結果により補充 する、アルコン酸ソ ーダは塗浴時、1g /lで約600ml/目添 加する | 浴存アルミが限界値 よりも多くなった時 | — | 5'00' | — | 2回／週 逆離アル カリ、浴存アル ミ(様式1) |
| (4)水洗井水 | — | 常温 | — | — | 逆離酸 150±10 浴存アル ミ50以下 | — | — | — | — | (流量m ³ /H r) | 1回／月 | — | 30' | — | オーバーフロー ハブリング |
| (5)中和 | 98%硫酸と 井水 | 常温 | — | — | 逆離酸 160±10 浴存アル ミ20以下 | 2回／週 火・金 9:30- | ×××液 管理作業 標準による | 2回／週 火・金 9:30- | 槽の北端 | 分析結果により補充 する(98%) | 浴存アルミが 50g/lをこえた時 | — | 6'50' | — | 2回／週(火・金) 逆離硫酸、浴存アル ミ(様式2) |
| (6)陽極酸化 井水 | 98%硫酸と 井水 | 21±2 | 3回／日 (作業日報 に記録) | 温度計、 ブレート クーラー ^{の入口で 自効冷却} | 逆離硫酸 160±10 浴存アル ミ20以下 | 2回／週 火・金 9:30- | ×××液 管理作業 標準による | 2回／週 火・金 9:30- | 槽の北端 | 分析結果により補充 する | 浴存アルミが 20g/lをこえる時 合は浴を更新する | 120A/m ² | 30'00' | — | 2回／週(火・金) 逆離硫酸、浴存アル ミ(様式3) |
| (7)水洗井水 | — | 常温 | — | — | pH メーター | — | pH メーター | — | 槽の北端 | (流量m ³ /H r) | 1回／月 | — | 2'00' | — | オーバーフロー ハブリング (様式3) |
| (8)水洗井水 | — | 常温 | — | — | pH メーター | — | pH メーター | — | 槽の北端 | (流量m ³ /H r) | 1回／4ヶ月 | — | 6'00' | — | オーバーフロー ハブリング (様式3) |
| (9)水洗井水 | — | 常温 | — | — | pH メーター | — | pH メーター | — | 槽の北端 | (流量m ³ /H r) | 1回／4ヶ月 | — | 6'00' | — | オーバーフロー ハブリング (様式3) |
| (10)電解着色 | — | 30±2 | 温度計 | 當時記録 | 槽の中央 | — | — | — | 槽の北端 | — | — | DC または AC | 4'00' | — | 2回／日 |

表3 記録表の例

年 月度 子偏脱脂槽(m³)・エッティング槽(m³) 液管理グラフ

| | | |
|--|--|--|
| | | |
|--|--|--|

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------|--------|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 子偏脱脂槽 | 130 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 120 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 遊離硝酸 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 120±10 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | (g/l) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| エッティング槽 | 110 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 100 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 蒸液添加量 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 60 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 遊離アルカリ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 溶存アルミ | 40±10 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 50 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 40 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 50以下 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 30 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 蒸液添加量 | 20 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 日 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 |
| 分析者 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

年 月度 陽極酸化処理槽(m³) 水洗槽(m³) 湯洗槽(m³) 液管理グラフ

| | | |
|--|--|--|
| | | |
|--|--|--|

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------|--------|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 陽極酸化処理槽 | 25 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 溶存アルミ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 25以下 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | (g/l) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 10 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 水洗槽・湯洗槽 | 5 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 180 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 遊離硫酸 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 170 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 160±10 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 蒸液添加量 | 160 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | (g/l) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 150 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 140 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 日 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 |
| 分析者 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

8. 2 電解液の管理

陽極酸化処工程の工程管理表の例を次に示す。

陽極酸化工程の工程管理表の例

| | 浴管理方法 | | | | | | | |
|-----------|--------------------------------|-------------------|-------------|---------------------------------|--------------|------------------------------|------|--|
| | 浴温度 | | | | 浴濃度 | | | |
| 温度限界 ℃ | 測定方法 管理方法 | 測定時刻 | 測定場所 | 濃度限界 g/L | 測定方法 | 測定時刻 | 測定場所 | |
| 硫酸電解液 | 21±2 温度計 プレートクーラーにより自動冷却 | 3回/日 (作業日報に記録) | プレートクーラー入り口 | 遊離硫酸 150±20 溶存アルミ 25以下 | 電解液管理作業標準による | 2回/週 火、金 8:30~ 9:30 | 槽の北端 | |
| しゅう酸電解液 | 28±2 温度計 プレートクーラーにより自動冷却 | 3回/日 (作業日報に記録) | プレートクーラー入り口 | 遊離しゅう酸 30±1 溶存アルミ 20以下 | 電解液管理作業標準による | 2回/週 火、金 8:30~ 9:30 | 槽の北端 | |

| | 浴管理方法 | | 作業方法 | | |
|----------|---------------|--------------------------|---|--------|-----|
| | 浴濃度の維持 | 浴の更新 | 通電方法 | 処理時間 | その他 |
| 硫酸陽極酸化 | 分析結果より硫酸を補充 | 溶存アルミが25g/L越える場合は浴を更新する。 | 直流 120A/m ² | 30'00" | 液循環 |
| しゅう酸陽極酸化 | 分析結果よりしゅう酸を補充 | 溶存アルミが20g/L越える場合は浴を更新する。 | 交直重量法 交流 100A/m ² 直流 100A/m ² | 40'00" | 液循環 |

分析作業条件（影響因子）

- 分析を行うためには、使用する器具は常に清潔を保つ必要がある。ガラス器具類に付着している脂肪類は、清浄液に浸し水で洗い、最後に純水又は蒸留水で洗ったものを使用する。
- 標準溶液や試薬の取り扱いには、他からの汚染に十分注意すること。標準溶液や試薬を分取するときは、必ずピーカーにその一部を取り、ピーカーを洗浄し、ついでピペットやビュレットをその液で洗浄してから使用するようにし、直接試薬瓶から取らないようにする。また、一度試薬瓶から取り出した試薬は、元の試薬瓶に戻さない。
- 試薬溶液の取り扱いは、前項同様、他からの汚染に注意し、直接試薬瓶にピペット等を入れて分取することのないようにする。
- 定量分析においては、同一試料を2回以上繰り返して分析を行い、その平均値を取る。

8. 2. 1 硫酸電解液の分析方法

硫酸電解液中の全硫酸、遊離硫酸、アルミニウムの分析方法の一例を以下に示す。

1) 全硫酸の定量

全硫酸の定量方法は、中和滴定法による。この方法は、アルミニウム濃度が27g/L以下の硫酸電解液に適用する。

【要旨】試料液にフェノールフタレンを指示薬として加え、水酸化ナトリウム溶液で滴定する。

【試薬の調製】

(a) 1 mol/L 水酸化ナトリウム溶液 (40.00 g NaOH/L)

① 水酸化ナトリウム 165 g をポリエチレン瓶 500ml に取り、蒸留水又はイオン交換水（以下、水という）150ml に溶解し、密栓して 24 時間以上放置する。この上澄み液 54ml をポリエチレン瓶に取り、水で 1 L として保存する。

② 標定方法 過塩素酸マグネシウムデシケータ中で約 48 時間乾燥したアミド硫酸 (J I S K 8005) 2.4~2.6g を 0.1mg の単位まではかり取る。水 25ml を加えて溶解し、プロムチモルブルーを指示薬として水酸化ナトリウム溶液で滴定する。

次式によって水酸化ナトリウム溶液のファクターを算出する。

$$F = \frac{m \times 1000}{97.09 \times V} \times \frac{C}{100}$$

F : 1 mol/L 水酸化ナトリウム溶液のファクター

m : はかり取ったアミド硫酸の質量 (g)

C : アミド硫酸の含量

V : 水酸化ナトリウム溶液の滴定量 (ml)

(b) フェノールフタレイン溶液

フェノールフタレイン 1 g をエタノール (95) 90ml に溶解し、水で 100ml とする。

【操作】

試料 5 ml ← ホールピペットでコニカルビーカー (300ml) にはかり取る。

↓ ← 水約 70ml を加える。

ふりませる

↓ ← フェノールフタレイン溶液 3~4 滴を加える。

滴 定 ← 1 mol/L 水酸化ナトリウム溶液で滴定する。微紅色となった点を終点とする。

【計算】 全硫酸濃度 (g/L) = V × F × 9.8

V : 1 mol/L 水酸化ナトリウム溶液の滴定量 (ml)

F : 1 mol/L 水酸化ナトリウム溶液のファクター

2) 遊離硫酸の定量

遊離硫酸の定量方法は、中和滴定法による。この方法は、アルミニウム濃度が 27 g/L 以下の硫酸電解液に適用する。

【要旨】 試料液にふつ化カリウム溶液を加え、フェノールフタレインを指示薬として、水酸化ナトリウム溶液で滴定する。

【試薬の調製】

(a) ふつ化カリウム溶液 (100g/L)

ふつ化カリウム 10g を水に溶解して 100ml とする。ポリエチレン瓶に保存する。

(b) 1 mol/L 水酸化ナトリウム溶液 (40.00 g NaOH/L)

全硫酸の項と同じ。

(c) フェノールフタレイン溶液

全硫酸の項と同じ。

【操作】

試料 5 ml ← ホールピペットでコニカルビーカー (300ml) にはかり取る。

↓ ← 水約 70ml を加える。

↓ ← 100g/L ふつ化カリウム溶液 30ml を加える。

ふりませる

↓ ← フェノールフタレイン溶液 3~4 滴を加える。

滴 定 ← 1 mol/L 水酸化ナトリウム溶液で滴定する。微紅色となった点を終点とする。

【計算】 遊離硫酸濃度 (g/L) = V × F × 9.8

V : 1 mol/L 水酸化ナトリウム溶液の滴定量 (ml)

F : 1 mol/L 水酸化ナトリウム溶液のファクター

3) アルミニウムの定量

アルミニウムの定量方法は、錯滴定法による。この方法は、アルミニウム濃度が36g/L以下の硫酸電解液に適用する。

【要旨】試料液にエチレンジアミン四酢酸二ナトリウム溶液を加え、硫酸で酸性にして、酢酸アンモニウム溶液でpH3~4に調整して加熱煮沸し、冷却後アンモニア水でpH5~6に調整し、キシレノールオレンジを指示薬として、亜鉛溶液で滴定する。

【試薬の調製】

(a) 硫酸(1+1)

(b) 塩酸(1+3)

(c) アンモニア水(1+2)

(d) 酢酸アンモニウム溶液(100g/L)

酢酸アンモニウム10gを水で溶解して100mlとする。

(e) 硝酸(1+1)

(f) 0.04mol/L亜鉛溶液(2.615g Zn/L)

亜鉛(JIS K 8005)を塩酸(1+3)、水、エタノール(99.5)、ジエチルエーテル中に順次入れて洗い、直ちに過塩素酸マグネシウムデシケータ中に入れて12時間放置した後、2.615gをはかり、三角フラスコ(300ml)に取る。これに水25ml、硝酸(1+1)30mlを加え、冷却管を付けて水浴上で加熱溶解する。ついで、煮沸して窒素酸化物を除き、冷却した後メスフラスコ(1L)に移し入れ、水を加えて1Lとする。

(g) 水酸化ナトリウム溶液(100g/L)

水酸化ナトリウム10gを水で溶解して1Lとする。

(h) アンモニア性塩化アンモニウム緩衝液

塩化アンモニウム67.5gをアンモニア水570mlに溶解し、水を加えて1Lとする。

(i) エリオクロムブラックTメタノール溶液(5g/L)

エリオクロムブラックT0.5gと塩酸ヒドロキシリルアミン4.5gとをメタノールに溶かして100mlとする。

(j) 0.04mol/Lエチレンジアミン四酢酸二ナトリウム溶液(14.89g/L)

① エチレンジアミン四酢酸二ナトリウム(EDTA)二水和物14.9gを水で溶解して1Lとする。ポリエチレン瓶に入れて保存する。

② 標定方法 0.04mol/L亜鉛溶液25mlに水75mlを加えた液に水酸化ナトリウム溶液(100g/L)を用いてpHを6~8に調節し、アンモニア性塩化アンモニウム緩衝液2mlを加え、指示薬としてエリオクロムブラックT(メタノール溶液)を添加し、0.04mol/LEDTA溶液で滴定し、液の色が赤から青に変わる点を終点とする。

次式によってEDTA溶液のファクターを算出する。

$$F = \frac{A}{V}$$

F: 0.04mol/L EDTA溶液のファクター

A: 0.04mol/L 亜鉛溶液の採取量(ml)

V: 0.04mol/L EDTA溶液の滴定量(ml)

(k) チモールブルー溶液(1g/L)

チモールブルー0.1gをエタノール(95)20mlに溶解して、水で100mlとする。

(l) メチルレッド溶液(2g/L)

メチルレッド0.2gをエタノール(95)90mlに溶解して、水で100mlとする。

(m) キシレノールオレンジ溶液(1g/L)

キシレノールオレンジ0.1gを水で溶解して、100mlとする。

【操作】

- | | |
|----------------|---|
| 試料 5 ml | ← ホールピペットでメスフラスコ (100ml) にはかり取る。 |
| ↓ | |
| 100 ml | ← 水を加えて全量を正しく 100ml とする。 |
| ↓ | |
| ふりませる | ← <u>10ml</u> ホールピペットでコニカルビーカー (300ml) に分取する。 *アルミニウム濃度 18g/L 以下のときは 10ml を、それを超えるときは 5ml 分取する |
| ↓ | |
| pH調整 | ← 0.04mol/L EDTA 溶液 10ml をホールピペットで加える。 |
| ↓ | |
| 加熱 | ← 硫酸 (1+1) 約 1ml を加える。 |
| ↓ | |
| 冷却 | ← チモールブルー溶液 1~2 滴を加える。 |
| ↓ | |
| 100 ml | ← 100g/L 酢酸アンモニウム溶液を加え溶液を黄変させる。(pH 3~4) |
| ↓ | |
| pH調整 | ← 直ちに加熱し、沸騰させる。 |
| ↓ | |
| 冷却 | ← 沸騰後流水で室温まで冷却する。 |
| ↓ | |
| 100 ml | ← 水を加えて約 100ml とする。 |
| ↓ | |
| pH調整 | ← メチルレッド溶液を 1 滴加える。 |
| ↓ | |
| 滴定 | ← アンモニア水 (1+2) を滴下して、溶液をだいだい色とする。 (pH 5~6) |
| ↓ | |
| 滴定 | ← キシレノールオレンジ溶液を 3~4 滴加える。 |
| ↓ | |
| 滴定 | ← 0.04mol/L 亜鉛溶液で滴定する。黄色から赤色に変わった点を終点とする。 |

【計算】

1) 希釀溶液 10ml を分取したとき

$$\text{アルミニウム濃度 (g/L)} = (10 \times F - V) \times 2.16$$

F : EDTA 溶液のファクター

V : 亜鉛溶液の滴定量 (ml)

2) 希釀溶液 5 ml を分取したとき

$$\text{アルミニウム濃度 (g/L)} = (10 \times F - V) \times 4.32$$

F : EDTA 溶液のファクター

V : 亜鉛溶液の滴定量 (ml)

ワンポイント

中和滴定法による全硫酸、遊離硫酸の分析結果から、次式によってアルミニウム量を算出してもよい。ただし、この方法は、錯滴定法に比べて分析精度が低いので、あらかじめ錯滴定法との間に補正值を求めておく。

$$\text{アルミニウム (g/L)} = (Y - X) \times F \times 1.8$$

Y : 全硫酸の定量に要した 1mol/L 水酸化ナトリウム溶液の滴定量 (ml)

X : 遊離硫酸の定量に要した 1mol/L 水酸化ナトリウム溶液の滴定量 (ml)

F : 1mol/L 水酸化ナトリウム溶液のファクター

8. 2. 2 しゅう酸電解液の分析方法

しゅう酸電解液中の全しゅう酸、遊離しゅう酸、アルミニウムの分析方法の一例を以下に示す。

1) 全しゅう酸の定量

全しゅう酸の定量方法は、酸化滴定法による。この方法は、アルミニウム濃度が 20g/L 以下のしゅう酸電解液に適用する。

【要旨】試料液に硫酸を加え、加温して過マンガン酸カリウムで滴定する。

【試薬の調製】

(a) 硫酸 (1 + 1)

(b) 0.1mol/L 過マンガン酸カリウム溶液

① 過マンガン酸カリウム 15.9g を水約 1050ml に加えて溶解し、1~2 時間静かに煮沸し、一夜暗所に放置する。上澄み液をガラスフィルター (17G4 又は 25G4) を用いてろ過し、褐色瓶に入れて保存する。

② 標定方法 しゅう酸ナトリウム (JIS K 8005) を 200°C で 1 時間加熱し、過塩素酸マグネシウムデシケータ中で放冷した後、1~1.5g を 0.1mgまでの単位ではかり、水約 10ml を加えて液温 25~30°C とし、溶解する。緩くかきまぜながら過マンガン酸カリウム溶液を滴定所要量の約 2 ml 手前までビューレットのコックを全開にして加える。紅色が消えるまで放置し、液温 55~60°C まで加熱し、引き続き過マンガン酸カリウム溶液で滴定する。滴定の終点は、微紅色が 30 秒間持続するときとする。別に水 200ml と硫酸 10ml を混合し、液温を 55~60°C に加熱したものについて空試験を行って滴定量を補正する。

次式によって過マンガン酸カリウム溶液のファクターを算出する。

$$F = \frac{m \times 1000}{33.50 \times V}$$

F : 0.1mol/L 過マンガン酸カリウム溶液のファクター

m : しゅう酸ナトリウムの質量 (g)

V : 0.1mol/L 過マンガン酸カリウム溶液の滴定量 (ml)

【操作】

試料 10 ml ← ホールピペットでコニカルビーカー (300ml) にはかり取る。

↓ ← 水約 50ml と硫酸 (1 + 1) 10ml を加える。

加温 ← 約 70°C まで加温する。

↓

滴定 ← 直ちに 0.1mol/L 過マンガン酸カリウム溶液で滴定する。

30 秒間持続する微紅色を終点とする。

【計算】 全しゅう酸 (g/L) = V × F × 2.25

V : 0.1mol/L 過マンガン酸カリウム溶液の滴定量 (ml)

F : 0.1mol/L 過マンガン酸カリウム溶液のファクター

2) 遊離しゅう酸の定量

遊離しゅう酸の定量方法は、中和滴定法による。この方法は、アルミニウム濃度が 20g/L 以下で遊離しゅう酸が 10g/L から 40g/L の範囲のしゅう酸電解液に適用する。

【要旨】試料液にふっ化カリウム溶液を加え、フェノールフタレンを指示薬として、水酸化ナトリウム溶液で滴定する。

【試薬の調製】遊離硫酸の項と同じ。

(a) ふっ化カリウム溶液 (100g/L)

(b) 1mol/L 水酸化ナトリウム溶液 (40.00 g NaOH/L)

(c) フェノールフタレイン溶液

【操作】

試料 5 ml

↓

← ホールピペットでコニカルビーカー (300ml) にはかり取る。

↓

← 水約 70ml を加える。

ふりませる

↓

← フェノールフタレイン溶液 3~4 滴を加える。

滴 定

← 1 mol/L 水酸化ナトリウム溶液で滴定する。微紅色となった点を終点とする。

【計算】 遊離しゅう酸濃度 (g/L) = V × F × 2.25

V : 1 mol/L 水酸化ナトリウム溶液の滴定量 (ml)

F : 1 mol/L 水酸化ナトリウム溶液ファクター

3) アルミニウムの定量

アルミニウムの定量方法は、錯滴定法による。この方法は、アルミニウム濃度が 20 g/L 以下のしゅう酸電解液に適用する。

【要旨】 試料液に硫酸を加えて加熱し、しゅう酸を分解してから EDTA 溶液を加え、酢酸アンモニウム溶液で pH 3~4 に調整する。加熱煮沸し、冷却後アンモニア水で pH 5~6 に調整し、キシレノールオレンジを指示薬として、亜鉛溶液で滴定する。

【試薬の調製】 硫酸電解液中のアルミニウムの定量の項と同じ。

(a) 硫酸 (1+1)

(b) 過酸化水素水 (30)

(c) アンモニア水 (1+2)

(d) 酢酸アンモニウム溶液 (100g/L)

(e) 0.04mol/L 亜鉛溶液 (2.615g Zn/L)

(f) 0.04mol/L EDTA 溶液 (14.89g/L)

(g) チモールブルー溶液 (1g/L)

(h) メチルレッド溶液 (2g/L)

(i) キシレノールオレンジ溶液 (1g/L)

【操作】

試料 5 ml

↓

← ホールピペットでメスフラスコ (100ml) にはかり取る。

↓

100 ml

← 水を加えて全量を正しく 100ml とする。

↓

← 10ml ホールピペットでコニカルビーカー (300ml) に分取する。

* アルミニウム濃度 18g/L 以下のときは 10ml を、それを超えるときは 5ml 分取する。

↓

← 硫酸 (1+1) 2ml を加える。

| | |
|--------|--|
| 分 解 | ← ふりませながら加熱し硫酸の白煙を発生させ、あわ立ちがやんでから、更に30秒間加熱する。 |
| 冷 却 | ← 少し冷却して、過酸化水素水(30)1~2滴を加える。 |
| 加 热 | ← 炭化物を酸化する。過酸化水素水が完全に分解するまで加熱を続ける。 *炭化物がない場合は省略しても良い。 |
| 冷 却 | ← 少し冷却して、約10mlの水でピーカー壁を洗う。 |
| 加 热 | ← 塩類を溶解する。 |
| pH調整 | ← 热源から下ろし、直ちに0.04mol/L EDTA溶液10mlをホールピペットで加える。 ← チモールブルー溶液1~2滴を加える。 ← 酢酸アンモニウム溶液を加えて溶液を黄変させる。(pH3~4) |
| 加 热 | ← 直ちに加熱し、煮沸させる。 |
| 冷 却 | ← 沸騰後流水で室温まで冷却する。 |
| 100 ml | ← 水を加えて約100mlとする。 ← メチルレッド溶液を1~2滴加える。 |
| pH調整 | ← アンモニア水(1+2)を滴下して、溶液をだいだい色とする。 (pH5~6) |
| 滴 定 | ← キシレノールオレンジ溶液を3~4滴加える。 ← 0.04mol/L亜鉛溶液で滴定する。黄色から赤色に変わった点を終点とする。 |

【計算】

1) 希釀溶液10mlを分取したとき

$$\text{アルミニウム濃度 (g/L)} = (10 \times F - V) \times 2.16$$

F: EDTA溶液のファクター V: 亜鉛溶液の滴定量 (ml)

2) 希釀溶液5mlを分取したとき

$$\text{アルミニウム濃度 (g/L)} = (10 \times F - V) \times 4.32$$

F: EDTA溶液のファクター V: 亜鉛溶液の滴定量 (ml)

ワンポイント

終点が判定しづらい場合は、指示薬の変色点のpHを、中和滴定のみpHメータで読んで終点を把握してもよい。

参考文献

「アルミニウム及びアルミニウム合金の陽極酸化処理の硫酸電解浴及びしゅう酸電解浴の分析方法」
軽金属製品協会規格

8.3 着色浴の管理

8.3.1 交流・ニッケル浴

浴の管理表の例を次に示す。

| 浴管理方法 | | | | | | | |
|----------------------|-------------------|-------|------|------------------------------|-------------------|---------|------|
| 浴温度 | | | | pH | | | |
| 温度限界 | 測定方法 管理方法 | 測定時期 | 測定場所 | 限界 | 測定方法 | 測定時期 | 測定場所 |
| 30±2°C | 温度計 | 連続 | 槽北端 | 5±0.2 | pHメータ | 1回/12時間 | 槽北端 |
| 金属塩濃度(硫酸ニッケル、硫酸第一錫等) | | | | 添加剤濃度(硼酸、硫酸マグネシウム、硫酸アンモニウム等) | | | |
| 濃度限界 | 測定方法 管理方法 | 測定時期 | 測定場所 | 濃度限界 | 測定方法 | 測定時期 | 測定場所 |
| 硫酸ニッケル 50±5g/L | 着色液管理 作業標準による。 | 1回/2日 | 槽北端 | 硼酸 30±5g/L | 着色液管理 作業標準による。 | 1回/週 | 槽北端 |

管理点

- 硫酸ニッケル：濃色（ブラック）皮膜の場合、1dm²当たり約50～100mg析出する。処理する面積、色によっても変動するが、稼働48時間に1回定量する。
- 硼酸：くみ出しのみの消耗になるので、約1週間に1回定量する。
- 硫酸アンモニウム、硫酸マグネシウムの混合塩：カラーの付き回り性に重要な要素で、電気伝導度を測定し、7070μS/cm以上に保持するのが望ましい。硫酸マグネシウムは、キレート滴定で定量してもよいが、混合塩の伝導度を測定し、調節するのが一層簡便である。
- pH：pHの変動は激しいので、稼働時間12時間に1回程度測定して補正する。pHがアルカリ性では、濃色になりやすいが、均一性に欠けることがある。酸性では、その傾向が逆転する。
- くみ出し：着色浴から材料を取り出すときの液のくみ出しは避けられない。材料の形状にもよるが、平均して1m³当たり約120ml持ち出される。
- 不純物の除去：ワークの水洗を十分に行っても、着色浴には、陽極酸化の硫酸液、アルミニウム塩などが持ち込まれ蓄積する。そして、アルミニウムは、約1g/Lで色むらの原因になる。通常の着色処理では、くみ出しにより一定以下の濃度に保たれるので、特に除去の対策は必要としないが、1ヶ月に1回程度、カーボン・ブラック粉末を1m³当たり約100gを添加し24時間処理した後、pHを再調整すると着色は良好になる。

備考) くみ出しによる着色液の減少には、新液を補給する。通常金属成分は水洗より回収し、着色液に戻す。通常、液の全面更新を行うことはないが、不純物の濃度が、所定の濃度に達した場合は所定量の液の更新を行う。

1) 着色浴の分析

(1) 硫酸ニッケルの定量

【試薬の調製】

(a) ふっ化カリウム溶液 (100g/L)

ふっ化カリウム10gを水に溶解して100mlとする。

(b) 酢酸ナトリウム

(c) 酢酸 (1+1)

(d) 0.01mol/L EDTA標準溶液

エチレンジアミン四酢酸二ナトリウム(EDTA)二水和物3.7gを水に溶解して1Lとする。
標定してファクターを決定する。

(e) 銅ーパン溶液

Cu-PAN約1gをエタノール(50%)100mlに溶解する。

【操作】

- | | |
|--------|--|
| 試料 1ml | ← ホールピペットでコニカルピーカー (300ml) にはかり取る。 |
| ↓ | ← 水約 100ml を加える。 |
| ふりませる | |
| ↓ | |
| pH調整 | ← 酢酸ナトリウム約 3g を加える。 |
| ↓ | ← 酢酸 (1+1) 溶液を約 5ml 加える。 (pH 4~5) |
| マスキング | ← 100g/L ふつ化カリウム溶液を約 30ml 加える。 |
| ↓ | |
| 加 热 | ← 加熱し、沸騰させる。 |
| ↓ | ← 热源から下ろし、銅ーパン溶液 2~3 滴を加える。 |
| 滴 定 | ← 0.01mol/L EDTA 標準溶液で滴定する。青紫色から黄色になった点を終点とする。 |

【計算】 硫酸ニッケル濃度 (g/L) = V × F × 2.63

V : 0.01mol/L EDTA 標準溶液の滴定量 (ml)

F : 0.01mol/L EDTA 標準溶液のファクター

(2) アルミニウムの定量

【試薬の調製】

- (a) 酢酸ナトリウム
- (b) 酢酸 (1+1)
- (c) 0.01mol/L EDTA 標準溶液
- (d) 銅ーパン溶液

【操作】

- | | |
|--------|--|
| 試料 1ml | ← ホールピペットでコニカルピーカー (300ml) にはかり取る。 |
| ↓ | ← 水約 100ml を加える。 |
| ふりませる | |
| ↓ | |
| pH調整 | ← 酢酸ナトリウム約 3g を加える。 |
| ↓ | ← 酢酸 (1+1) 溶液を約 5ml 加える。 (pH 4~5) |
| 加 热 | ← 加熱し、沸騰させる。 |
| ↓ | ← 热源から下ろし、銅ーパン溶液 2~3 滴を加える。 |
| 滴 定 | ← 0.01mol/L EDTA 標準溶液で滴定する。青紫色から黄色になった点を終点とする。 |

【計算】 アルミニウム濃度 (g/L) = (Vb - Va) × F × 0.27

Va : 硫酸ニッケルのときの 0.01mol/L EDTA 標準溶液の滴定量 (ml)

Vb : 今回の 0.01mol/L EDTA 標準溶液の滴定量 (ml)

F : 0.01mol/L EDTA 標準溶液のファクター

(3) ほう酸の定量

【試薬の調製】

- (a) マンニトール 純度の高いものをも使用する。
- (b) ブロム・クレゾール・パープル溶液
この指示薬約 0.05g をエタノール (80%) 100ml に溶解する。
- (c) 1mol/L 水酸化ナトリウム標準溶液

【操 作】

試料 20 ml

↓

↓

ふりまぜる

↓

滴 定

← ホールピペットでコニカルビーカー (300ml) にはかり取る。

← 水約 100ml を加える。

← マンニトール約 5g を加える。

【計 算】

$$\text{ほう酸 (g/L)} = V \times F \times 3.1$$

V : 1mol/L 水酸化ナトリウム標準溶液の滴定量 (ml)

F : 1mol/L 水酸化ナトリウム標準溶液のファクター

8. 3. 2 交流・すずニッケル浴

工程管理表の例を次に示す。

| 浴管理方法 | | | | | | | |
|-------------------------------|-------------------|------|------|----------------------|-------------------|---------|------|
| 浴温度 | | | | pH | | | |
| 温度限界 | 測定方法 管理方法 | 測定時期 | 測定場所 | 限界 | 測定方法 | 測定時期 | 測定場所 |
| 23±2°C | 温度計 | 連続 | 槽北端 | 6~7 | pHメータ | 1回/12時間 | 槽北端 |
| 金属塩濃度(硫酸第一すず、硫酸第二すず、錫硫酸ニッケル等) | | | | 添加剤濃度(酒石酸、硼酸、酸化防止剤等) | | | |
| 濃度限界 | 測定方法 管理方法 | 測定時期 | 測定場所 | 濃度限界 | 測定方法 | 測定時期 | 測定場所 |
| 硫酸第一すず 11~13 g/L | 着色液管理 作業標準による。 | 1回/日 | 槽北端 | 酒石酸 27±33 g/L | 着色液管理 作業標準による。 | 1回/週 | 槽北端 |
| 硫酸第二すず 16~20 g/L | 着色液管理 作業標準による。 | 1回/週 | 槽北端 | 硼酸 12~18 g/L | 着色液管理 作業標準による。 | 1回/週 | 槽北端 |
| 硫酸ニッケル 10~11 g/L | 着色液管理 作業標準による。 | 1回/週 | 槽北端 | | | | |

管理点

- 1) 第一硫酸すず: この薬品は、毎日少量ずつ添加するのがよい方法である。2価のSnイオンは酸化して、着色に寄与しない4価のSnイオンに変化する。そして、約 10g/L になると着色不良となり、4価のSnイオンを除去して再生する必要がある。
2価のSnイオンは毎日、4価のSnイオンは1週間毎に定量する。ヨード滴定法は簡単で鋭敏な方法である。
- 2) 硫酸ニッケル: 1週間毎に測定する。定量法は、原子吸光法またはキレート滴定法を用いる。
- 3) 硫酸: 着色浴には多量の硫酸塩を含むが、フリーの硫酸の定量は必要である。簡単な方法として、電気伝導度を隔日に測定し、検量線と比較して管理してもよい。
- 4) 酒石酸: トータル酸を中和滴定で測定し、遊離硫酸濃度を引けばよい。
- 5) 酸化防止剤: 正確には比色分析を利用するが、間接的には中和滴定で定量する。2週間ごとに測定する。

参考

- 1) 着色浴からワークを引き上げるときは、可能な限り着色液を切るようにする。着色液のくみ出し量は、1m²当たり約 100~150mlくみ出される。
- 2) ポアー中に析出する金属量は、皮膜厚さ 10 μm、ブラックの場合で約 50~100mg/dm² 析出する。また、析出金属の組成は、約 Sn97%と Ni3% の合金である。

着色浴の再生方法

着色浴中には酸化防止剤が添加されているが、それでも液のかきませ、材料の出入時に空気酸化を起こす。そして、約6ヶ月から10ヶ月後には着色液が白濁するか、被処理物に色むらが発生し不良となる。この理由は、4価のSnイオンの増大によって起こる。そこでこれを除去する必要がある。

1) 常温再生法

高分子凝集剤を約0.01%添加し、かき混ぜ、2~3時間放置すると大部分の白濁物は沈殿する。傾斜法あるいはフィルターで分離し、上澄み液を回収する。

2) 加温再生法

着色液をステンレス製の容器に移し加熱すると、約90℃になると白色浮遊物は急速に沈殿する。更に、高分子凝集剤を約0.01%添加すると、着色液は透明になり、再生される。処理後は、各成分を定量し、補正後再使用する。2価のSnは変化しない。

1) 着色浴の分析

(1) 硫酸第一すずの定量

【試薬の調製】

(a) 酸性ふつ化アンモニウム

(b) 0.05mol/L よう素標準溶液

よう素 12.7g、よう化カリウムを40g、それぞれ水に溶解して1Lとする。褐色の容器に保存する。

標定してファクターを決定する。

(c) 3%でんぶん溶液

でんぶん約3gを温湯100mlに溶解する。保存が難しいので、毎回作成するのがよい。

【操作】

試料 10 ml

← ホールピペットでコニカルピーカー(300ml)にはかり取る。

↓

← 水約100mlを加える。

↓

← 酸性ふつ化アンモニウム約2gを加える。

ふりませる

↓

← 3%でんぶん溶液約3mlを加える。

滴 定

← 0.05mol/L よう素標準溶液で滴定する。無色から濃青色になった点を終点とする。

【計算】 硫酸第一すず(g/L) = V × F × 1.07

V : 0.05mol/L よう素標準溶液の滴定量(ml)

F : 0.05mol/L よう素標準溶液のファクター

(2) 硫酸第二すずの定量

【試薬の調製】

(a) 濃硫酸

(b) 濃塩酸

(c) 3%でんぶん溶液

(d) 0.05mol/L よう素標準溶液

【操作】

試料 10 ml

← ホールピペットでコニカルピーカー(300ml)にはかり取る。

↓

← 水約100mlを加える。

ふりませる

↓

還 元

↓

← アルミ線約 1g を加える。

↓

← 濃硫酸を約 15ml、および濃塩酸を約 10ml を加える。

加 热

↓

← 溶液が透明になったら、水約 100ml を加える。

↓

← 3%でんぶん溶液約 3ml を加える。

滴 定

← 0.05mol/L よう素標準溶液で滴定する。無色から濃青色になった点を終点とする。

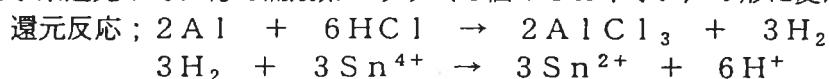
【計算】 トータル第一硫酸すず (g/L) = V × F × 1.07

V : 0.05mol/L よう素標準溶液の滴定量 (ml)

F : 0.05mol/L よう素標準溶液のファクター

$$\text{硫酸第二すず (g/L)} = [\text{トータル硫酸第一すず (g/L)}] - [\text{硫酸第一すず (g/L)}]$$

備考 1. トータル硫酸第一すず (2価のSnイオン) とは、硫酸第二すず (4価のSnイオン) を水素還元して、総て硫酸第一すず (2価のSnイオン) の形に変えたもの。



2. 還元反応時の発生ガスは、呼吸器を刺激するので、ビーカーを時計皿でカバーするか、ガス捕集器を使用するのがよい。

(3) 硫酸ニッケルの定量

【試薬の調製】

(a) アンモニア水 (1+1)

(b) 10g/L ふっ化カリウム溶液

(c) 0.01mol/L EDTA標準溶液

(d) MX指示薬

ムレキサイド色素約 0.2g と硫酸カリウム約 100g を乳鉢でよく粉碎混合したもの。遮光して保存する。

【操作】

試料 1ml

← ホールピペットでコニカルビーカー (300ml) にはかり取る。

↓

← 水約 20ml を加える。

ふりませる

↓

pH調整

← アンモニア水 (1+1) 約 40ml を加える。pHを9~11に調整。

↓

← 10g/L ふっ化カリウム溶液約 30ml を加える。

↓

← MX指示薬約 0.2g を加える。

滴 定

← 0.01mol/L EDTA標準溶液で滴定する。黄色から青色になった点を終点とする。

【計算】 硫酸ニッケル (g/L) = V × F × 2.63

V : 0.01mol/L EDTA標準溶液の滴定量 (ml)

F : 0.01mol/L EDTA標準溶液のファクター

備考 このキレート滴定の条件は、滴定の終点近くでは、pHを9~11に保持すること。

参考文献 「第6回実用電解着色技術講習会テキスト」 軽金属製品協会

8. 4 染色浴の管理

染色は、使用する染料によって、温度、pH、吸着スピードが異なり、管理する条件も染料や仕上がりの色調によって総て異なってくる。

染料のpHと温度の一例を次に示す。

| 染 料 | p H | 温 度℃ | 染 色 時 間 | 色 調 |
|-------------------------|---------|-------|---------|-----------|
| Sanodal Gold 4N | 5±0.5 | 40~50 | 20秒 | シャンパン |
| Sanodal Yellow 3GL | 5.5±0.5 | 60±5 | 20~30分 | レモン・イエロー |
| Sanodal Red B3LW | 5.5±0.5 | 60±5 | 20~30分 | ガーネット・レッド |
| Sanodal Blue G | 5.5±0.5 | 60±5 | 20~30分 | ダーク・ブルー |
| Sanodal Deep Black MLWI | 4.5±0.5 | 60±5 | 20~30分 | ジェット・ブラック |

管理点

- 1) pH : pHは染色浴を管理する上で重要な要素であり、染料個々の管理幅に従い管理する。測定時期は、先ず始業時にを行い、3~4回／1日程度は測定し、管理した方がよい。pHが管理幅から外れた場合の影響について以下に示す。

| p H | 染色に及ぼす影響 |
|-----|--|
| 高 い | 染料吸着が減少し、耐光(候)堅ろう性が低下する。 |
| 低 い | 皮膜が溶解し、それによって溶解したアルミニウムが染料吸着を阻害する。そのため、耐光(候)堅ろう性が低下する。 |

- 2) 温 度 : 染料個々の温度及び管理幅に従い管理する。

測定時期は毎処理ごと確認する。

温度が管理幅から外れた場合の影響について以下に示す。

| 温 度 | 染色に及ぼす影響 |
|-----|---|
| 高 い | 皮膜に封孔作用が起こり、染料吸着を阻害し、耐光(候)堅ろう性が低下する。 |
| 低 い | 染料の吸着性が低下し、耐光(候)堅ろう性が低下する。 温度が低い場合には、処理時間を長くする必要がある。 |

- 3) 染色時間 : 色調に合った浸せき時間を設定し、顧客との打ち合わせにより作成した限度見本と比較して行う。
- 4) 標 準 板 : 染色浴の管理には、浴を建浴したときに浴の管理用の標準板（または限度見本）を作成しておき、毎始業時に試験片で染色を行い、染色浴の劣化の程度を確認するとよい。

ポイント

- 1) 色調の検査 : 作業者個々によって、ある人は青色系統に敏感であるが、黄色系統には弱いといったような色調に対する個人差があるので、作業者の特徴を十分把握しておく必要がある。また、加齢と共に色に対する識別が鈍くなってくるので、高齢者は避けた方がよい。
- 2) 封孔・乾燥の影響 : 染料は後工程の封孔処理工程、乾燥工程において色調変化を起こすので、染色作業での色調と仕上がりの色調との変化を把握しておくことが色合わせに大切である。
また、色調変化の程度は封孔処理水質の変化や乾燥温度、乾燥方法によっても変わってくるので、封孔水質の管理、乾燥工程の管理も重要となる。
- 3) 陽極酸化処理条件の影響 : 陽極酸化皮膜の処理条件によって、皮膜の性質が異なり当然染料の染まり具合も変わってくる。
- 4) 混合染料 : 染料を混合した染色浴は、染料個々で吸着スピードが異なることから、染色時間によって色調が変化していく。また、封孔や乾燥の方法によって色調変化が異なるので、仕上がりの色調に対する、染色工程での色調を把握しておく必要がある。

8. 5 封孔浴の管理

1) 純水封孔

封孔浴の管理表の例を次に示す。

| 浴管理方法 | | | | | | | |
|--------|--------------|------|------|---------|-------|------|------|
| 浴温度 | | | | pH | | | |
| 温度限界 | 測定方法 管理方法 | 測定時期 | 測定場所 | 限界 | 測定方法 | 測定時期 | 測定場所 |
| 95°C以上 | 温度計 | 連続 | 槽北端 | 7.5±1.0 | pHメータ | 連続 | 槽北端 |

管理点

封孔液は、常時蒸発し、液面の低下が早いので、水の補給には注意する。基本的には液の持ち出しや、蒸発による減少に伴う新液の補給のみ行われるが、浴の汚染（不溶性シリカ等）が進んだ場合には、所定量の液更新が行われる。

備考) 不純物については、封孔液の種類や使用原水の水質により異なり、必ずしも管理は必要ないが、外観及び性能上の問題が生じる場合は、管理項目として設定する。

2) ニッケル塩封孔

ニッケル塩封孔浴の管理表の例を次に示す。

| 浴管理方法 | | | | | | | |
|-------------------|--------------|------|------|----------------------|-------|------|------|
| 温度限界 | 測定方法 管理方法 | 測定時期 | 測定場所 | 限界 | 測定方法 | 測定時期 | 測定場所 |
| 85°C以上 | 温度計 | 連続 | 槽北端 | pH5.5±0.3 | pHメータ | 連続 | 槽北端 |
| 濃度限界 | 測定方法 管理方法 | 測定時期 | 測定場所 | 限界 | 測定方法 | 測定時期 | 測定場所 |
| 酢酸ニッケル 10±1g/L | 温度計 | 1回/日 | 槽北端 | 界面活性剤 5.5±0.5 g/L | pHメータ | 1回/日 | 槽北端 |

酢酸ニッケルの分析

【試薬】 (a) 硝酸 (1+1) (b) 30%過酸化水素水 (c) 酢酸ナトリウム
(d) 酢酸 (1+1) (e) 銅-パン溶液

【操作】

- 試料 5ml ← ホールピペットでコニカルビーカー (300ml) にはかり取る。
↓ ← 水約 100ml を加える。
← 硝酸 (1+1) 約 5ml 及び過酸化水素水約 10ml を加える。
- 加熱 ← 加熱し、シロップ状になるまで蒸発させる。
↓
- pH調整 ← 水約 100ml を加える。
↓ ← 酢酸ナトリウム約 3g 及び酢酸 (1+1) 約 5ml を加える。
pH 4~5
- 加熱 ← 加熱して、沸騰状態にする。
↓ ← 銅-パン溶液 2~3 滴加える。
- 滴定 ← 0.01mol/L EDTA 標準溶液で滴定する。赤紫色から黄色になった点を終点とする。

【計算】 酢酸ニッケル (g/L) = V × F × 0.5

V : 0.01mol/L EDTA 標準溶液の滴定量

F : 0.01mol/L EDTA 標準溶液のファクター

9 処理品目と代表的なプロセス

- 9. 1 建材の代表的プロセス
- 9. 2 装飾品の代表的プロセス
- 9. 3 台所用品の代表的プロセス
- 9. 4 硬質陽極酸化皮膜の代表的プロセス

9 处理品目と代表的なプロセス

9. 1 建材の代表的プロセス

目的

アルミニウム建材は屋外で使用されるものが多く、表面の保護と装飾性・意匠性が目的である。また長期にわたって使用されるので、耐食性や着色製品の光堅ろう度が要求される。

原理 陽極酸化塗装複合皮膜の一般的な処理工程

ラッキングー脱脂ー水洗ーエッチングー水洗ーデスマットー水洗ー陽極酸化ー水洗ー電解着色ー水洗ー湯洗ー電着塗装ー焼付乾燥ーアンラッキング

注) シルバー(無着色)の場合は電解着色工程を省く

陽極酸化皮膜の一般的な処理工程

ラッキングー脱脂ー水洗ーエッチングー水洗ーデスマットー水洗ー陽極酸化ー水洗ー電解着色ー水洗ー封孔処理ー乾燥ーアンラッキング

注) シルバー(無着色)の場合は電解着色工程を省く

作業条件(影響要因)

アルミニウム建材は形材と板材が主であり、比較的大型のものを処理するため表面処理装置も大型となる。形材の場合は縦吊りと横吊りがある。

脱脂は硫酸または弱アルカリ性脱脂剤を用い、エッチングは板のロールマークや押出材のダイマークの影響を除き、マットな表面にするため、NaOH水溶液で5~10分程度行う。陽極酸化は硫酸浴で1~1.5A/dm²程度で電解する。デスマットは硝酸で行うが、CODや窒素の排水規制があるため硫酸を用いることが多い。

理由・背景(データ・グラフ)

建材に一般に要求される皮膜の品質

陽極酸化皮膜

皮膜厚さ 屋外 AA15、屋内 AA6、キャス試験等に合格すること。

陽極酸化塗装複合皮膜

皮膜厚さ 屋外 皮膜9μm以上+塗膜7μm以上(B種)、屋内 皮膜6μm以上+塗膜7μm以上(C種)、促進耐候試験、キャス試験、耐アルカリ性試験等に合格すること。

9. 2 装飾品の代表的プロセス

目的

装飾品は、表面の保護と装飾性・意匠性が目的である。特に意匠性を高めるため種々の着色表面テクスチャーを創り出す前処理を行う。

原理

装飾性陽極酸化皮膜の一般的な処理工程

ラッキングー脱脂ー水洗ー表面調整(エッチング、化学研磨、電解研磨、梨地処理等)ー水洗ーデスマットー水洗ー陽極酸化ー水洗ー染色ー水洗ー封孔処理ー乾燥ーアンラッキング
[電解着色]
[印刷]

作業条件(影響要因)

素材は1080、1070、1050などの高純度のアルミニウム板材が主であり、しばしば強度と光輝性を高めるためにマグネシウムを添加した材料が使われる。

脱脂は硝酸、弱アルカリ系脱脂剤、デスマットは硝酸、部分着色を行う場合は、非処理部分をマスキングしこの処理工程を繰り返すことがある。表面調整と着色は技能が最も要求される工程である。

理由・背景(データ・グラフ)

表面調整は、光沢、マット(艶消し)、梨地、鏡面などの表面テクスチャーを創出する工程で、着色と組み合わせて製品設計で指示された装飾的な外観を演出する重要な工程である。

装飾品は一般に皮膜厚さ3~10μm程度であるが、黒色など濃色に染色する場合は、15μm程度の皮膜厚さが必要な場合がある。

9. 3 台所用品（なべ、湯沸し等）の代表的プロセス

目的

なべ、湯沸しなどの台所用品（アルミニウム器物）は、煮沸したり調理品の容器として使われるもので、表面処理の目的は、光沢仕上げや着色を行い意匠性を高め、食品の焦げ付きを少なくし、洗いやすくするなどの機能性、耐食性や表面硬さを高め、耐久性を持たせることである。

原理

一般的な処理工序

ラッキングー脱脂—水洗—表面調整（エッチング、化学研磨）—水洗—デスマット—水洗
—陽極酸化—水洗—着色（染色、印刷）—水洗—封孔処理—乾燥—アンラッキング
シルバー（無着色）の場合は着色工程を省く

作業条件（影響要因）

アルミニウム器物は板材をプレスや絞りで成形したものであり、用途上耐食性、耐摩耗性などは内側底部が有効面とされている。湯沸しのように入り口が小さく深い形状の場合、補助陰極を使い内側の皮膜厚さと皮膜性能を確保することがある。

陽極酸化処理前に成形やバフ研磨が行われるので、脱脂は加工油、研磨剤の除去が目的であり、硝酸または弱アルカリ性脱脂剤を用いて十分行う。デスマットはスマットの切れがよい硝酸で行う。陽極酸化は硫酸浴または塩酸浴で $1\sim1.5\text{ A/dm}^2$ 程度で電解する。器物は耐アルカリ性、耐酸性をよくすることが望ましいため、封孔処理は蒸気封孔処理を行う。

理由・背景（データ・グラフ）

アルミニウム器物に要求される皮膜の品質

陽極酸化皮膜

皮膜厚さ AA 6、

試験 耐アルカリ試験、硫銅塩試験に合格すること、染色の染料は食用色素を用いるか溶出しないこと

9. 4 硬質陽極酸化皮膜の代表的プロセス

目的

硬質陽極酸化皮膜は機械部品に施され、主に耐摩耗性などの特性向上が目的である。特に耐摩耗性を高めるため硬くて緻密な皮膜生成が必要である。

原理

硬質陽極酸化皮膜の一般的な処理工序

ラッキングー脱脂—水洗—陽極酸化—水洗—湯洗（封孔処理）—乾燥—アンラッキング

作業条件（影響要因）

素材は1100などの純アルミニウム系素材、5052、5056などのAl-Mg系合金、7075などのAl-Zn-Mg系合金などが使われる。この他に陽極酸化処理性の劣るADC12などのダイカスト合金、2017、2024などのAl-Cu系合金も多く用いられる。

有効面の確認を行い、陽極酸化しない面は必要によりマスキングを行う。

寸法精度が要求されるためエッチングはあまり行われない。硬さや耐摩耗性を上げるために、通常 5°C 以下の低温の硫酸浴（ $180\sim200\text{ g/l}$ ）で攪拌・冷却を強くして 3.5 A/dm^2 程度の電流密度で電解が行われる。省エネルギー・生産性向上のため高い電流密度で行う高速陽極酸化法もある。

通常は封孔処理しないで湯洗にとどめる。耐食性が特に要求される場合のみ封孔処理する。

理由・背景（データ・グラフ）

硬質陽極酸化皮膜の皮膜厚さは $50\mu\text{m}$ が基準であるが、用途、素材、要求性能により $25\sim100\mu\text{m}$ 程度の範囲で厚さの仕様は変わる。寸法精度が厳しいものは皮膜生成による寸法増加（皮膜厚さの50%程度）を考慮して行う。

要求される皮膜性能はJIS H 8603により、微小硬さ及び耐摩耗性の試験を行い合格しなければならない。この他受け渡し当事者間協議により耐食性試験、絶縁耐力試験を行う場合もある。

10 品質管理

10.1 品質試験

10.1.1 品質試験の種類と方法

10.1.2 外観試験

10.1.3 膜厚さ試験

10.1.4 耐食性試験

10.1.5 耐摩耗性試験

10.1.6 その他の試験

10.2 社内標準化

10 品質管理
 10.1 品質試験
 10.1.1 品質試験の種類と方法

目的

陽極酸化皮膜の品質を評価するための種々の試験方法を理解し、品質評価に際しては、適切な試験方法を選択し適用する。

作業条件（影響要因）

品質を評価する場合、その試験方法に関し受渡し当事者間で特別の決まりが無い場合は、JISに準拠し試験する。品質と試験方法及び関連JISを表1に示す。

表1 品質と試験方法

| 品 質 | 試 験 方 法 | 関連 JIS |
|--------------------|---|--|
| 外観 | 外観判定方法 | JIS H 8601, JIS H 8603 |
| 皮膜厚さ | 顕微鏡断面測定法 渦電流式測定法 スプリットビーム顕微鏡測定法 (質量測定法) | JIS H 8680-1 JIS H 8680-2 JIS H 8680-3 (JIS H 8688) |
| 皮膜質量 | 質量測定法 | JIS H 8688 |
| 耐食性（耐アルカリ） | アルカリ滴下試験方法 起電力式耐アルカリ試験方法 | JIS H 8681-1 JIS H 8681-1 |
| 耐食性（耐キャス） | キャス試験方法 | JIS H 8681-2 |
| 耐食性（耐中性塩水・耐酢酸酸性塩水） | 塩水噴霧試験方法 酢酸酸性塩水噴霧試験方法 | JIS Z 2371 JIS Z 2371 |
| 耐摩耗性 | 往復運動平面摩耗試験方法 噴射摩耗試験方法 砂落し摩耗試験方法 平板回転（テーバ式）摩耗試験方法 | JIS H 8682-1 JIS H 8682-2 JIS H 8682-3 JIS H 8603 |
| 封孔度 | 染料吸着試験方法 りん酸一クロム酸水溶液浸せき試験方法 アドミッタンス測定試験方法 | JIS H 8683-1 JIS H 8683-2 JIS H 8683-3 |
| 変形による耐ひび割れ性 | 変形による耐ひび割れ性試験方法 | JIS H 8684 |
| 光堅ろう度 | 光堅ろう度試験方法 | JIS H 8685-1 |
| 紫外光堅ろう度 | 紫外光堅ろう度試験方法 | JIS H 8685-2 |
| 写像性 | 視感測定法 機器測定法 | JIS H 8686-1 JIS H 8686-2 |
| 絶縁耐力 | 絶縁耐力試験方法 | JIS H 8687 |
| 連続性 | 連続性試験方法 | JIS H 8689 |
| 鏡面光沢度 | 鏡面光沢度測定方法 | JIS Z 8741 |
| 表面色・色差 | 色の測定方法 | JIS Z 8722, JIS Z 8730 等 |
| 表面粗さ | 二次元表面粗さ試験方法 | JIS B 0601 |
| 皮膜硬さ | ピッカース硬さ試験方法 | JIS Z 2244 |

理由・背景（データ・グラフ）

目的とするあるいは製品として必要な品質特性を良く理解し、それに合った試験方法を選択する。特に、一つの特性に対し試験方法が複数ある場合は注意しなければならない。

選択した試験方法が不適切な場合、正しい品質評価結果が得られず、目的の品質の製品を造り出すことができない。

管理点 -

品質試験を実施し得られた結果が、例えば数値が正しいと判断するためには、その試験手順が決められた規格等に準拠していることと、使用する試験機器が管理されたものである必要がある。試験機器の管理には、標準（できれば国家標準とトレーサビリティのあるもの）により校正し使用する。標準により校正し使用することが現状では困難な試験機器の場合は、一定の決められた製造条件で注意深く製造された基準試験片を試験の都度試験し、その得られた値による試験機器の状態の判断や、その値と試験片から得られた試験値を相対値で表し品質を評価する。陽極酸化皮膜関係では、皮膜厚さ標準板及び耐磨耗性基準試験片仕様がJISで規定されており、これに準拠し作成された標準板及び基準試験片は軽金属製品協会に用意されている。

特に校正ができない試験機器についても定期的に機器メーカー等のチェックを受けることが好ましい。

試験機器は注意深く管理しても、試験機器間で固有の差が生じることがある。このような場合は、同じ基準試験片等を用い試験し、試験機器間の差を把握管理しておくことも重要である。

ワンポイントレッスン

品質評価の方法が、当事者間で特別に決められていない場合は、JISに準拠し実施すると良い。

参考文献

主要な規格

試験方法規格は表1を参照。

なお、陽極酸化皮膜の品質を規定している規格には次の2つがある。

JIS H 8601 アルミニウム及びアルミニウム合金の陽極酸化皮膜

JIS H 8603 アルミニウム及びアルミニウム合金の硬質陽極酸化皮膜

注意点

a) 破壊試験と非破壊試験

試験方法には評価しようとするものを破壊しなければ評価できない方法と、破壊しなくても評価が可能な方法とがある。また、非破壊の試験方法であっても、それが適用できる試験片の形状が平面である必要のあるものや、曲面でも評価可能なものなど種々である。

更に、非破壊試験と呼ばれている例えばアドミッタンス試験の場合でも、薬品を皮膜に接触させるような場合、最終の製品に影響がないか確認する必要がある。

b) 試験方法JISの適用

試験方法JISを適用する場合、最新の発行年のものを適用することが原則であるが、実際は規格番号のみで指定されることもあり、当事者間で規格発行年とその内容を確認する必要がある。発行年が異なると試験片の処理条件や試験機器の条件が異なる場合があり、従って評価値も異なってしまう可能性がある。

c) 試験方法JIS内の引用規格について

試験方法JISには、通常その規格の規定の一部を構成する引用規格があり、この引用規格はその最新版を適用することが規定されている。しかし、本体規格の制定以降に改正等された引用規格が、本体の規定内容と整合化するとは限らないことから、不都合がある場合は、工業技術院標準部標準業務課に確認し適用する。

d) JISの“解説”

陽極酸化皮膜に関するJISの規格票は規格の本体及び附属書と解説で構成されている（JISハンドブックには規格本体及び附属書のみが掲載されている）。この解説は規格の一部ではないが、特に試験方法規格の場合、試験を実施するときの留意点や測定例など重要な情報が記載されている場合がある。特に初めて試験方法を適用し試験する場合は必ず解説を確認した方が良い。

10.1.2 外観試験

目的

製品の外観または色が決められた基準に合致しているかを目視で検査する。

作業条件（影響要因）

作業条件及び試験の詳細な方法についてはJIS H 8601、JIS H 8603を参照のこと。

皮膜の外観及び色とその許容範囲に関する試験は、通常受渡し当事者間の協定によって定められた距離から拡散昼光の下で行う。人工光源の下で行う場合の照度は600lx以上とし、皮膜の種類によってはD₆₅標準光源又は演色AAAランプを用いる。

標準見本又は限度見本で照合する場合は、通常、それらを同一平面に保持し、照明用拡散光源は検査者の後ろに置き、検査の方向が常に同じであるようにして判定する。

なお、拡散昼光とは、日の出3時間後から日の入り3時間前までの日光の直射を避けた北窓からの光りである。

作業条件において、特に下記項目は判定結果に大きな影響を与えるので、受渡し当事者間で明確に定める必要がある。

光源：拡散昼光か人工光源か。また人工光源の種類。

照度：照度条件（規定は人工光源の場合600lx以上。拡散昼光の場合、北窓からの光により照射される面の照度に関する規定はないが、人工光源と同等とする）。暗い色の製品あるいは小さな部分の観察の場合、照度は高い方が良い。

角度：観察角度（陽極酸化皮膜は見る角度により色や欠陥等の見え方が異なる）。

距離：観察距離（目的とする品質評価に適切な観察距離を設定する）。

観察者：視力や色に対する資質（視力や色に対する能力が十分であり、また外観観察に熟練していること）。

理由・背景（データ・グラフ）

外観及び色の目視による試験は、人間の感覚すなわち視覚による官能試験である。感覚に対する刺激値は、発する刺激が同じでも、環境、受ける人間の状態（肉体的、精神的、経験）によっても異なる。作業条件に記載した項目について受渡し当事者間で取り決めを行わないと、得られた結果が普遍性を持たないものとなる。

管理点

目視による外観試験には、試験片のみによる評価方法と標準あるいは限度見本との比較による評価方法がある。特に色に関する標準あるいは限度見本に染色品を用いる場合、見本が光の照射により退色し易いので取り扱いに十分注意する。

ワンポイントレッスン

標準見本無しに工程の途中で色を迅速に判断しなければならない場合は、後工程でどの程度の色の変化があるかも含め十分訓練した者が実施する。

訓練した者が行う場合であっても、出来る限り標準あるいは限度見本との比較によることが好ましい。

参考文献

JIS H 8601 : 1999 アルミニウム及びアルミニウム合金の陽極酸化皮膜

JIS H 8603 : 1999 アルミニウム及びアルミニウム合金の硬質陽極酸化皮膜

JIS Z 8723 : 1988 表面色の視感比較方法

注意点

a) 観察距離

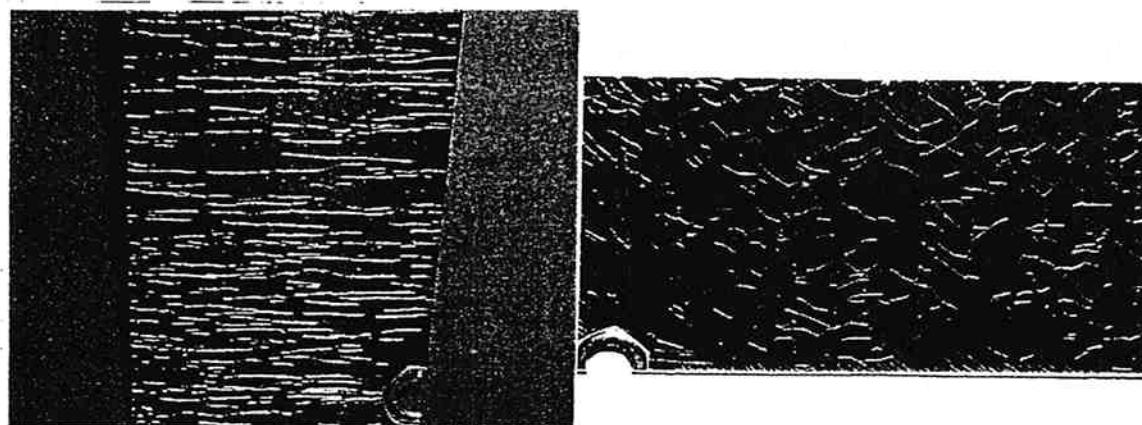
一般に観察する距離が近い方が細かな点まで識別が可能となるが、全体的な傾向は把握出来にくくなる。従って、外観検査では、当事者間で観察距離を決めておく必要がある。

b) 試験片表面と見本表面の配置

陽極酸化皮膜は光に対し透明であり、光は陽極酸化皮膜表面及び素地のアルミニウム表面の2か所で反射することから、見る角度により色調が異なって見える特性を持っている。このため、見本と比較するときは試験片と同一面に置き比較しなければならない。

c) 観察条件

JIS H 8601では見本と照合する場合、通常、光源は検査者の後ろに置くことになっているが、粉ふきや皮膜のクラックを観察する場合は、光源との観察角度を変えて観察した方が見やすい場合がある。



同一試験片の観察角度の違いによる皮膜クラックの形態

d) 照度

一般に作業面における照度は、ある程度の明るさまでは明るい方が細かな点まで識別が可能となる。

また、暗色の表面色の試料を検査する場合も照度が高い方が観察し易い。すなわち、明るさによって欠陥等の検出限界に差が生ずることから、照度条件は当事者間で決める必要がある。

拡散昼光の場合であっても、曇天と青空では色に対する感じ方が異なる場合がある。

e) 観察者

特に色を比較するような場合は、観察者の条件としてJIS Z 8723:1988に備考も含め次のように記載されている。

観察者　観察者は色覚正常者でなければならない。

- 備考 1. 観察者は、比較する色に影響を与えるような鮮やかな色の衣服を着用してはならない。
2. 観察者が眼鏡を使用する場合には、無色透明なレンズの眼鏡を使用しなければならない。
3. 観察者は、年齢がなるべく若いことが望ましい。
4. 色の評価を行う観察者は、色の比較に熟練した者であることが望ましい。

10. 1. 3 皮膜厚さ試験

目的

陽極酸化皮膜処理品の皮膜厚さを試験する。皮膜厚さを試験する方法には、破壊試験と非破壊試験があり、またその精度も異なることから、適切な試験方法を選択し適用する。

作業条件（影響要因）

陽極酸化皮膜の試験方法には次の4つがJISで規定されている。

破壊試験：顕微鏡断面測定法（JIS H 8680-1:1998）

皮膜質量測定法（JIS H 8688:1998）

非破壊試験：渦電流式測定法（JIS H 8680-2:1998）

スプリットピーム顕微鏡測定法（JIS H 8680-3:1998）

詳細な作業は各規格を参照することとし、各測定方法を選択する場合の目安を下記に示す。

a) 顕微鏡断面測定法

試験片の一部を切り取り、研磨した皮膜の垂直断面を顕微鏡で拡大して皮膜厚さを調べる方法である。測定計の目盛りを対物ミクロメータ等により管理すれば正確な測定値が得られるので、測定値は、他の測定法の補正に使用できる。

b) 皮膜質量測定法

皮膜をりん酸-クロム酸水溶液で溶解させ、前後の質量差から単位面積当たりの質量を求め、見掛け密度より計算によって平均皮膜厚さを求める方法である。この方法は、6%以上の銅を含む合金には適用できない。皮膜の見掛け密度は、素材の材質や熱処理条件及び電解条件により異なることから、得られる平均皮膜厚さは、概略の皮膜厚さを知る程度である。

他の測定方法で誤差の大きくなるような5μm以下の皮膜に有効である。

c) 渦電流式測定法

高周波渦電流を利用した試験方法であり非破壊の試験方法である。製品をそのまま試験片として使用し皮膜厚さを測定することができる。この測定法は、素地の材質、表面の粗さ、平面度等が測定値に影響を与えることから、測定に当たっては、製品の材質、表面粗さ等を考慮し測定器を校正してから使用することが大切である。

また、測定器は、管理用標準板を用いて適正に管理することがJISで規定されており、JISに準拠し作成された管理用標準板は軽金属製品協会に用意されている。

d) スプリットピーム顕微鏡測定法

試験片に斜め方向から光を当てて、皮膜表面からの反射光と素地表面からの反射光のずれを測定し、皮膜の屈折率との関係から計算により皮膜厚さを求める非破壊の試験方法である。

この方法は、精度上の問題点等から現在使用されていない。このため、1999年改正の耐磨耗性試験方法に関するJISでは、耐磨耗性試験における皮膜厚さ測定方法から削除された。

管理点

a) 顕微鏡断面測定法

1) 試験片埋め込み及び研磨

試験片を埋込む場合は、観察面に対し垂直に埋め込み、また研磨に際しても試験片と観察面が垂直を保つよう研磨しなければならない。10°の傾きは1.5%の測定誤差となる。

2) 測定計

視野の測定領域において、対物ミクロメータを用い、予め測定計の目盛りの補正係数を求めることが規格で規定されている。

b) 皮膜質量測定法

1) 質量測定

使用する天秤は校正してから使用する。

c) 渦電流式測定法

1) 機器の管理

測定器は管理用標準板を用いて適正に管理する。

2) 機器の校正

試験片に応じた材質及び表面性状の校正板により予め測定器を校正し使用する。

3) 機器の特性

機器によっては、プローブの温度特性が大きく、測定値に影響を与える場合がある。温度特性を十分把握し安定な状態で使用することが望ましい。

d) スプリットビーム顕微鏡測定法

1) 機器の構成

機器の測長システム（マイクロメータあるいは測微計）は校正してから用いる。

参考文献

J I S H 8 6 8 0 - 1 : 1998 アルミニウム及びアルミニウム合金の陽極酸化皮膜厚さ試験方法
- 第1部：顕微鏡断面測定法

J I S H 8 6 8 0 - 2 : 1998 アルミニウム及びアルミニウム合金の陽極酸化皮膜厚さ試験方法
- 第2部：渦電流式測定法

J I S H 8 6 8 0 - 3 : 1998 アルミニウム及びアルミニウム合金の陽極酸化皮膜厚さ試験方法
- 第3部：スプリットビーム顕微鏡測定法

J I S H 8 6 8 8 : 1998 アルミニウム及びアルミニウム合金の陽極酸化皮膜の単位面積当たりの質量測定法

注意点

a) 顕微鏡断面測定法

1) 試料片の研磨

研磨に際しては、皮膜のエッジ部にできるだけだれが生じないようにする。エッジ部のだれは、顕微鏡観察時皮膜の境界を不鮮明にし、誤差あるいは測定ばらつきを生じさせる原因となる。

2) 測定位置

顕微鏡下で観察される皮膜断面は、表面粗さあるいは素材に含まれる合金成分の影響から、視野内において均一な皮膜として観察されるとは限らず、測定個所により測定値が大きく異なることがある。皮膜断面の性状を当事者間で確認し、顕微鏡視野における測定個所を決めることが大切である。

b) 質量測定法

1) 質量測定

陽極酸化皮膜は吸湿しやすいことから、デシケータ等で十分調湿後質量を測定する。

2) りん酸-クロム酸水溶液

加熱したりん酸-クロム酸水溶液から生ずる蒸気は人体に有害であることから、この蒸気を吸うことのないように排気設備のあるドラフト等で試験を実施する。また水洗水の廃棄に際しては、クロム酸イオンを適切な方法で予め取り除く。

c) 渦電流式測定法

1) 機器の校正

素材材質及び表面粗さは大きく測定値に影響を与えることから、必ず試験片と同じ材質及び表面粗さの標準板で校正してから測定器を使用する。同一の材料等で校正が出来ない場合は、顕微鏡断面測定法で測定した皮膜厚さとの関係を求め補正する。

2) プローブスタンド

特にプローブ部の温度変化により測定値に変動をもたらす場合があり、また測定時のプローブと試験片との角度のばらつきが測定値に影響をあたえることがあるので、より精度良く測定する場合は、プローブスタンドを使用し測定したほうが良い。

3) 材質と測定ばらつき

アルミニウムの材質によっては測定値がばらつく場合がある。このようなときは、測定回数及び測定位置を多くする。

d) スプリットビーム顕微鏡測定法

1) 校正

反射光のずれを測定する場合、測定方法が測微計方式のものは対物ミクロメータで、ダイヤルゲージ式のものはブロックゲージ等で校正し使用する。

10.1.4 耐食性試験

目的

陽極酸化皮膜の耐食性を試験する。

皮膜の耐食性試験には耐アルカリ試験方法、キャス試験方法、中性塩水噴霧試験方法、酢酸酸性塩水噴霧試験方法があり、使用環境に応じ選択する。

なお、耐アルカリ試験方法にはアルカリ滴下試験方法と起電力式耐アルカリ試験方法がある。また、耐食性試験等により陽極酸化皮膜に発生した孔食の評価方法にはチャート法とグリッド法の二つがJISで規定されている。

作業条件（影響要因）

a) 耐アルカリ試験方法

この試験方法は、陽極酸化皮膜のアルカリに対する耐食性を試験する方法であり、アルカリ滴下試験と起電力式耐アルカリ試験の2つがある。

沸騰水で封孔処理した硫酸皮膜では、アルカリ滴下試験、起電力式耐アルカリ試験共ほぼ同じ試験値を示すが、Ni塩の封孔助剤を使用し封孔した試験片では起電力式耐アルカリ試験の試験値がアルカリ滴下試験の試験値より低くなる傾向があり、一方、二次電解着色皮膜では、逆に起電力式耐アルカリ試験の試験値が高くなる傾向がある。

1) アルカリ滴下試験

この試験は、アルカリ滴下試験装置を用いて35℃に保持された試料に、100g/lの水酸化ナトリウム水溶液を滴下し、皮膜が溶け去るまでの時間を測定して耐アルカリ性を調べる方法である。

この方法は試験液量の関係から、20μm以上の皮膜には不適である。また、原則として5μm以下の皮膜にはこの試験方法を適用しない。

なお、20μm以上の皮膜に対しては起電力式耐アルカリ試験方法を用いる。

JIS H 8601でこの試験方法による品質が規定されている。

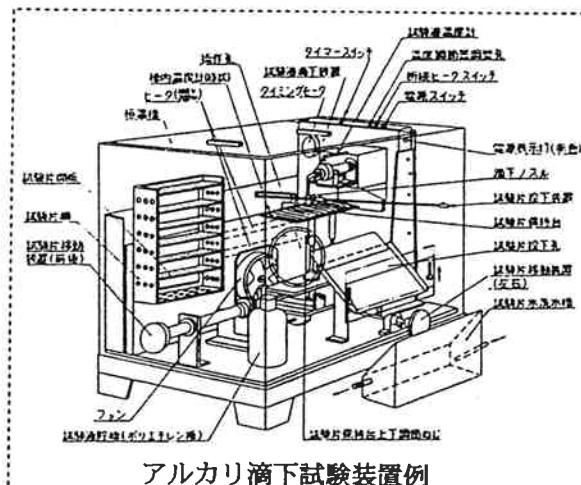
2) 起電力式耐アルカリ試験

起電力測定試験装置を用いて、35℃に保持された試料に、100g/lの水酸化ナトリウム水溶液を接触させ、皮膜の溶解の終点を電気的に測定して耐アルカリ性を調べる方法である。測定方法の違いから、アルカリ滴下試験より測定精度が高く、また高耐食性の皮膜にも適用できる。

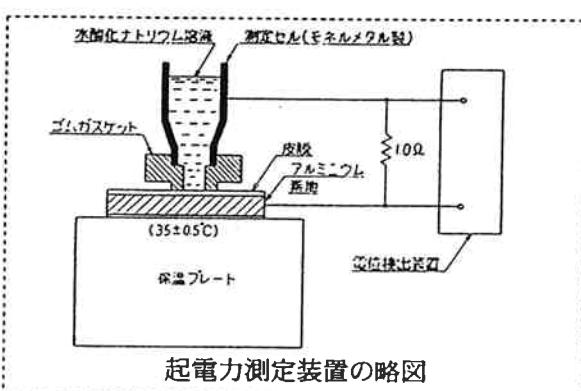
JIS H 8601でこの試験方法による品質が規定されている。

b) キャス試験方法

キャス試験機を用いて、銅塩を含む酢酸酸性の50g/l塩化ナトリウム水溶液(pH3)を規定の時間50℃に保持された試験片に噴霧し、腐食の発生状態によって皮膜の耐食性を調べる方法である。またこの試験方法は欠陥検出型の試験方法であり、試験時間は酢酸酸性塩水噴霧試験及び中性塩水噴霧試験に比べ短い。皮膜厚さ6μm以上に対し、JIS H 8601でこの試験方法による品質が規定されている。



アルカリ滴下試験装置例



起電力測定装置の略図

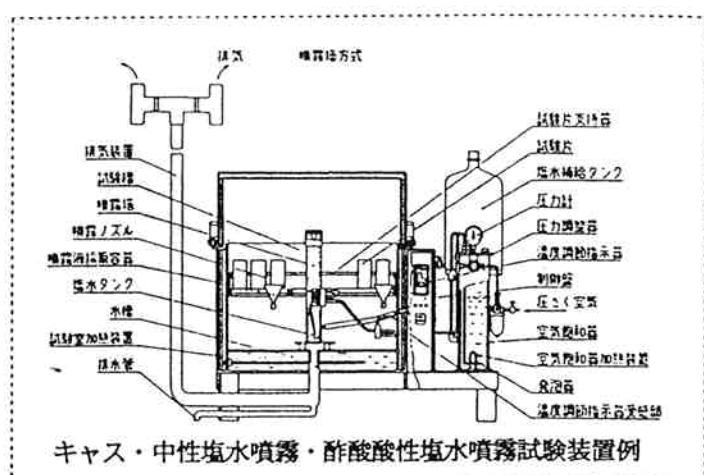
c) 中性塩水噴霧試験方法

塩水噴霧試験機を用いて、中性の 50 g / l 塩化ナトリウム水溶液を規定の時間 35℃に保持された試験片に噴霧し、腐食の発生状態によって皮膜の耐食性を調べる方法である。

この方法は、一般には全面腐食型の試験方法であるが、陽極酸化皮膜では欠陥部等に点食が発生する。

試験結果ができるまで通常長時間の試験を要する場合が多い。

J I S H 8 6 0 3 でこの試験方法による品質が規定されている。



d) 酢酸酸性塩水噴霧試験方法

塩水噴霧試験機を用いて、酢酸酸性の 50 g / l 塩化ナトリウム水溶液 (pH 3) を規定の時間 35℃ に保持された試験片に噴霧し、腐食の発生状態によって皮膜の耐食性を調べる方法である。

試験時間はキャス試験方法と中性塩水噴霧試験方法の中間であり、腐食発生モードは全面に孔食発生型をとる場合があるが、陽極酸化皮膜に対するデータの蓄積は少ない。

現在、この試験方法による陽極酸化皮膜に関する品質規定値は J I S はない。

e) 陽極酸化皮膜に発生した孔食の評価方法

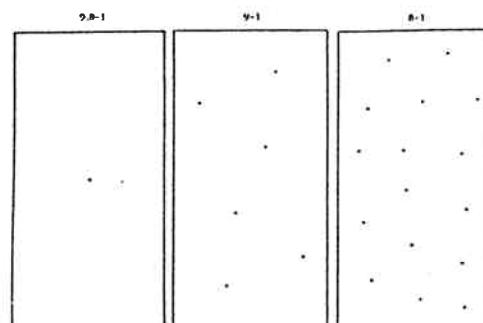
自然腐食や腐食試験によって発生した孔食の程度を評価する場合の評価方法で、チャート法及びグリッド法の 2 種類がある。この 2 つの評価方法に相関性はない。

1) チャート法

この評価方法は、孔食の程度を、孔食の面積の全面積に占める比率で 7 段階に分類されたレイティングナンバ標準図と対比させ評価する方法で、レイティングナンバ (RN) で表す。

レイティングナンバと孔食の面積の占める比率の関係

| レイティングナンバ(RN) | 参考 レイティング | 孔食の面積の占める比率 A(%) |
|---------------|-----------|------------------|
| 10 | A | 孔食なし |
| 9.8 | B | 0.02以下 |
| 9.5 | C | 0.02を超える0.05以下 |
| 9.3 | D | 0.05を超える0.07以下 |
| 9 | E | 0.07を超える0.10以下 |
| 8 | F | 0.10を超える0.25以下 |
| 7 | G | 0.25を超える0.5以下 |
| 6~0 | H | 0.5を超える |



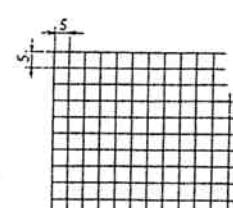
レイティングナンバ標準図例

2) グリッド法

この評価方法は、評価面に 1 目が 5 × 5 mm の格子を載せて孔食のある格子（欠陥格子）の数を数え、その数が全体の格子数に占める比率（%）を求め、欠陥格子の比率とグリッドレイティング (GR) 関係表からグリッドレイティング (GR) を求める。評価値はグリッドレイティング及び/又は欠陥格子の比率で表す。

欠陥格子の比率 (%) と
グリッドレイティング

| 欠陥格子の比率 (%) | グリッドレイティング (GR) |
|-------------|-----------------|
| 0 | 0 |
| 0.01~0.25 | 1 |
| 0.26~0.50 | 2 |
| 0.51~0.75 | 3 |
| 0.76~1.0 | 4 |
| 1.01~2.0 | 8 |
| 2.01~3.0 | 12 |
| 3.01~4.0 | 16 |
| 4.01~5.0 | 20 |
| 5.01以上 | 40 |



グリッドの例

管理点

a) アルカリ滴下試験

・試験液

水酸化ナトリウム水溶液は、大気中のCO₂ガスを吸収し変質するので、新しく調整されたものであることを確認する。

・試験温度

試験温度は試験結果に大きな影響を与えることから、試験槽内温度、試験液温度及び試験片温度が規定値であることを確認後試験を開始する。

b) 起電力測定試験

・試験液

水酸化ナトリウム水溶液は、大気中のCO₂ガスを吸収し変質するので、新しく調整されたものであることを確認する。

・試験片温度

槽型のアルカリ滴下試験装置と異なり、試験片の測定面は室温の雰囲気と接していることから、表面温度計で試験前の試験片表面温度を測定し規定範囲内であることを確認する。

c) キャス試験

・試験液

試験中の試験液の噴霧量、pH及び濃度は適切な間隔で測定する。

d) 中性塩水噴霧試験

・試験液

試験中の試験液の噴霧量、pH及び濃度は適切な間隔で測定する。

e) 酢酸酸性塩水噴霧試験

・試験液

試験中の試験液の噴霧量、pH及び濃度は適切な間隔で測定する。

参考文献

J I S H 8679-1:1999 アルミニウム及びアルミニウム合金の陽極酸化皮膜に発生した孔食の評価方法
- 第1部：チャート法

J I S H 8679-2:1999 アルミニウム及びアルミニウム合金の陽極酸化皮膜に発生した孔食の評価方法
- 第2部：グリッド法

J I S H 8681-1:1999 アルミニウム及びアルミニウム合金の陽極酸化皮膜の耐食性試験方法
- 第1部：耐アルカリ試験

J I S H 8681-2:1999 アルミニウム及びアルミニウム合金の陽極酸化皮膜の耐食性試験方法
- 第2部：キャス試験

J I S Z 2371:2000 塩水噴霧試験方法

注意点

a) アルカリ滴下試験方法

・試験槽内温度

試験槽内温度及び試験液温度が規定値であることを確認すると共に、試験片温度が試験槽内温度と同一になってから試験する。試験槽内温度が規定値になつても試験液温度が規定値に達していない場合があるので注意する。

・試験液

水酸化ナトリウム水溶液は、大気中のCO₂ガスを吸収し変質するので、試験の都度調整する。

・封孔方法と皮膜溶解

皮膜厚さが $20\mu\text{m}$ 未満の沸騰水あるいは蒸気封孔処理された皮膜に対しては問題なく測定できるが、封孔助剤を用い封孔処理されたものの中には、皮膜が均一に溶解されなかったり、あるいは皮膜溶解部が腐食生成物で覆われてしまい回路計による導通の判定ができない場合がある。このような場合は起電力測定試験方法を併用すると良い。

・プローブの當て方

プローブを試験位置に當てて抵抗を測定する場合、垂直に軽く當て、試験面にかかる荷重はあくまでも決められたプローブの自重となるようにする。衝撃をもって試験面に當てた場合は、溶解していない皮膜が破れ導通と判定される場合がある。

b) 起電力測定試験方法

・試験片温度

この試験では、一般に保温プレートに試験片を置き決められた試験温度となるように保温されるが、保温プレートの表面温度と試験片の表面温度は異なることから、表面温度計等で試験片表面の温度を確認する必要がある。特にブロック状の試験片など熱容量が大きい場合や、高さのある試験片の場合、必ず表面温度を確認する。

また保温プレートに密着しない試験片の場合、保温プレートと試験片の間に水を適量垂らし、水を介し試験片を保温する。

・試験値の異常

極端に大きな値又は小さな値がでる場合は、セル内の気泡の残留、液漏れ、あるいは皮膜の引っかききずなどの皮膜の欠陥に起因する場合が多く試験値としない。

c) キャス試験方法

・試験のばらつき

キャス試験に限らず耐食性試験ではその結果がばらつく場合が多いので、複数の試験片を同時に試験することが好ましい。

・光沢ピット

試験結果の評価において、試験面には孔食の他、光沢ピットと呼ばれる素地面が光沢を呈した平面的な腐食が発生する場合がある。この光沢ピットは、自然界での腐食では発生しないことから、レイティングナンバによる評価の対象としない。

d) 中性塩水噴霧試験方法

・試験液

噴霧中の試験液の管理、特にpHの管理において、塩水補給タンクの試験液のpHに比較し、外部採取型コレクターで得られた試験液のpHがかなり低く測定される場合は、試験槽内部で採取できるようなコレクターを設け確認する。

試験液が中性のため、塩水補給タンクや噴霧塔内部にカビが発生しやすくフィルターを詰まらせがあるので噴霧量の確認とフィルターの掃除を怠ってはならない。

e) 酢酸酸性塩水噴霧試験方法

・品質規定値

JIS H 8601にこの試験方法が規定されているが、現在、この試験方法による陽極酸化皮膜に関する品質規定値はない。また、試験後の処理及び評価方法が明確でないことから受渡し当事者間で協議し決めることが好ましい。

f) その他

耐食性試験終了後、水洗等の適切な後処理を行った後で試験片を乾燥させても、放置したままにしておくと腐食が進行する場合がある。判定は試験終了後迅速に行うことが大切である。

10.1.5 耐摩耗性試験

目的

陽極酸化皮膜の耐摩耗性を評価するための試験方法には、往復運動平面摩耗試験方法、噴射摩耗試験方法、砂落し摩耗試験方法及び平板回転摩耗試験方法がある。試験方法によっては、皮膜表面の耐摩耗性を評価するものや皮膜表層部から素地に至る皮膜の平均的な耐摩耗性を評価するものがあることから、製品の目的に応じ選択し適用する。

作業条件（影響要因）

a) 往復運動平面摩耗試験方法

この方法は、往復運動平面摩耗試験装置によって、周囲に研磨紙を貼り付けた摩擦輪と試験片との間に一定の加重を加えて往復運動させ、皮膜厚さの減少量を測定し耐摩耗性を調べる方法で、 $5\text{ }\mu\text{m}$ 以上の皮膜に適用される。

またこの試験で得られる耐摩耗性は、皮膜表層部の耐摩耗性である。

JIS H 8603の硬質陽極酸化皮膜の耐摩耗性は、同時に試験した耐摩耗性基準試験片の耐摩耗性との比で表す。JISに準拠し作成された耐摩耗性基準試験片は軽金属製品協会に用意されている。

b) 噴射摩耗試験方法

この方法は、噴射摩耗試験装置によって研削材を圧縮空気で加速して試験片上に噴射し、皮膜が削り取られ素地が露出するまでの時間を測定して耐摩耗性を調べる方法で、 $5\text{ }\mu\text{m}$ 以上の皮膜に適用される。

またこの試験で得られる耐摩耗性は、皮膜表層部から素地に至る皮膜の平均的な耐摩耗性である。JIS H 8603の硬質陽極酸化皮膜の耐摩耗性は、同時に試験した耐摩耗性基準試験片の耐摩耗性との比で表す。JISに準拠し作成された耐摩耗性基準試験片は軽金属製品協会に用意されている。

c) 砂落とし摩耗試験方法

この方法は、砂落し摩耗試験装置によって、研削材を試験片の上に誘導管内を通して一定の落差で自然落下させ、皮膜が削り取られ素地が露出するまでの時間を測定して耐摩耗性を調べる方法である。この試験で得られる耐摩耗性は噴射摩耗試験方法と同様皮膜の厚さ方向全体の平均的な耐摩耗性である。皮膜の素地が露出するまでの試験時間は、噴射摩耗試験方法と比較し20倍程度長いことから、厚い皮膜あるいは耐摩耗性に優れた硬質陽極酸化皮膜の試験に適さない。

d) 平板回転摩耗試験（テーパ式摩耗試験）方法

この方法は、平板回転摩耗試験装置によって、研削材を含有する摩擦輪と試験片との間に一定の荷重を加えて回転運動させ、皮膜質量の減少量を測定し耐摩耗性を調べる方法である。またこの試験で得られる耐摩耗性は、皮膜表層部の耐摩耗性である。1回の試験に3時間近い時間がかかる。

管理点

a) 研削材

噴射摩耗試験、砂落し摩耗試験において、研削材の研削性は使用回数が増えると低下するので、再使用回数を確認すると共に、ふるいを用い規定の粒度とする。また規定された最大の再使用回数を超えて使用してはならない。

研削材は皮膜と同様吸湿し易いので、規定された湿度以下に十分保持した後使用する。

b) 試験雰囲気

試験環境の湿度が高いと、耐摩耗性値が低下したり、また温度や湿度の変動が試験片重量や砂の自然落下重量に変動を与えることから、規定の温湿度内で出来るだけ変動の少ない状態に維持する。

c) 耐摩耗性基準試験片

研磨紙や研削材等を含めた耐摩耗性試験装置全体の摩擦能力は、試験の都度耐摩耗性基準試験片を使用し確認することが好ましい。

参考文献

- J I S H 8 6 0 1 : 1999 アルミニウム及びアルミニウム合金の陽極酸化皮膜
J I S H 8 6 0 3 : 1999 アルミニウム及びアルミニウム合金の硬質陽極酸化皮膜
J I S H 8 6 8 2 - 1 : 1999 アルミニウム及びアルミニウム合金の陽極酸化皮膜の耐摩耗性試験方法
　　- 第1部：往復運動平面摩耗試験
J I S H 8 6 8 2 - 2 : 1999 アルミニウム及びアルミニウム合金の陽極酸化皮膜の耐摩耗性試験方法
　　- 第2部：噴射摩耗試験
J I S H 8 6 8 2 - 3 : 1999 アルミニウム及びアルミニウム合金の陽極酸化皮膜の耐摩耗性試験方法
　　- 第3部：砂落し摩耗試験

注意点

a) 往復運動平面摩耗試験

1) 試験片形状

試験面が平面でない場合は摩耗状態に偏りを生じ、また試験面が平面でも切断面にバリ等があると試験片取り付け台に水平に固定できず偏った摩耗となる。

更に、試験面が平面でも試験片押さえ板が当たる方が平らでない場合、押さえ方が不均等となり、試験面の浮き上がりが生じ均等に摩耗されないので注意する。

2) 試験片の再固定

予備摩擦後、試験片を再度試験片取り付け台に固定する場合、予備摩擦面と同じ面が摩擦されるよう試験片を正確に予備摩擦と同じ位置に固定する必要がある。このためには、試験片と試験片位置決めガイド（案内定規）との位置関係（接点）を確認しておくと良い。

b) 噴射摩耗試験

1) 供給空気圧力

供給空気圧力が規定値に管理されていても噴射ノズルから空気が十分噴射されているとは限らない。極端な場合、噴射ノズルが詰まり空気がほとんど流れていなくても圧力は規定値に設定可能である。このことから供給空気圧力とともに空気の流量を管理する必要がある。空気の流量は規定値がないことから、試験装置メーカーの試験成績書に記載の流量が維持されているかどうかを確認する。

2) 研削材の自然落下量

研削材の自然落下量の確認において、試験開始前の測定値は規定範囲内でも試験直後の測定値では大きく変わることがあるので注意を要する。試験開始前の測定に際しては、しばらく研削材を自然落下させた後で測定することが好ましい。

3) 目視判定法

目視判定法では素地露出部の直径が約2mmとなった時点の時間を測定する。しかし、直径が2mmとなった時点を判断するには熟練が必要である。また素地露出部が楕円形となる場合があるので注意する。

4) 導通判定法用プローブ（測定用接触子）

プローブ先端の形状及びプローブの當て方により導通判定に若干のばらつきが生じることから、試験に際しては同じ形状のプローブを用い、當て方も予め決めておくことが望ましい。

c) 砂落とし摩耗試験

1) 砂の落下位置

砂の落下位置は試験装置の振動や開平板付近の空気の流れの影響を受け大きく変動する。試験に際しては、振動あるいは試験装置設置場所の空気の流れによって砂の落下位置が変動することのないように注意する。

d) 平板回転摩耗試験（テバ式摩耗試験）

1) 試験片の回転板への再取り付け

予備摩擦後の試験片の再取付けでは、予備摩擦での試験片取り付け位置を確認し、同じ位置に取り付けるようにする。

2) 摩擦輪

試験前、エメリー紙で表面調整を行った摩擦輪の端面にバリが出ているような場合は取り除く。

10. 1. 6 その他の試験

目的

陽極酸化皮膜のその他の品質を試験する試験方法を理解し、試験に際しては目的に合った適切な試験方法を選択し適用する。適用に当たっては、試験の管理点あるいは注意点を把握し、陽極酸化皮膜の品質に関する正しい評価結果を得る。

その他の品質：封孔度・耐ひび割れ性・光堅ろう度・紫外光堅ろう度・写像性・絶縁耐力・連続性・鏡面光沢度・表面色(色差)・表面粗さ・皮膜硬さ

作業条件(影響要因)

a) 封孔度試験

陽極酸化処理のみの皮膜は多孔質のため汚れやすく耐食性に乏しい。皮膜の微細孔を封じ、耐汚染性、耐食性等の物理的、化学的性質を改善するため封孔処理と呼ばれる一般には水和反応に基づく処理が実施される。封孔度試験はいずれも水和によって改質された皮膜特性の度合いによって封孔度を推定するものである。

1) 染料吸着試験方法

この方法は、皮膜に所定の前処理を施した後、染色液を点滴し、皮膜が染料に染色される程度によって封孔の程度を調べるものである。染色の程度を判断することから、濃色の染色品に向向きであり、また皮膜厚さ、試験面の表面粗さ等の表面性状の影響を受けやすい。

2) りん酸ークロム酸水溶液浸せき試験方法

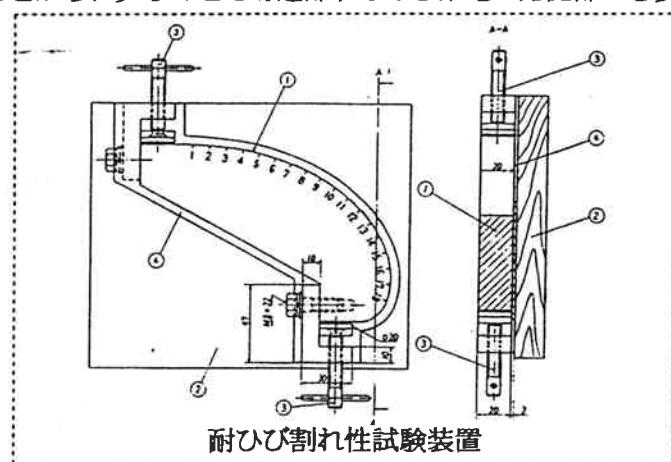
この方法は皮膜を38℃に保持されたりん酸ークロム酸水溶液に15分間浸せきすることにより、侵された皮膜の質量減少を測定し、耐酸性の度合いによって封孔の程度を調べるものである。

3) アドミッタンス試験方法

この方法は、皮膜の電気的特性であるアドミッタンスを周波数1kHzのもとで測定し、その値によって封孔の程度を調べる方法で、皮膜を破壊しないことを特徴とする。非破壊試験であるが、試験は皮膜の上に取り付けられた測定用セルに硫酸カリウム水溶液を入れ、この液と素地との間のアドミッタンスを測定することから、少なくとも導通部すなわち素地の露出部は必要となる。またこの方法は、電解着色の皮膜には適さない。

b) 変形による耐ひび割れ性試験

この試験方法は、耐ひび割れ性試験装置に試験片の一端を固定し、わん曲面に沿って試験片を曲げ、皮膜にひび割れが現れる境界点の目盛りから皮膜の伸び率を求め耐ひび割れ性を調べる。伸び率が高い方が耐ひび割れ性に優れる。



c) 色の促進耐光性試験

1) 光堅ろう度試験方法

この方法は、着色陽極酸化皮膜が自然光あるいは人工光に暴露された場合に生じる変退色に対する抵抗性を調べるもので、実際の試験は、促進耐光試験機を用いブルースケールと試験片を並べて取り付け、ブルースケールと試験片との変退色の度合いを対比させて着色皮膜の光堅ろう度を調べる。受け渡し当事者間の協定によって、試験片の変退色を色差で表しても良い。

この試験は、有機染料で染色した着色皮膜に有効である。

2) 紫外光堅ろう度試験

この方法は、紫外線促進耐光試験装置に、標準となる比較用の試験片と測定しようとする試験片とを並べて取付け、想定した色調変化が起こるまで紫外光を照射することにより、着色皮膜の紫外光に対する光堅ろう度を調べる方法である。受け渡し当事者間の協定によって、試験

片の変退色を機器で測定し紫外光に対する光堅ろう度を調べてもよい。

d) 鏡面光沢度(光沢保持率)測定試験

この試験方法は、鏡面光沢度測定器を用い、皮膜表面からの鏡面反射光と基準面(屈折率1.567のガラス)からの鏡面反射光との比を求め、皮膜表面の反射状態を調べるものである。陽極酸化皮膜の場合、通常入射角及び受光角を60°とする。

試験では、鏡面光沢度を求める場合と、例えば促進耐光性試験前後の鏡面光沢度から光沢保持率を求め皮膜表面の鏡面反射の変化を求める場合がある。

e) 写像性試験

写像性は陽極酸化皮膜表面に像を写したときの像の鮮明さ又はゆがみの程度を表すものである。

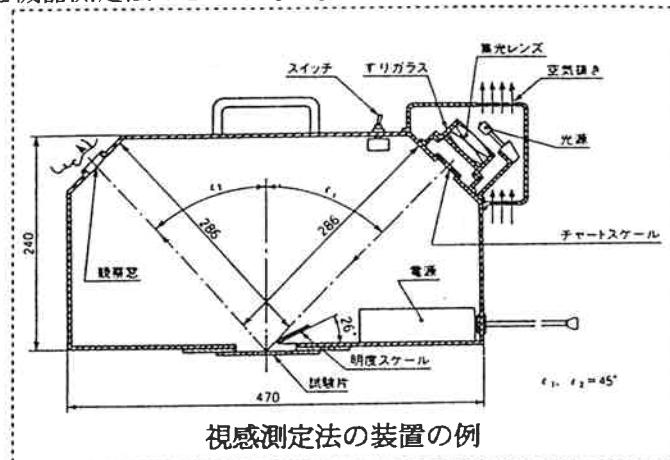
写像性を試験する方法には視感測定法と機器測定法の2つがある。

1) 視感測定法

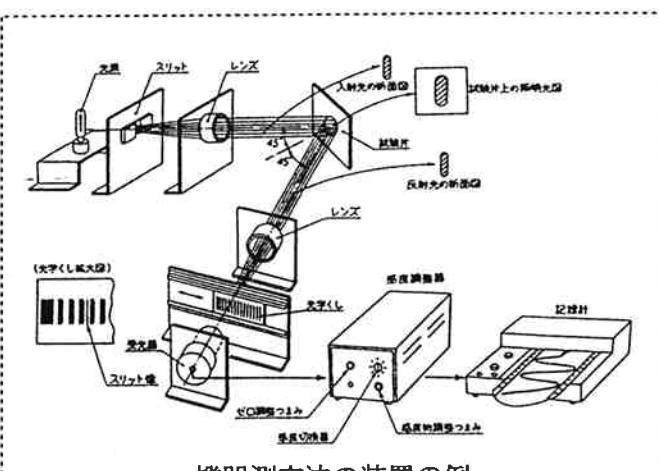
この方法は、試験面に写し出された、白黒パターンからなるチャートスケール像の形態を目視によって観察し、その識別限界、ゆがみ、明るさの3つの特性から写像性を調べる。皮膜表面に筋目がある場合は、この筋目に対する直角方向と平行方向の写像性は異なることから、規格では筋目に対し直角方向と平行方向で測定し計算によって試料の写像性を表す。

2) 機器測定方法

この方法は、試験面からの反射光を、光の遮光部と透過部からなる光学くし(櫛)を移動させることにより正反射光と拡散光に分け、それぞれの光量を測定し全反射光に対する正反射光の比で写像性を調べる。



視感測定法の装置の例



機器測定法の装置の例

f) 絶縁耐力試験

絶縁体力は皮膜の電圧に耐える能力を表すもので、絶縁破壊試験や耐電圧試験によって調べられる。

1) 絶縁破壊試験方法

この方法は、耐電圧試験器等により、皮膜と素地又は、定められた距離を隔てた皮膜間に25V/sの早さで昇圧する交流電圧(50Hz又は60Hz)を印加し、皮膜の絶縁が破壊する時点の電圧を測定する試験である。皮膜ー皮膜間の試験では二極間の距離を25mmとして試験する。

2) 耐電圧試験方法

この方法は、耐電圧試験器により、皮膜と素地又は、定められた距離を隔てた皮膜間に一定の交流電圧(50Hz又は60Hz)を一定時間印加し、皮膜が絶縁破壊したかどうかを調べるものである。

g) 連続性試験

この試験方法は、試験片の表面を硫酸銅を含む塩酸水溶液でぬらし、処理面に脱脂不良や電解時の加工品の異常接近等の理由により発生した皮膜の欠落した部分がないかどうか、言い換れば、皮膜に欠陥がなく連続しているかどうかを試験するもので、皮膜に不連続な部分すなわち欠

陥がある場合には、その部分に置換反応に基づく銅の析出が起き黒点として観察される。連続性はこの黒点の数で表す。この方法は5 μm以下の薄い皮膜に適用する。

h) 質量測定試験

- この試験方法は、皮膜を95~100°Cに加熱されたりん酸-クロム酸水溶液に浸せきし皮膜のみを溶解させ、試験前後の質量差を求ることにより、加工された皮膜の量を単位面積当たりの質量で表すものである。(皮膜密度が既知の場合、この質量から平均皮膜厚さを求める方法については10.1.3皮膜厚さ試験を参照。)

なお、この試験は、6%以上の銅を含む合金では、試験中に素地が溶解する恐れがあることから適用出来ない。

i) 表面粗さ測定試験(二次元表面粗さ測定試験)

この試験方法は、二次元表面粗さ試験機によって、触針を試験片表面に接触させながら移動させ、表面の凹凸に応じ触針が上下動することを利用し、試験片表面の粗さを調べる。

二次元表面粗さは通常算術平均粗さ(R_a)、最大高さ(R_y)、十点平均粗さ(R_z)によって表す。

j) 皮膜硬さ試験

この試験方法は、ビッカース硬さ試験機によって、正四角すい(錐)のダイヤモンド圧子を一定の試験力で試料の表面に押し込み、その試験力を解除した後、表面に残ったくぼみの対角線長さを測定し硬さに換算することにより、試験片の硬さを調べるものである。

k) 表面色(色差)測定試験

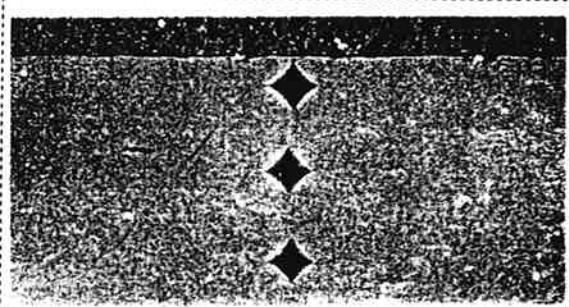
この測定試験方法は、色を表示する数値を測定する色彩計によって、試験片表面の色を測定し、色を数値で表すものである。また、耐光(候)性試験の場合は、試験前後の試験片の表面色を測定し、その差を色差として表す場合がある。色を数値で表す場合、陽極酸化皮膜関係では通常L*a*b*表色系を用いる。

管理点

注意点を参照。

参考文献

- JIS H 8683-1:1999 アルミニウム及びアルミニウム合金の陽極酸化皮膜の封孔度試験方法
- 第1部：染料吸着試験
- JIS H 8683-2:1999 アルミニウム及びアルミニウム合金の陽極酸化皮膜の封孔度試験方法
- 第2部：りん酸-クロム酸水溶液浸せき試験
- JIS H 8683-3:1999 アルミニウム及びアルミニウム合金の陽極酸化皮膜の封孔度試験方法
- 第3部：アドミックタンス測定試験
- JIS H 8685-1:1999 アルミニウム及びアルミニウム合金の着色陽極酸化皮膜の促進耐光性試験方法
- 第1部：光堅ろう度試験
- JIS H 8685-2:1999 アルミニウム及びアルミニウム合金の着色陽極酸化皮膜の促進耐光性試験方法
- 第2部：紫外光堅ろう度試験
- JIS H 8686-1:1999 アルミニウム及びアルミニウム合金の陽極酸化皮膜の写像性試験方法
- 第1部：視感測定法
- JIS H 8686-2:1999 アルミニウム及びアルミニウム合金の陽極酸化皮膜の写像性試験方法
- 第2部：機器測定法
- JIS H 8687:1996 アルミニウム及びアルミニウム合金の陽極酸化皮膜の絶縁耐力試験方法
- JIS H 8688:1998 アルミニウム及びアルミニウム合金の陽極酸化皮膜の単位面積当たりの質量測定方法



皮膜断面のくぼみ例

| | |
|------------------------|---------------------------------|
| J I S H 8 6 8 9 : 1998 | アルミニウム及びアルミニウム合金の陽極酸化皮膜の連続性試験方法 |
| J I S B 0 6 0 1 : 1994 | 表面粗さ - 定義及び表示 |
| J I S Z 2 2 4 4 : 1998 | ピッカース硬さ試験 - 試験方法 |
| J I S Z 8 7 3 0 : 1995 | 色の表示方法 - 物体色の色差 |
| J I S Z 8 7 4 1 : 1997 | 鏡面光沢度 - 測定方法 |

注意点

a) 封孔度試験

1) りん酸一クロム酸水溶液浸せき試験

・溶存 Al 量

試験液中の溶存 Al 量は皮膜の溶解性に影響を与えるので、皮膜として 2 g / l 以上溶解した試験液は再使用してはならない。

・表面積

この試験では、単位面積当たりの質量減を求めるところから、表面積が正確に求められる試験片でなければならない。

・質量測定

質量測定に際しては皮膜を十分乾燥させ測定するが、出来れば熱風乾燥後、試験前と同じ試験環境に保持してから測定するか、あるいは質量測定を繰り返し、測定値に変動がないことを確認する。

・試験環境

試験液の加熱時に発生する有害な蒸気を吸引しないようドラフト等で実施する。

・水洗水の廃棄

水洗水の廃棄に際しては、適切な方法でクロム酸イオンを除去後廃棄する。

2) 染料吸着試験

・試験液

染料は光によって退色し易いので、必ず褐色あるいは完全に遮光したガラス容器等で保存する。

・マグネシア

染料を滴下し、規定時間後試験片を水に浸し例えばマグネシアを付けた柔らかい布でこすり表面に付着しているだけの染料を除去するが、このマグネシアは水の存在で変質し、硬い固まりとなる場合がある。試験の都度水に溶かし用いるか、湿した布に粉状のマグネシアを付けて用いる。

3) アドミッタンス試験

・測定時間及び温度

J I S では、測定用セルに試験液を注入後 30 分放置しアドミッタンスを測定する。これは一般的に試験液注入直後はアドミッタンスが安定しないからである。また、アドミッタンスは、試験液温度によって影響を受けるところから、測定時正確に測定することが好ましい。

b) 変形による耐ひび割れ性試験

・試験片

製品から切り出した試験片では端部に微細なひびが既に発生している場合があり、試験時この微細なひびを起点とし試験面に広がってしまうことや、切り出し時のバリがひびの起点となり正しい耐ひび割れ性を示さないことがある。できれば素材の段階で試験片形状に切り出し、端面のバリを除去後陽極酸化処理した試験片を用いることが好ましい。

・試験片の厚さ

試験片の厚さが 5 mm の場合、材質によっては硬く皮膜が化成されると更に曲げに対する抵抗力が大きくなり、装置のわん曲面板に沿って曲げることが出来ないことがある。1 ~ 3 mm 程度の板厚が適当である。

・手の保護

バリや鋭利な端面のため、曲げの作業中手に怪我をする危険があり、試験前の端面部の確認と手袋等で手を保護することが好ましい。

c) 色の促進耐候性試験

1) 光堅ろう度試験

・判定

ブルースケール及びグレースケールを使用した試験や判定法は複雑であることから、良く理解し実施する。

・ブルースケールの保管

ブルースケールの保管に際しては高温高湿を避け特に遮光に注意し保管する。

2) 紫外光堅ろう度試験

・紫外線

紫外線は人体に有害であることから、ランプ点灯時、直視したり皮膚等を暴露しないようにする。また紫外線のため発生するオゾンも人体に有害なことから、適切な方法で除去する。

・ホトクロミズム

皮膜の着色方法によっては、紫外線照射直後の表面色が安定しない場合があるので、暗所に保存後再度試験し色の変化がないことを確認する。

d) 鏡面光沢度（光沢保持率）測定試験

・試験片の方向性

試験片の陽極酸化皮膜表面あるいは素地表面に方向性のある凹凸がある場合、照明及び受光の光学系に対する試験片の角度によって光沢度が大きく異なる場合がある。例えば、ロール目のある試験片の場合は、ロール目に対し平行方向と直角方向の両条件で測定する。

・照明及び受光角

陽極酸化皮膜の試験片の場合は、照明及び受光角を 60 度として測定するが、低光沢度のものは 60 度より大きな角度で、高光沢のものは 60 度より小さな角度で試験した方が光沢度の差がやすい。

・照明及び受光距離

光沢度は照明及び受光の試験片に対する距離によっても測定値が異なる場合があることから、測定器種が異なるような場合の試験値の比較には注意を要する。

e) 写像性試験

一般に濃色に染色するに従って写像性は若干良くなる。従って、色の異なる製品群を、一つの色で代表し測定することは好ましくない。

1) 視感測定法

・試験者

視感測定法は、人間の目による白黒パターンの見える限界値評価及び明るさの評価等であることから、試験者の視力（矯正視力）は正常でなければならない。

2) 機器測定法

・試験片の方向性

試験片の表面状態に方向性（例えば筋目）がある場合、その方向と一致するように試験片を調整しないと正確な試験片の写像性が得られない。これは、とくにスリット光に対し試験片の筋目の方向が直角付近での測定値の角度に対する変化量が大きいからである。

f) 絶縁耐力試験

・高電圧

試験は高電圧で行われるので、安全に十分留意する。

・プローブの汚れ

プローブの先端は試験時の放電により汚れたり変形するので、試験ごと確認し、汚れ等がある場合は粒度の細かい（例えば 1200 番）研磨紙で研磨後アルコール等で清浄にし用いる。

・プローブの周りの放電

試験雰囲気湿度が高かったり試験片表面が汚れているとプローブ周りの放電や皮膜表面での

放電が起こる可能性があり、試験環境に注意すると共に試験片表面は清浄でなければならない。

g) 連続性試験

・評価前の水洗

試験後水洗する場合、置換反応に基づく銅の析出物を洗い流さないように注意する。停留水中で軽く水洗する。

h) 皮膜質量測定試験

・試験環境

試験液の加熱時に発生する有害な蒸気を吸引しないようドラフト等で実施する。

・水洗水の廃棄

水洗水の廃棄に際しては、適切な方法でクロム酸イオンを除去後廃棄する。

i) 表面粗さ測定試験（二次元表面粗さ測定試験）

・測定条件

カットオフ値、基準長さや評価長さの選定によっては測定結果に影響を与えるので、特に指定が無い場合は、J I S B 0 6 0 1 に従って条件を設定する。

・測定方向及び測定位置

試験片の表面に方向性のある凹凸がある場合や粗さが部分的に異なるような場合は、その方向性に対し平行及び直角方向に粗さを測定したり、測定個所を増やすなどして、表面の粗さがより反映されるようにする。

j) 皮膜硬さ試験

・くぼみ

陽極酸化皮膜は透明なため、くぼみの境界が判然としない場合がある。特に皮膜の表面硬さを測定する場合に注意しなければならない。皮膜の種類によっては皮膜断面の場合でもくぼみの境界が判然としないことがある。このような場合は、受渡し当事者間の確認の下、染色や蒸着を行うとくぼみが見やすくなる。

・皮膜断面測定位置

皮膜断面の硬さを測定する場合、基本的には皮膜断面中央部を測定する。皮膜が厚い場合、皮膜表面側と素地側で皮膜硬さが異なる（皮膜表面側が軟らかい）場合があることから、J I S H 8 6 0 3 では、このような場合、皮膜の中央部の他、素地側を測定しても良いことになっている。

・加熱による硬化

陽極酸化皮膜は加熱により硬化する場合があり、皮膜断面の硬さ測定のため、試験片を樹脂に埋め込むような場合は、常温硬化型の樹脂に埋め込む。

k) 表面色（色差）測定試験

・目視による色と機器による測定値

陽極酸化皮膜は目視で観察した場合、光の反射や皮膜の透明さ等のため、見る角度により色調が異なって見える。このため色彩計で測定した数値と目視によって判断される色との間に差を生じる場合がある。

・色彩計の照明及び受光の幾何学条件

特に正反射光が大きな高光沢材、皮膜あるいは素材表面にロール目等の一定の指向性がある場合、色彩計の照明及び受光の幾何学条件に注意しなければならない。幾何学条件によっては、皮膜の色を適切に測定出来ない場合や、幾何学条件に対する試験片設置方向により、測定値が大きく変わる場合がある。

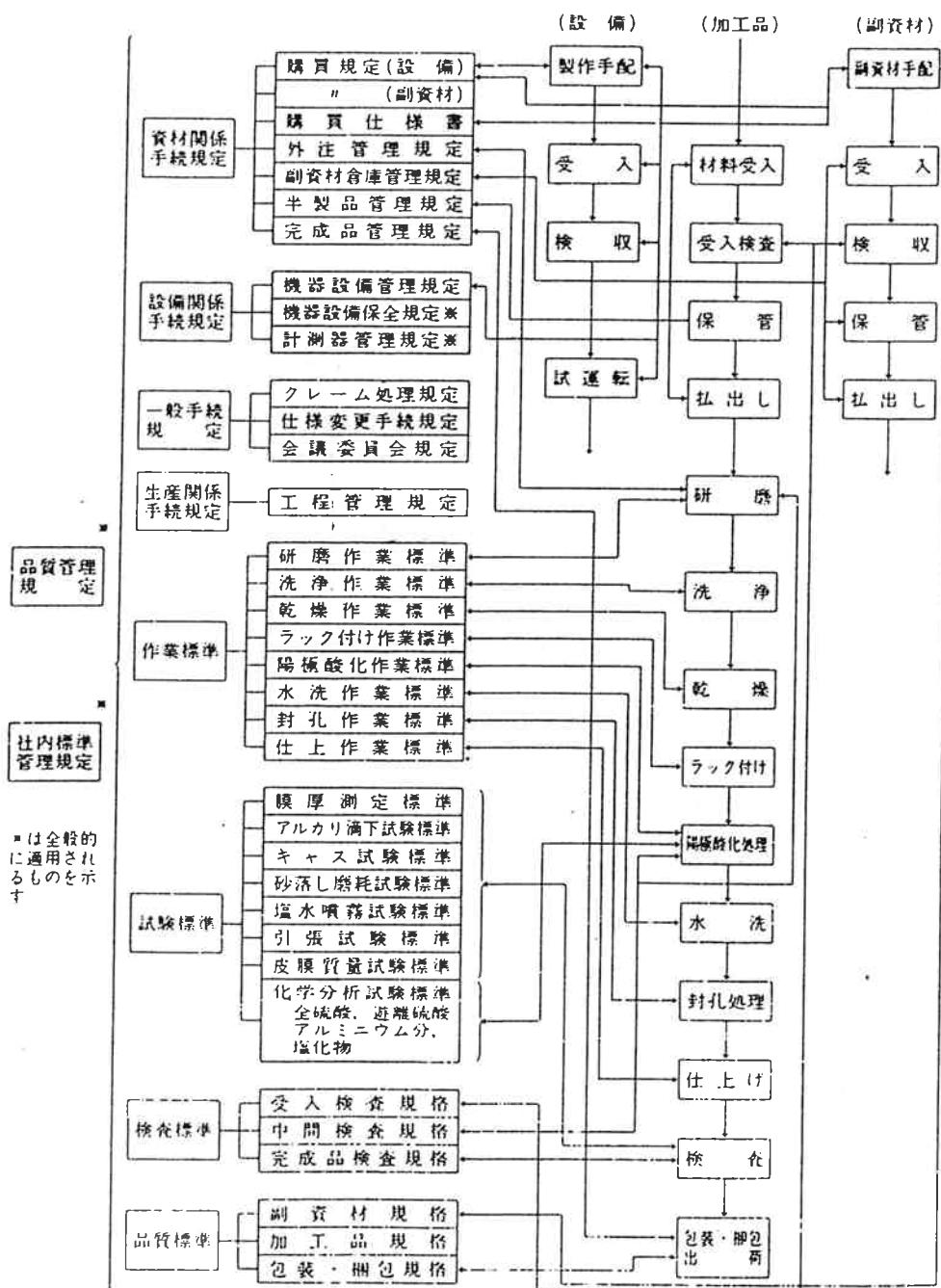
10.2 社内標準化

目的

社内標準化とは、材料、部品、設備、製品などの仕様、作業方法、業務手続きなどの標準を合理的に設定し活用する組織行為である。

仕組

- (1) 注文先が満足し、しかも自社にとって利幅の多いような品質を前もって決める。
- (2) 原価、納期、安全の面から最も好都合な方法を選び出す。(最適加工法の設定)
- (3) 最適加工法を実行するために必要な原材料や部品の品質とその入手方法、製造設備条件、作業員の技能、作業方法など明文化する。(社内標準の設定)
- (4) 作業標準によって訓練を受け標準通り作業を行う(標準化作業の実施)
- (5) 標準作業から脱線するがないように経済的に管理していく(管理)



社内標準化システム図の一例

管理

社内標準化を進めるための態勢

社内標準化は常に経営方針に直結していて、また標準化のための標準化に走ることがないように常に反省しながら進めていくという態度が必要。

社内標準化は企業内の業務全般にわたる問題なので、業務全般を統率している経営者自身が熱意を持って率先して、陣頭に立っていかなければ社内標準化は成功しない。

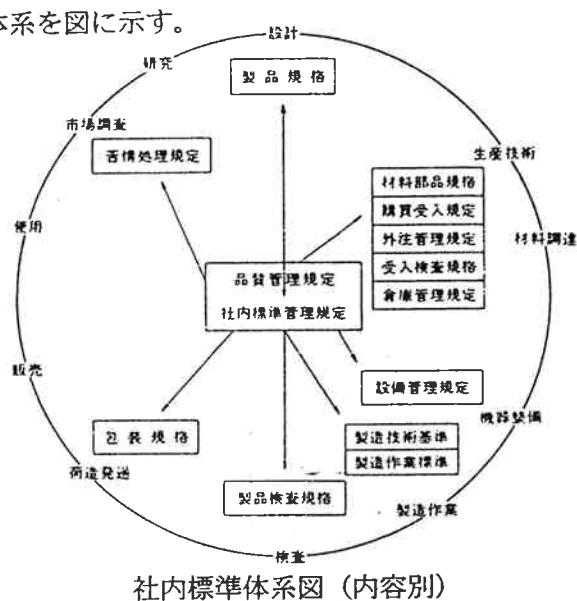
品質管理の進め方

品質管理とは、J I S Z 8101に買い手の要求にあった品質の製品を経済的に作り出すための手段の体系、近代的な品質管理は統計的な手段を採用している。仕事をやり直せば、その内には狙っている品質のものが作り出せるのかもしれないが、しかし、この時には既にコストと納期の点で経営が成り立たなくなってしまっている。経営をよくするために目的を達成するやり方が必要で一番よいやり方を決めて、これから外れないように進めていけば予定のコストで予定の時間に目的を達成することができる。

仕組

内容から見た体系

内容別にみた社内標準体系を図に示す。



推進の担当部門は標準化が品質管理活動の重要な部分をなしていることから当然品質管理推進部門が担当する。

- ①社内標準化の方針・計画の立案
- ②社内標準制定、改廃の手続きの立案
- ③各部門で行われる標準原案作成に対する協力、援助
- ④標準案審議の際の幹事役
- ⑤制定済の標準の維持管理
- ⑥社内標準化活動の推進、連絡、調整、協力

ポイント

品質管理は、顧客の要求する品質の製品を経済的に製造する有機的、組織的な企業活動である。

- (a) 経営方針に基づいた品質管理の方針を明示すること
- (b) 各部門の品質管理機能の協調方法を規定すること
- (c) 品質管理教育を組織的に推進する方法を規定すること
- (d) 品質管理を計画的に推進する方法を規定すること
- (e) 品質管理活動の監査の方法を規定すること
- (f) 管理図、工場実験などの統計的手法を活用する場合のやり方を規定すること

ワンポイントアドバイス

作業標準と加工工程の管理に関する社内規格の規定方法例

1. 作業標準

1. 1 一般事項

・作業標準の目的 品質規格及び技術基準に基づいて決められた品質を維持するため日常行う作業を標準化し、文章で明示すること

・規定の範囲 作業方法、作業条件、管理方法、使用機械、使用材料、その他注意事項を規定

1. 2 作業標準の目標

- ・製造部門の責任・権限の明示
- ・責任者の命令、指示、指導の根拠を明示
- ・作業状態の日常的な把握と改善促進
- ・会社の技術・ノウハウの伝承
- ・仕事内容の現場への確実な伝達
- ・新製品の早期生産確立
- ・品質管理、作業時間、工程管理、原価管理、安全管理、設備管理、環境管理など管理推進の基礎を構築

1. 3 作業標準の作成の留意事項

- ・実現可能な内容であること
- ・数値、写真、図表を入れ、具体的、客観的な記載内容であること
- ・作業行動を直接指示し、作業者の恣意的な判断に任せないこと
- ・成果の大きい工程から標準化し、次第に事業所全体に広げてゆくこと
- ・作業標準に矛盾があったり、実状に適さない場合、当事者が意見を出せるようにすること
- ・タイムリーに改訂、改善できること
- ・経営方針に従って推進すること

2. アルマイト工程における作業標準

作業標準の例を 166 頁に示す。

3. 加工工程の管理

作業標準に示された作業条件や加工方法に基づき、各工程ごとの管理項目および品質特性等を定めて、チェックを行わなければならない。

各工程ごとの管理項目および品質特性を明確にする。管理項目とは、温度、濃度、圧力、および時間等の品質に影響を与える要因である。

管理方法は、チェック時期、チェック方法および記録方法等を明確にし、品質特性に対する管理方法については、チェック時期、試料数、不良品の出た場合の処理、チェック担当、チェック方法、記録方法等を明確にしておく。

工程管理は 126 頁の一覧表を参考にする。

注意点

日常の管理において改良を心がけ、より合理的な標準とするように改善する。勝手に変更することは許されず、あくまでもこれらの標準を規定した責任者の許可を得なければならない。(アクション)

これらのステップを見て分かるとおり、標準化に始まり標準化に終わるように、標準化なくして品質管理はあり得ないといわれている。

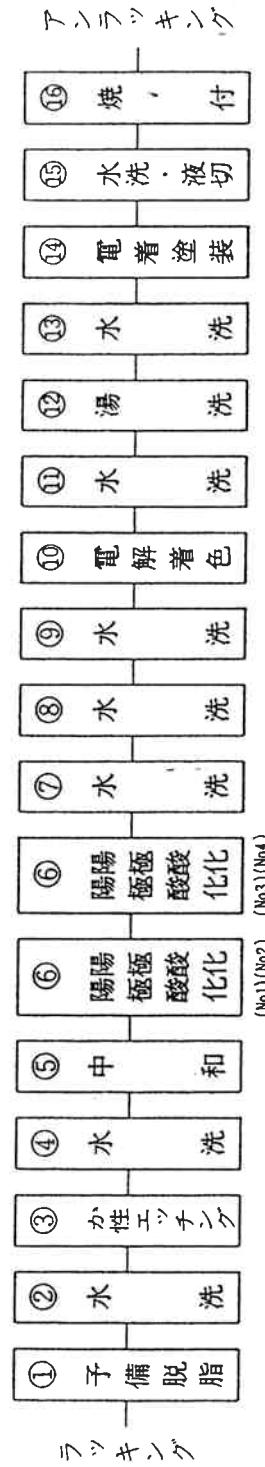
アルミニウム表面処理各工程の作業標準例

| 分類番号 | 暫版 |
|------|----|
| 平成 | ・制 |
| 平成 | ・改 |
| 平成 | ・実 |
| 平成 | ・確 |

1 適用範囲

この要項は○○アルミ株式会社の自動電解着色複合皮膜の標準作業について規定する。

2 作業の手順



3 作業条件

| 作業No | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 |
|---------|--------|-----|-------|-----|--------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|-------|---------|
| 工程名 | 子偏脱脂 | 水洗 | か性エッチ | 水洗 | 中和 | 陽極処理 | 水洗 | 水洗 | 水洗 | 電解着色 | 水洗 | 湯洗 | 水洗 | 電着塗装 | 水洗 | 焼付 |
| 流又は蒸気 | 硝酸 | 井水 | か性ソーダ | 井水 | 硫酸 | 硫酸 | 井水 | 井水 | 井水 | — | — | — | — | — | 井水 | 熱風 |
| 濃度(g/l) | 120±10 | — | 40±10 | — | 150±10 | 160±10 | — | — | — | — | — | — | — | — | 90±10 | — |
| 温度(°C) | 常温 | 常温 | 40±5 | 常温 | 常温 | 23±2 | 常温 | 常温 | 常温 | — | 定温 | 75±5 | 常温 | 20±2 | 常温 | 170~200 |
| 時間(分钟) | 6'00" | 20' | 6'00" | 30' | 6'50" | 30'00" | 2'00" | 6'00" | 6'00" | 4'00" | 3'00" | 6'30" | 3'30" | 3' | 5' | 30' |

1 1 環境管理

- 1 1 . 1 環境管理の考え方と管理事項
- 1 1 . 2 排水の水質管理
- 1 1 . 3 有害大気汚染物質の管理
- 1 1 . 4 P R T R
- 1 1 . 5 エネルギー管理

1.1 環境管理

1.1.1 環境管理の考え方と管理事項

目的

生産活動においては人の健康や生活環境、地球環境に悪影響を及ぼす物質を使用したり電力や石油燃料などのエネルギーを消費している。これらの使用を必要最小限にするとともに有害な物質の大気や排水、廃棄物への排出を極力抑えなければならない。そのため生産・流通活動を適正に管理することが必要である。この目的のために国際規格 ISO 14000 シリーズが定められ、環境マネジメントシステム（EMS）を規定している。

ISOをすぐに取得する予定がない場合もISOの考え方を学び自主管理に心がけなければならぬ。また、2001年度分（2002年度に報告）からPTRにより、指定化学物質の管理と情報公開が求められる。

原理

従来の環境管理と ISO 14001との相違

| | 従来の環境管理 | ISO 14001 |
|-------------|------------------------|---|
| 目標の設定 | 遵法性に重点 | 遵法性とともに、自主的に継続的に循環負荷を低減させていく |
| 規模 | 事業所とその周辺の環境保全が中心 | 地球規模での対応 |
| 対象範囲 | 事業所から排出される物質の環境負荷対策が中心 | 組織の活動、製品、サービス側面での環境対策 |
| 経営者の関与 | 関与不十分 | 経営者の関与・役割大（トップダウン） |
| 環境監査 | 企業内での監査中心 | 内部とともに、外部（第三者機関）による監査（客観性重視） |
| 環境管理システムの構成 | 本社や事業所での環境担当による管理システム | 関連する各部門と体系的に結びついた文書管理システムとPDCA機能を持つ管理システム |

作業条件（影響要因）

基本的用件としては、以下のことを文書などで体系的に構築する。

- ①環境方針、目的、目標の設定
- ②策定に当たっての組織の活動、製品、サービスを通じての法的要件事項、環境要素の特定
- ③環境方針、目的、目標を達成する実施体制
- ④環境負荷などの管理、測定、記録、点検及び是正措置
- ⑤内部監査などによるマネジメントシステムのPlan-Do-Check-Action（P-DCA）機能のチェック
- ⑥環境方針、目的、目標などの達成度、

理由・背景

公害型環境問題から地球環境問題へ

従来は近隣住民を中心とする被害者と公害原因を放出する事業所等との対立という構図を持ち、国や自治体が法律や条令で環境基準を設定し、大気、排水、廃棄物などの排出規制基準を定めて、

企業はこれらの基準に違反しなければよいという考え方であった。

1980年代以降、企業活動が広域化・国際化するとともに環境問題も広域化した。この結果事業活動の環境への影響は複雑になり、利害関係者の多様化をもたらした。またフロンやCO₂などのように地球規模での問題や環境ホルモンにみられるような地球生物の存続に関わる問題が発生し、場合によっては原因発生企業が膨大な費用負担を迫られる可能性がでてきた。

1992年の「地球サミット」は、地球温暖化、オゾン層破壊、酸性雨、森林破壊、砂漠化、生物種の減少・絶滅、資源・エネルギーの枯渇など、これまでの公害型環境問題と異なった地球環境問題を提起した。これはそれ以前の対症療法的な対応から一歩進んだ、より広範囲で包括的な自衛的環境リスク対策の必要性を産業界に認識させることになり、体系的な環境管理システムの手法を生み出し、ISOの制定に至った。

管理点

文書管理

- ①環境マネジメントシステム文書の明確化

体系図、作成、その目的、審査、承認

- ②全社共通文書体系と組織、部門の関連文書との位置づけなどの明確化

- ③環境マネジメント文書の一覧表

環境管理マニュアル、関連規定・手順書、作業指示書など

運用管理 運用管理業務に必要な規定、手順書

- ①環境法規

- ⑦エネルギー管理

- ②環境影響評価

- ⑧廃棄物管理

- ③新規導入設備管理

- ⑨水質管理

- ④環境マネジメントプログラム

- ⑩大気管理

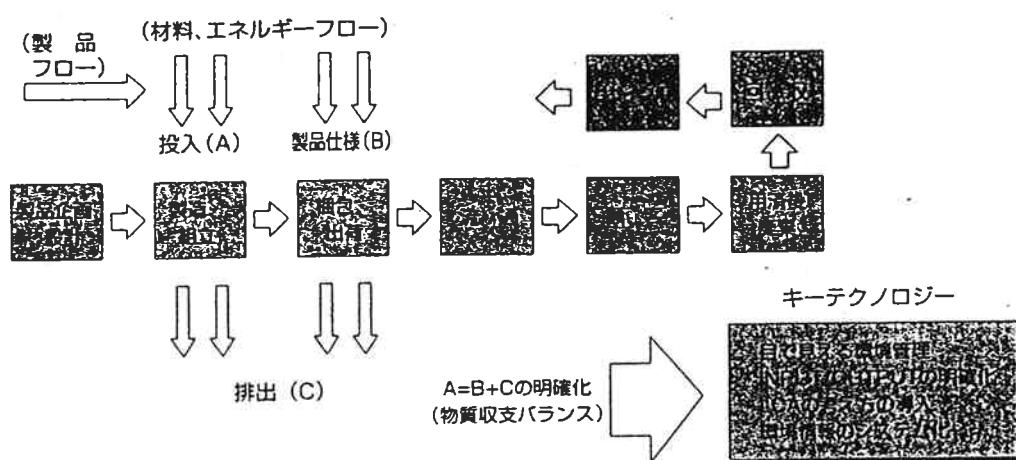
- ⑤特定業務管理

- ⑪騒音管理

- ⑥資材調達先管理

- ⑫工場立地管理 など

ワンポイントアドバイス



ISO 14001 対応の業務改革ポイント

参考文献

環境マネジメントシステム ISO 14001 征服実践マニュアル 通産資料調査会 1997

11.2 排水の水質管理

目的

事業所から排出される水の及び地下に浸透する水の水質を管理し、公共用水域及び地下水の水質の汚濁を防止すること。アルマイト工場においては水洗水等に多量の水を使用するので、水質の管理は各処理工程の管理につながり、処理コストにも影響する重要な問題である。従来排水規制に合格すればよいという消極的な姿勢ではなく、各処理工程の水質管理が陽極酸化皮膜の品質やコストの管理になることを理解し、積極的に実施することが必要である。

排水規制

水質汚濁防止法及び各都道府県等地域の水質汚濁防止条例などにより排水規制が行われている。下水道については、終末処理場からの排水基準が定められ、下水道ごとに受け入れ基準が定められている。

排水規制の対象

特定施設を設置する事業場（特定事業場）から公共用水域に排出される水（排出水）及び有害物質使用特定施設を設置する特定事業場（有害物質使用特定事業場）から地下に浸透する水で汚水等（特定地下浸透水）を含むもの。

排水基準

アルマイト工場で一般に排水基準の対象となる項目は、pH、SS、COD、BOD、りん、窒素などである。1999年からフッ素、ホウ素、硝酸性窒素及び亜硝酸性窒素が環境基準に追加され排水基準の検討がなされている。またニッケル化合物も将来環境基準に取り入れられる可能性がある。その場合は後業界として対応策が必要である。

健康項目 (mg/l)

| 物質名 | 環境基準 | 排水基準 |
|----------------|----------|----------|
| カドミウム | 0.01 | 0.1 |
| 全シアン | 検出されないこと | 1 |
| 鉛 | 0.01 | 0.1 |
| 六価クロム | 0.05 | 0.5 |
| ひ素 | 0.01 | 0.1 |
| 総水銀 | 0.0005 | 0.005 |
| アルキル水銀 | 検出されないこと | 検出されないこと |
| P C B | 検出されないこと | 0.003 |
| トリクロロエチレン | 0.03 | 0.3 |
| テトラクロロエチレン | 0.01 | 0.1 |
| 四塩化炭素 | 0.002 | 0.02 |
| ジクロロメタン | 0.02 | 0.2 |
| 1,1,1,トリクロロエタン | 1 | 3 |
| ベンゼン | 0.01 | 0.1 |
| セレン | 0.01 | 0.1 |

(全24物質より抜粋)

生活環境項目 (mg/l)

| 物質名 | 排水基準 |
|-----------------|----------------------------|
| pH | 5.8~8.6 |
| 大腸菌数 | 3,000 (個/cm ³) |
| ふつ素 | 15 |
| BOD | 160 (日間平均120) |
| COD | 160 (日間平均120) |
| 浮遊物質量 (SS) | 200 (日間平均150) |
| ノルマルヘキサン (鉱油) | 5 |
| ノルマルヘキサン (動植物油) | 30 |
| 銅 | 3 |
| 亜鉛 | 5 |
| 溶解性鉄 | 10 |
| 溶解マンガン | 10 |
| クロム | 2 |
| フェノール類 | 5 |
| 全りん | 16 (日平均8) |
| 全窒素 | 120 (日平均60) |

注 1) 50m³/日以上の排出量のある工場に適用

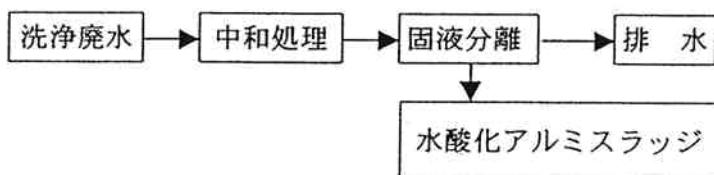
2) BODは海域および湖沼以外の水域に適用

3) CODは海域および湖沼に適用

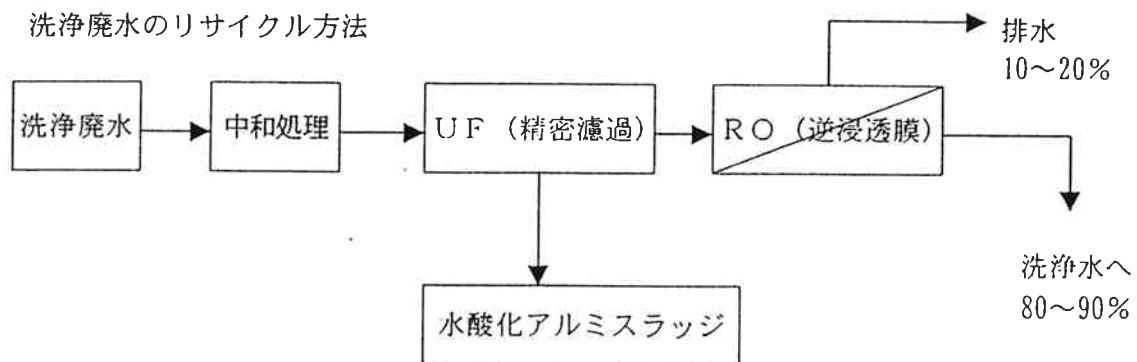
4) 全りんおよび全窒素については、湖沼および閉鎖性海域（東京湾、伊勢湾、瀬戸内海等）および流入する水域に適用する。

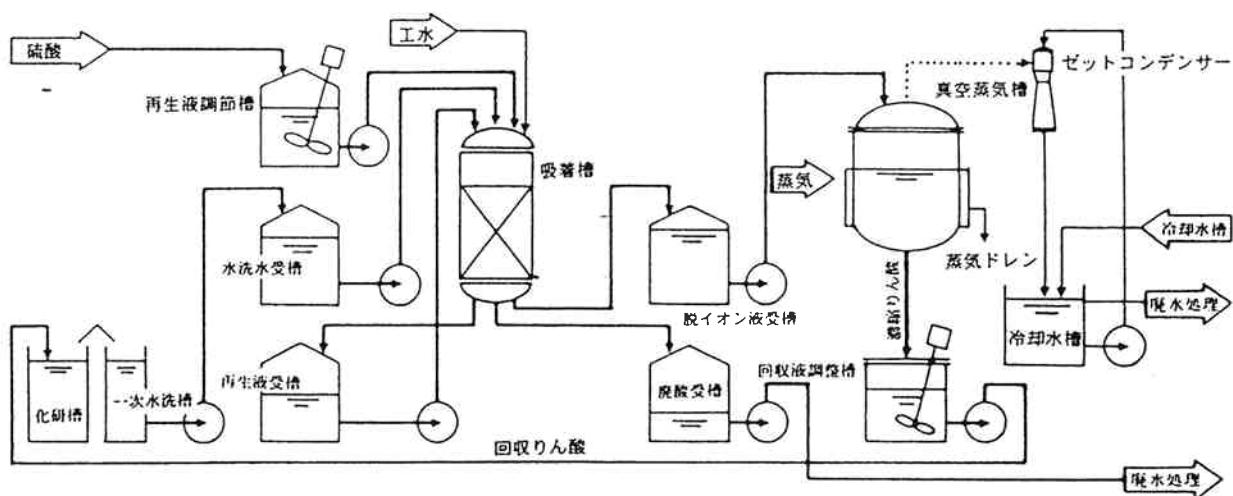
作業条件 (各種の廃水処理方法)

洗浄排水の一般的な処理方法

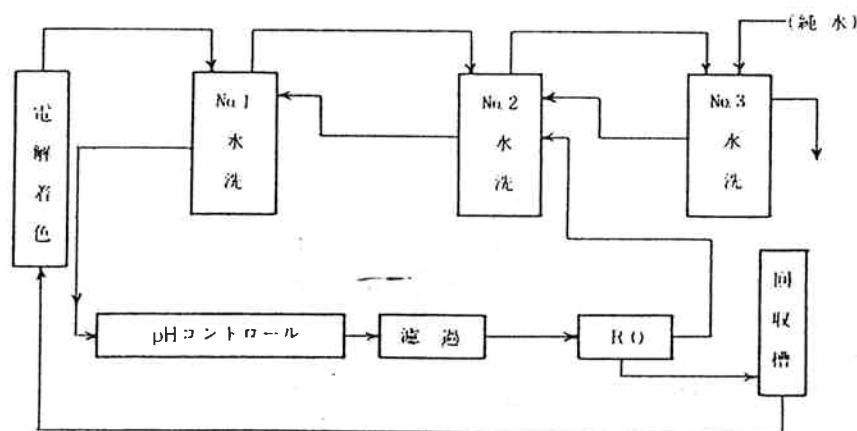


洗浄廃水のリサイクル方法

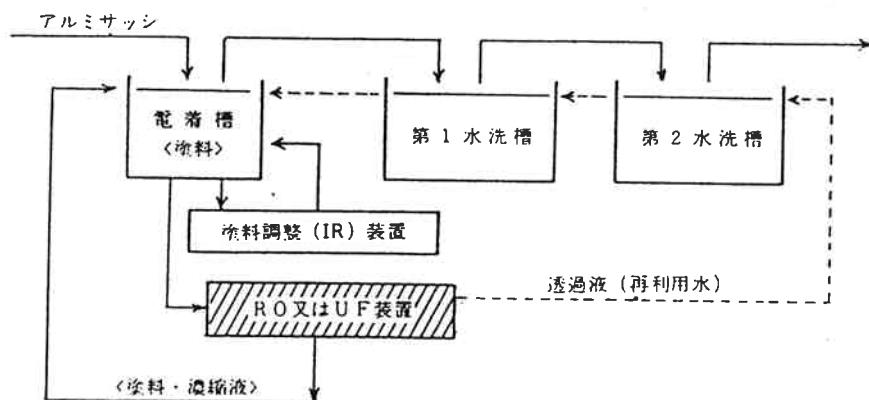




化学研磨液からのりん酸回収法

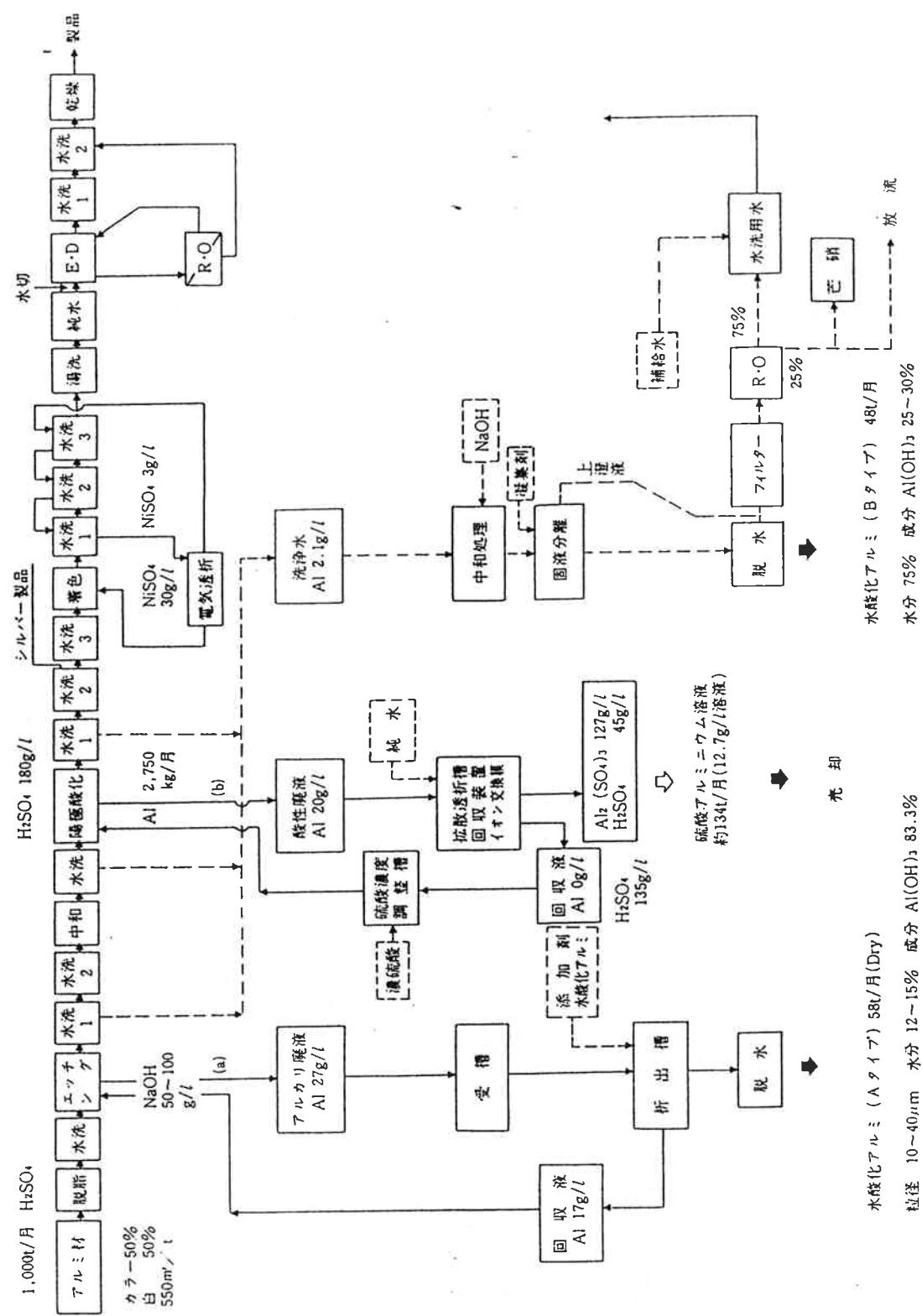


電解着色液の金属塩回収法



電着塗料の回収法

アルミニウム建材の表面処理工程の再資源化処理システムモデル



参考文献

アルミニウム表面処理の理論と実務第3版

輕金屬製品協會 1994

11.3 有害大気汚染物質の管理

目的

事業者が排出する有害大気汚染物質（指定物質）の排出を事業者が自主的に目標を設定して排出抑制を図ること。

原理

1996年に公布された大気汚染防止法の改正で、国は有害大気汚染物質に12物質を指定し、事業者の自主管理を促進することによって排出抑制を進めることが定められた。アルミニウム表面処理業では、軽金属製品協会が協会加盟の主要な事業所と共に硫酸ニッケル、ジクロロメタン、トリクロロエチレンについて業界の自主管理計画を策定し、97年度から2000年度までの3ヶ年自主管理を行っている。このうちジクロロメタンは塗膜の剥離に使われていたがすでに代替物質に替えられ、トリクロロエチレンは洗浄や塗装に用いられているが、代替法に替えつつある。陽極酸化処理では硫酸ニッケルだけが対象である。

自主管理対象物質

| | |
|--------------|------------------|
| アクリロニトリル | テトラクロロエチレン |
| アセトアルデヒド | トリクロロエチレン |
| 塩化ビニルモノマー | 1, 3-ブタジエン |
| クロロホルム | ベンゼン |
| 1, 2-ジクロロエタン | ホルムアルデヒド |
| ジクロロメタン | 二硫化三ニッケル及び硫酸ニッケル |

硫酸ニッケルの実施状況

- 硫酸ニッケル使用量の削減は、代替法がないので困難。
- 硫酸ニッケルの使用量が増大としても、大気への排出量は抑制対策を実行し、自主管理計画における排出量を厳守。

硫酸ニッケルの排出等の状況

| 年 度 | 基準年度 (7年度) | 9年度 | 10年度 | 11年度 (当初目標) |
|---------------|---------------|-------|-------|----------------|
| 使用量 (トン/年) | 1,400 | 1,621 | 1,462 | 1,490 |
| 参加社数 | 10 | 10 | 10 | 10 |
| 排出量 (トン/年) | <0.1 | <0.1 | <0.1 | <0.1 |

参考データ

単位：トン

| | H 7 年度 | H 9 年度 | H 10 年度 |
|--------------------|--------|--------|---------|
| P R T R 等から算出した使用量 | 1,983 | 1,858 | 1,735 |

敷地境界線濃度の分布状況の例

0.0012~0.020 ($\mu\text{g}/\text{Nm}^3$)

管理点

硫酸ニッケルの大気中への排出量を削減する具体的方法

- ①溶解槽(硫酸ニッケル投入用)に蓋をし、さらに、排気口にフィルターを取り付け大気への飛散を防止する。
- ②ニッケル回収装置の導入促進により使用量の削減を図る。
- ③電解着色槽に自動開閉蓋及びシャワー洗浄設備等の導入を促進し、飛散防止を図る。
- ④電解着色槽周辺の洗浄及び清掃を徹底し、大気への飛散防止を図る。

11.4 化学物質の環境への排出量の把握及び管理の改善（P R T R）

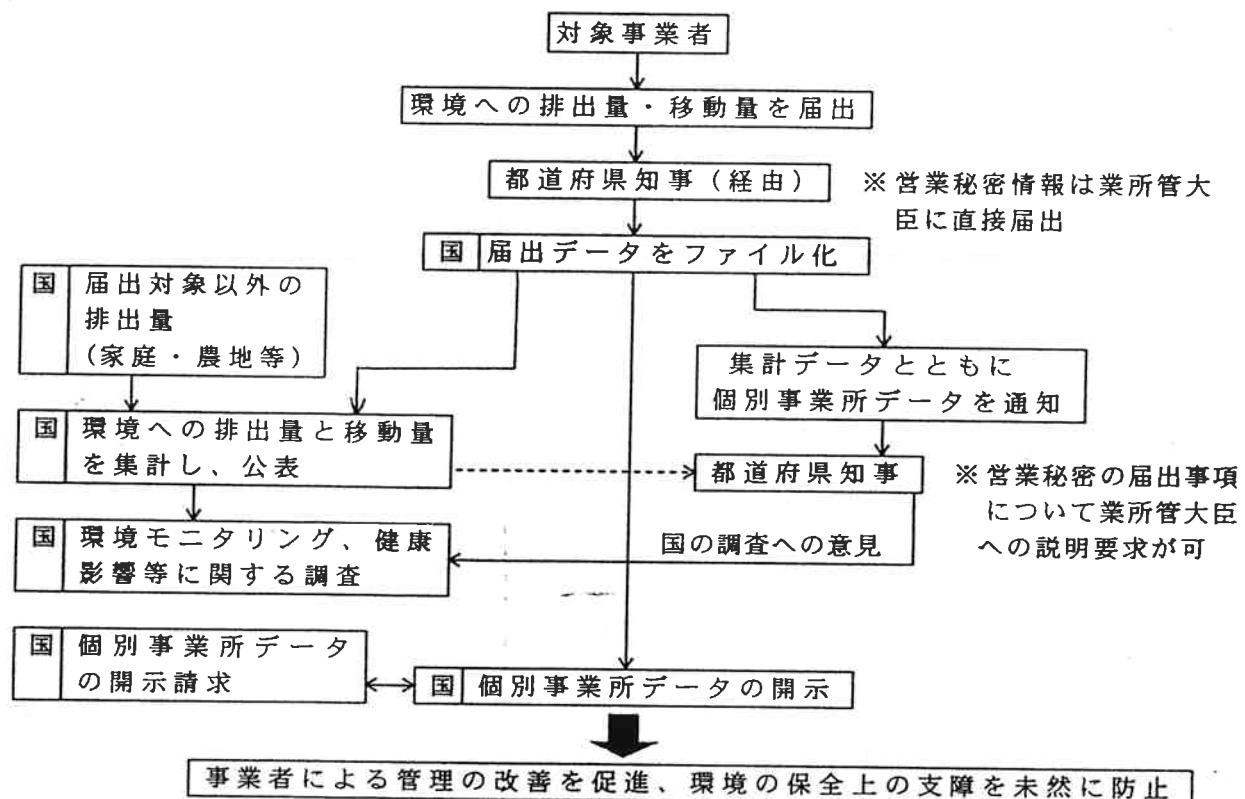
目的

有害性が判明している化学物質について、人体等への悪影響との因果関係の判明の程度に係わらず、事業者による管理活動を改善強化し環境保全を図るための新たな枠組みの整備を図る

原理

国が化学物質の管理指針を策定公表し、事業者は指針に留意しつつ化学物質の排出・管理状況等の情報提供を、都道府県知事を通じて国に行い、国民の理解を図る。指定物質は、相当広範な地域の環境中に継続的に存在する物質で、人の健康被害を未然に防止されることを配慮して定める。

作業条件（影響要因）



理由・背景

化学物質による環境の汚染の未然防止に関する国民の関心が高まっている

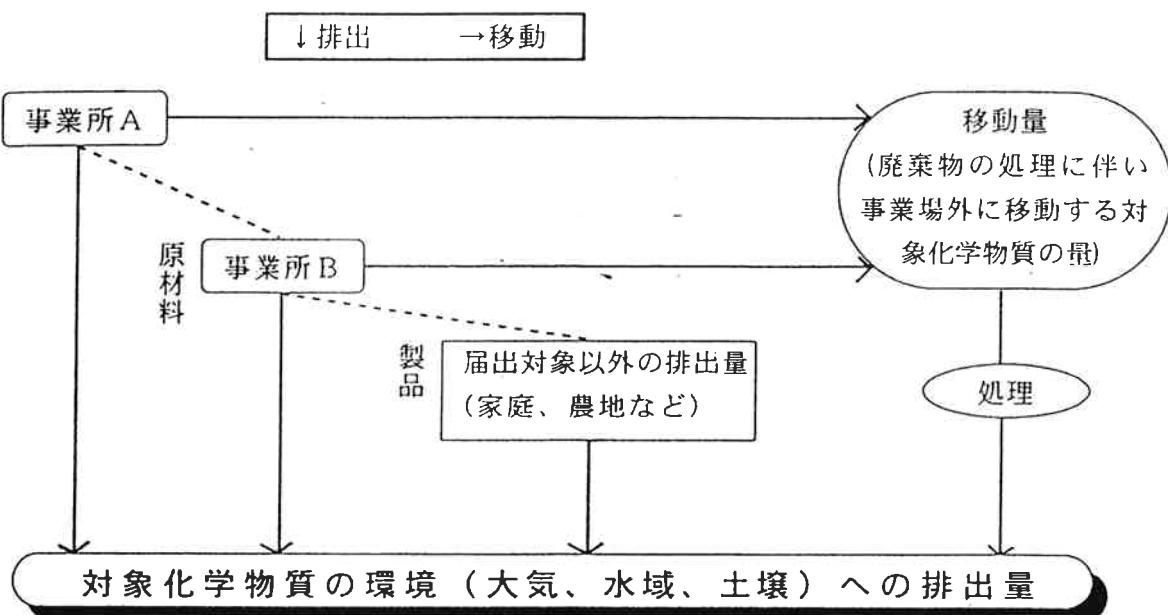
諸外国における P R T R 制度導入が進んでいる

歐米の導入状況

| 項目 | アメリカ | カナダ | イギリス | オランダ |
|----------|----------------------------------|-----------------------------|------------------------|------------------------|
| 制度 | 緊急対処計画及び 地域住民の知る権 利法 1986年 | 環境保護法 1988年制定 1993年実施 | 環境保護法 1990年 | 環境管理法 1997年 |
| 対象 物質 | 約600物質 | 約180物質 | 施設ごとに異なる | 約170物質 |
| 対象 施設 | 製造施設、連邦政府 施設 | 製造施設 | 環境保護法の規制対 象施設 | 環境管理法の規制対 象施設 |
| 開示 | 個別データ及び集 計データの公表 | 個別データ及び集 計データの公表 | 加工データの公表及 び個別データ閲覧可 | 加工データの公表及 び個別データ閲覧可 |

管理

PTRによる排出量及び移動量の把握



製品の要件 (Case)

- ① 気体または液体状の混合物
- ② 固体状の混合物で粉末等の固有の形状を持たないもの
- ③ 固有の形状を持つもので、取り扱いの過程で指定化学物質を溶融、蒸発または溶解する可能性のあるもの

であって、指定化学物質を1%以上（発ガン性クラス1のものは0.1%以上）含有するもの

対象事業者 (Case)

対象業種

従業員数 常用雇用者数 21人以上の事業者

取扱量 第1種指定化学物質の年間取扱量が1トン以上である事業所を有する事業者
ただし、1トン未満でも次の施設を持つ事業者は対象となる。

- ① 発ガン性クラス1の場合は0.5トン以上
- ② 下水道終末処理施設及び廃棄物処理施設
- ③ 天然物で法令に基づく届出、認可等の対象施設
- ④ ダイオキシン類の排出濃度の実測が義務付けられている施設

| 薬品リスト 第1種指定化学物質：使用者が報告を義務付けられる物質（候補） | | | | 354物質 | |
|--------------------------------------|-------------|---|----|------------|---|
| 1 | 一 | 亜鉛化合物(溶解性) | 38 | 76578-14-8 | エチル-2-[4-(6-クロロ-2-キノキサリニルオキシ)フェニル]ブロムオナト |
| 2 | 137-30-4 | S,S'-亜鉛(II)ビス(ジメチルカルバモジオアート) | 39 | 25319-90-8 | S-エチル-2-(4-クロロ-2-メチルフェニル)チオアセタート |
| 3 | 79-06-1 | アグリアルド | 40 | 17109-49-8 | O-エチル-S,S'-ジフェニル-ホスホジオアート |
| 4 | 107-02-8 | アグリアルテヒド | 41 | 640-15-3 | S-[2-(エチルチオ)エチル]-O,O-ジメチル-ホスホジオアート |
| 5 | 79-10-7 | アグリ酸 | 42 | 2104-64-5 | O-エチル-O-(4-ニトロフェニル)-フェニルホスホジオアート |
| 6 | 140-88-5 | アグリ酸エチル | 43 | 40487-42-1 | N-(1-エチルプロピル)-2,6-ジニトロ-3,4-キシダン |
| 7 | 2439-35-2 | アグリ酸2-(ジメチルアミノ)エチル | 44 | 2212-67-1 | S-エチル-ヘキサビロ-1H-アセビン-1-カルボチオアート |
| 8 | 96-33-3 | アグリ酸メチル | 45 | 100-41-4 | エチルベンゼン |
| 9 | 107-13-1 | アグリロトリル | 46 | 35400-43-2 | O-エチル-O-[4-(メチルチオ)フェニル]-S-プロピル-ホスホジオアート |
| 10 | 103-23-1 | アセビン-2-エス(2-エチルヘキシル) | 47 | 36335-67-8 | O-エチル-O-(5-メチル-2-ニトロフェニル)-sec-ブチルホスホルムチオアート |
| 11 | 111-69-3 | アゾボニトリル | 48 | 107-21-1 | エチレン-クロール |
| 12 | 151-56-4 | アゾジン | 49 | 107-15-3 | エチレン-アシン |
| 13 | 75-07-0 | アセトアルテヒド | 50 | 60-00-4 | エチレン-アシン四酢酸 |
| 14 | 75-05-8 | アセトニトリル | 51 | 12122-67-7 | [[エチレビス(カルバモジオアート)](2-)亜鉛 |
| 15 | 78-67-1 | 2,2'-アノビスイソブチエトトリル | 52 | 12427-38-2 | [[エチレビス(カルバモジオアート)](2-)マンガン |
| 16 | 90-04-0 | α-アニジン | 53 | 62-44-2 | 4'-エトキシアセトアリド |
| 17 | 62-53-3 | アニリン | 54 | 110-80-5 | 2-エトキシエタノール |
| 18 | 141-43-5 | 2-アミノエタノール | 55 | 2593-15-9 | 5-エトキシ-3-(リクロロメチル)-1,2,4-チシアノール |
| 19 | 111-40-0 | N-(2-アミノエチル)-1-エタノアシン | 56 | 96-09-3 | α,β-エボキシスチレン |
| 20 | 120068-37-3 | 5-アミノ-1-[2,6-ジクロロ-4-(リフルオロメチル)フェニル]-4-[O-(リフルオロメチル)スルフィニル]-1H-ビラゾール-3-カルボニトリル | 57 | 122-60-1 | 1,2-エボキシ-3-フェニルプロパン |
| 21 | 61-82-5 | 3-アミノ-1H-1,2,4-トリアノール | 58 | 556-52-5 | 2,3-エボキシ-1-ブロノール |
| 22 | 53369-07-6 | 2-アミノ-4-[ヒドロキシ(メチル)ホスフィノイル]酪酸 | 59 | 75-56-9 | 1,2-エボキシプロパン |
| 23 | 591-27-5 | m-アシフェノール | 60 | 75-21-8 | オキシラン |
| 24 | 107-18-6 | アリールアルコール | 61 | 111-87-5 | 1-オクタノール |
| 25 | 106-92-3 | 1-アリルオキシ-2,3-エボキシプロパン | 62 | 1806-26-4 | 4-オクチルフェノール |
| 26 | 一 | アルキルベンゼンスルホン酸及びその塩(直鎖型)(C=10-14) | 63 | 一 | カドミウム及びその化合物 |
| 27 | 一 | アンチモン及びその化合物 | 64 | 105-60-2 | ε-カプロラクタム |
| 28 | 4098-71-9 | 3-イソシアナトメチル-3,5,5-トリメチルシクロヘキシリ-イソシアナート | 65 | 576-26-1 | 2,6-キシノール |
| 29 | 78-79-5 | イフレン | 66 | 1330-20-7 | キレン |
| 30 | 80-05-7 | 4,4'-イソブロモリテンジフェノール | 67 | 一 | 銀及びその化合物(溶解性) |
| 31 | 25068-38-6 | 4,4'-イソブロモリテンジフェノール-1-クロロ-2,3-エボキシプロパン重縮合物 | 68 | 107-22-2 | クリオキサール |
| 32 | 4162-45-2 | 2,2'-イソブロモリテンジス(2,6-ジブロモ-4,1-フェニレンオキシ)エタノール | 69 | 111-30-8 | グルタルアルテヒド |
| 33 | 2631-40-5 | 2-イソブロムフェニル-メチルカルバマート | 70 | 1319-77-3 | クレゾール |
| 34 | 98-83-9 | イソブロニルベンゼン | 71 | 一 | クロム及び3価クロム化合物 |
| 35 | 114-26-1 | 2-イソブロキシフェニル-メチルカルバマート | 72 | 一 | 6価クロム化合物 |
| 36 | 96-45-7 | 2-イミダゾリジンチオン | 73 | 79-04-9 | クロロアセチルクロロド |
| 37 | 13516-27-3 | 1,1'-(イミノビス(オクタメチレン))ジアニジン | 74 | 95-51-2 | o-クロアニリン |

| | | | | | |
|-----|-------------|--|-----|-------------|---|
| 75 | 106-47-8 | p-クロロアニリン | 109 | — | コバルト及びその化合物 |
| 76 | 108-42-9 | m-クロロアニリン | 110 | 111-15-9 | 酢酸 2-エトキシエチル |
| 77 | 75-00-3 | クロロエタン | 111 | 108-05-4 | 酢酸ビニル |
| 78 | 1912-24-9 | 2-クロロ-4-エチルアミノ-6-イソブチルアミノ-1,3,5-トリアジン | 112 | 110-49-6 | 酢酸 2-メトキシエチル |
| 79 | 51218-45-2 | 2-クロロ-2'-エチル-N-(2-メチルエチル)-6'-メチルアセトアリド | 113 | 55-63-0 | 三硝酸グリセリン |
| 80 | 75-01-4 | クロロエチレン | 114 | 3861-47-0 | 4-シアノ-2,6-ジヨードフェニルオクタノート |
| 81 | 106-89-8 | 1-クロロ-2,3-エボキシプロパン | 115 | 51630-58-1 | シアノ(3-フェニキシフェニル)メチル=2-(4-クロロフェニル)-3-メチルブチラート |
| 82 | 2310-17-0 | S-[6-クロロ-2-オキソ-3(2H)-ヘンツオキサゾリル]メチル=O,O-ジエチル=ホスホロジオアート | 116 | 52315-07-8 | シアノ(3-フェニキシフェニル)メチル=3-(2,2-ジクロロヒニル)-2,2-ジメチルシクロロハニカルボギシラート |
| 83 | 79622-59-6 | 3-クロロ-N-[3-クロロ-5-(トリフルオロメチル)-2-ヒドリジル]- α , α -トリフルオロ-2,6-ジニトロオルトアゾイン | 117 | 102851-06-9 | α -シアノ-3-フェニキシベンジル=N-[2-クロロ-4-(トリフルオロメチル)フェニル]-D-バリナート |
| 84 | 119446-68-3 | 1-[2-[2-クロロ-4-(4-クロロフェニキシフェニル)]-4-メチル-1,3-ジオキサン-2-イルメチル]-1H-1,2,4-トリアゾール | 118 | — | 無機アン化合物(錯塩及びシアン酸塩を除く) |
| 85 | 79-11-8 | クロロ酢酸 | 119 | 50512-35-1 | ジイソプロピル=2-(1,3-ジオラノ-2-イリデン)マロナート |
| 86 | 122-34-9 | 6-クロロ-N,N-ジエチル-1,3,5-トリアジン-2,4-ジアシン | 120 | 100-37-8 | 2-ジエチルアミノエタノール |
| 87 | 51218-49-6 | 2-クロロ-2',6-ジエチル-N-(2-ブロモキシエチル)アセトアリド | 121 | 333-41-5 | O,O-ジエチル=O-(2-イソブロピル-6-メチル-4-ヒドリジニル)=ホスホロジオアート |
| 88 | 15972-60-8 | 2-クロロ-2',6-ジエチル-N-(トキシメチル)アセトアリド | 122 | 298-04-4 | O,O-ジエチル=S-[2-(エチルオキ)エチル]=ホスホロジオアート |
| 89 | 470-90-6 | 2-クロロ-1-(2,4-ジクロロフェニル)ビニルジエチル=ホスマスター | 123 | 13593-03-8 | O,O-ジエチル=O-(2-キノキサリニル)=ホスホロジオアート |
| 90 | 2274-67-1 | 2-クロロ-1-(2,4-ジクロロフェニル)ビニルジメチル=ホスマスター | 124 | 119-12-0 | O,O-ジエチル=O-(1,6-ジヒドロ-6-オキソ-1-フェニル-3-ヒドリダジニル)=ホスホロジオアート |
| 91 | 97-00-7 | 1-クロロ-2,4-ジニトロベンゼン | 125 | 121-75-5 | ジエチル=[ジメチキシオスフィロチオイル]チオ]スケナート |
| 92 | — | 1-クロロ-1,1-ジフルオロエタン | 126 | 2921-88-2 | O,O-ジエチル=O-(3,5,6-トリクロロ-2-ヒドリジル)=ホスホロジオアート |
| 93 | — | クロロジフルオロエタン | 127 | 125306-83-4 | NN-ジエチル-3-[(2,4,6-トリメチルフェニル)スルホニル]-1H-1,2,4-トリアゾール-1-カルボキサミド |
| 94 | — | 2-クロロ-1,1,2-トリフルオロエタン | 128 | 18854-01-8 | O,O-ジエチル=O-(5-フェニル-3-イソオキソリル)=ホスホロジオアート |
| 95 | — | クロロトリフルオロエタン | 129 | 56-23-5 | 四塩化炭素 |
| 96 | — | クロロトリフルオロエタン | 130 | 123-91-1 | 1,4-ジオキサン |
| 97 | 95-49-8 | p-クロロトルエン | 131 | 108-91-8 | シクロヘキシルアミン |
| 98 | 100-00-5 | p-クロロニトロベンゼン | 132 | 95-33-0 | N-シクロヘキシル-2-ヘンツチアノールスルファンアミド |
| 99 | 77458-01-6 | O-[1-(4-クロロフェニル)-1H-ビラゾール-4-イル]-O-エチル =S-プロピル=ホスホロジオアート | 133 | 107-06-2 | 1,2-ジクロロエタン |
| 100 | 107-05-1 | 3-クロロプロパン | 134 | 75-35-4 | 1,1-ジクロロエチレン |
| 101 | 28249-77-6 | S-(4-クロロベンジル)=エチルカルバモチオアート | 135 | 156-59-2 | cis-1,2-ジクロロエチレン |
| 102 | 86598-92-7 | 4-クロロベンジル=N-(2,4-ジクロロフェニル)-2-(1H-1,2,4-トリアゾール-1-イル)アセトイミドオアート | 136 | 156-60-5 | trans-1,2-ジクロロエチレン |
| 103 | 108-90-7 | クロロベンゼン | 137 | — | ジクロロジフルオロメタン |
| 104 | — | クロロベンタフルオロエタン | 138 | 23950-58-5 | 3,5-ジクロロ-N-(1,1-ジメチル-2-ブロニル)ベンズアミド |
| 105 | 74-87-3 | クロロメタン | 139 | — | ジクロロテトラフルオロエタン |
| 106 | 94-74-6 | (4-クロロ-2-メチルフェニキシ)酢酸 | 140 | — | 2,2-ジクロロ-1,1,1-トリフルオロエタン |
| 107 | 96491-05-3 | 2-クロロ-N-(3-メチキシ-2-チエニル)-2',6-ジメチルアセトアリド | 141 | 82692-44-2 | 2-[4-(2-ジクロロ-2-トロオイル)-1,3-ジメチル-1H-ビラゾール-5-イルオキシ]-4-メチルアセトフェン |
| 108 | 1314-62-1 | 五酸化バナジウム | 142 | 106917-52-6 | 2,4-ジクロロ-4-ニトロ-3-(トリフルオロメチル)ベンゼンスルホニアミド |

| | | | | | |
|-----|------------|---|-----|------------|--|
| 143 | 3209-22-1 | 1,2-ジクロロ-3-ニトロベンゼン | 178 | 95-64-7 | 3,4-ジメチルアニリン |
| 144 | 89-61-2 | 1,4-ジクロロ-2-ニトロベンゼン | 179 | 2636-26-2 | O,O-ジメチル-O-(4-シアノフェニル)-ホスホロチオアート |
| 145 | 62-73-7 | 2,2-ジクロロビニルジメチルホスファート | 180 | 1643-20-5 | N,N-ジメチルテシルアシ-N-オキド |
| 146 | 34643-46-4 | O-(2,4-ジクロロフェニル)=O-エチル-S-ブロビルホスホシチオアート | 181 | 52-68-6 | ジメチル-(2,2-トリクロロ-1-ヒドロキシエチル)ホスホナート |
| 147 | 97-17-6 | O-(2,4-ジクロロフェニル)=O,O-ジエチルホスホロチオアート | 182 | 5598-13-0 | O,O-ジメチル-O-(3,5,6-トリクロロ-2-ヒドロキシ)ホスホロチオアート |
| 148 | 330-54-1 | 3-(3,4-ジクロロフェニル)-1,1-ジメチル尿素 | 183 | 4685-14-7 | 1,1-ジメチル-4,4'-ビヒドロニウム塩[ハラコトを除く] |
| 149 | 330-55-2 | 3-(3,4-ジクロロフェニル)-1-メタキシ-1-メチル尿素 | 184 | 1910-42-5 | 1,1-ジメチル-4,4'-ビヒドロニウム=ジクロロ- |
| 150 | 94-75-7 | (2,4-ジクロロフェニル)酒石酸 | 185 | 2655-14-3 | 3,5-ジメチルフェニルニメチルカルバマート |
| 151 | — | 1,1-ジクロロ-1-フルオロエタン | 186 | 119-93-7 | 3,3-ジメチルヘンゼン |
| 152 | — | ジクロロフルオロメタン | 187 | 68-12-2 | N,N-ジメチルホルムアミド |
| 153 | 96-23-1 | 1,3-ジクロロ-2-ブロボノール | 188 | 2275-23-2 | O,O-ジメチル-S-[2-(1-(メチルカルバモイル)エチルチオ]エチルホスホロチオアート |
| 154 | 78-87-5 | 1,2-ジクロロプロパン | 189 | 60-51-5 | O,O-ジメチル-S-(メチルカルバモイル)メチルホスホロチオアート |
| 155 | 709-98-8 | 3,4-ジクロロプロピオンアミド | 190 | 122-14-5 | O,O-ジメチル-O-(3-メチル-4-ニトロフェニル)-ホスホロチオアート |
| 156 | 542-75-6 | 1,3-ジクロロプロペン | 191 | 6923-22-4 | ジメチル-1-メチル-2-(メチルカルバモイル)ヒドロホスファート |
| 157 | 91-94-1 | 3,3-ジクロロヘンゼン | 192 | 55-38-9 | O,O-ジメチル-O-[3-メチル-4-(メチルチオ)フェニル]-ホスホロチオアート |
| 158 | 95-50-1 | o-ジクロロベンゼン | 193 | 2597-03-7 | 2-[ジメチルホスフィドオイル]チオ-2-フェニル酢酸エチル |
| 159 | 106-46-7 | p-ジクロロベンゼン | 194 | — | 水銀及びその化合物 |
| 160 | 71561-11-0 | 2-[4-(2,4-ジクロロベンゾイル)-1,3-ジメチル-1H-ゼラゾール-5-イル]オキシアセトフェノン | 195 | 100-42-5 | ステレン |
| 161 | 58011-68-0 | 4-(2,4-ジクロロベンゾイル)-1,3-ジメチル-5-ゼラゾリル-2-オールエンスルホナート | 196 | 1332-21-4 | 石綿 |
| 162 | 1194-65-6 | 2,6-ジクロロベンゾトリル | 197 | — | セレン及びその化合物 |
| 163 | — | ジクロロベンタフルオロプロパン | 198 | — | ダイオキシン類 |
| 164 | 75-09-2 | ジクロロメタン | 199 | 62-56-6 | チオ尿素 |
| 165 | 3347-22-6 | 2,3-ジシアノ-1,4-ジチアントラキノン | 200 | 1163-19-5 | テカブロモジフェニルエーテル |
| 166 | 1582-09-8 | 2,6-ジニトロ-N,N-ジブロビル-4-(トリフルオロメチル)アニリン | 201 | 100-97-0 | 1,3,5,7-テトラサツオジクロ[3.3.1(3,7)]テカン |
| 167 | 25321-14-6 | ジントムルエン | 202 | 563-12-2 | O,O,O,O'-テトラエチル-S,D-メチレンビス(ホスホジチオアート) |
| 168 | 51-28-5 | 2,4-ジニトロフェノール | 203 | 1897-45-6 | テトラクロロイフタロトリル |
| 169 | 85-00-7 | 6,7-ジヒドロビリト[1,2-a;1',2'-c]ビランジウム=ジブロド | 204 | 127-18-4 | テトラクロロエチレン |
| 170 | 1563-66-2 | 2,3-ジヒドロ-2,2-ジメチル-7-ベンゾ[b]フリルニメチルカルバマート | 205 | — | テトラクロロジフルオロエタン |
| 171 | 55285-14-8 | 2,3-ジヒドロ-2,2-ジメチル-7-ベンゾ[b]フリル-N-ジブチルアミノチオ-トメチルカルバマート | 206 | 533-74-4 | テトラヒドロ-3,5-ジメチル-2H-1,3,5-チアジアジン-2-チオン |
| 172 | 950-37-8 | S-[2,(2,3-ジヒドロ-5-メキシ-2-オキソ-1,3,4-チアジアゾール-3-イル)メチル]-O,O-ジメチル-ホスホロチオアート | 207 | 11070-44-3 | テトラヒドロメチル無水フル酸 |
| 173 | 122-39-4 | ジフェニルアミン | 208 | 116-14-3 | トライフルオロエチレン |
| 174 | 102-81-8 | 2-(ジブチルアミノ)エタノール | 209 | 100-21-0 | テレフル酸 |
| 175 | 300-76-5 | 1,2-ジブロモ-2,2-ジクロロエチルジメチルホスファート | 210 | 120-61-6 | テレフル酸ジメチル |
| 176 | — | ジブロモトライフルオロエタン | 211 | — | 銅塩類(溶解性のものであって、錯塩を除く) |
| 177 | 87-62-7 | 2,6-ジメチルアニリン | 212 | 75-87-6 | トリクロロアセタルデヒド |

| | | | | | |
|-----|------------|---|-----|--------------|--|
| 213 | 71-55-6 | 1,1,1-トリクロロエタン | 250 | 88-89-1 | ピクリン酸 |
| 214 | 79-00-5 | 1,1,2-トリクロロエタン | 251 | 1014-70-6 | 2,4-ビス(エチルアミノ)-6-(メチルオキシ)-1,3,5-トリアジン |
| 215 | 79-01-6 | トリクロロエチレン | 252 | 10380-28-6 | ビス(8-キノラート-N1,0,8)鉛(II) |
| 216 | 108-77-0 | 2,4,6-トリクロoro-1,3,5-トリアジン | 253 | 74115-24-5 | 3,6-ビス(2-クロロエニル)-1,2,4,5-テトラゾン |
| 217 | - | トリクロロトリフルオロエタン | 254 | 64440-88-6 | ビス(ジメチルカルバモジオアート-S,S)(ムー-[エチレンビスカルバモジオアート])(2-ヨニウム) |
| 218 | 76-06-2 | トリクロロエトロベン | 255 | 137-26-8 | ビス(ジメチルカルバモジオイル)=ジスルトイド |
| 219 | 115-32-2 | 2,2,2-トリクロoro-1,1-ビス(4-クロロエニル)エタール | 256 | 61789-80-8 | ビス(水素化牛脂)ジメチルアンモニウムクロロイド |
| 220 | 55335-06-3 | (3,5,6-トリクロoro-2-セリジル)オキシ酢酸 | 257 | - | ヒ素及びその無機化合物 |
| 221 | - | トリクロロフルオロベン | 258 | 302-01-2 | ヒドリジン |
| 222 | 67-66-3 | トリクロロメタン | 259 | 90-02-8 | 2-ヒドロキシベンズアルデヒド |
| 223 | 2451-62-9 | 1,3,5-トリス(2,3-エボキシブロヒル)-1,3,5-トリアジン -2,4,6(1H,3H,5H)-トリオノン | 260 | 123-31-9 | ヒドロキノン |
| 224 | 115-96-8 | トリス(2-クロロエチル)ホスファート | 261 | 100-40-3 | 4-ビニル-1-シクロヘキセン |
| 225 | 25155-23-1 | トリス(ジメチルフェニル)ホスファート | 262 | 100-69-6 | 2-ビニルビリジン |
| 226 | 118-96-7 | 2,4,6-トリクロロベン | 263 | 55179-31-2 | 1-(4-フェニルオキシ)-3,3-ジメチル-1-(1H-1,2,4-トリアノール-1-イル)-2-ブタノール |
| 227 | 126-73-8 | トリブチルホスファート | 264 | 110-85-0 | ビペラン |
| 228 | 118-79-6 | 2,4,6-トリクロロフェノール | 265 | 110-86-1 | ビドシン |
| 229 | 75-25-2 | トリクロロベン | 266 | 120-80-9 | ビロカテコール |
| 230 | 3452-97-9 | 3,5,5-トリメチル-1-ヘキサノール | 267 | 95-54-5 | o-フェニレンジアシン |
| 231 | 108-67-8 | 1,3,5-トリメチルベンゼン | 268 | 106-50-3 | p-フェニレンジアシン |
| 232 | 95-53-4 | o-トルイジン | 269 | 108-45-2 | m-フェニレンジアシン |
| 233 | 106-49-0 | p-トルイジン | 270 | 156-43-4 | p-フェネチジン |
| 234 | 108-88-3 | トルエン | 271 | 108-95-2 | フェノール |
| 235 | 95-80-7 | 2,4-トルエンジアシン | 272 | 62850-32-2 | S-(4-フェニキシブチル)-ジメチルカルバモジオアート |
| 236 | 52570-16-8 | 2-(2-ナフチルオキシ)ブロモアンニアリド | 273 | 52645-53-1 | 3-フェニキシベンジル-3-(2,2-ジクロロヒル)-2,2-ジメチルシクロプロパンカルボキシレート |
| 237 | 63-25-2 | 1-ナフチル-N-メチルカルバマート | 274 | 106-99-0 | 1,3-ブタジエン |
| 238 | - | 鉛及びその化合物 | 275 | 117-84-0 | フタル酸ジ-n-オクチル |
| 239 | 628-96-6 | 二硝酸エチレン-グリコール | 276 | 84-74-2 | フタル酸ジ-n-ブチル |
| 240 | - | ニッケル化合物 | 277 | 3648-21-3 | フタル酸ジヘプチル |
| 241 | 7440-02-0 | ニッケル(金属) | 278 | 117-81-7 | フタル酸ビス(2-エチルヘキシル) |
| 242 | 139-13-9 | 2,2'2'-二トリクロロ三酢酸 | 279 | 85-68-7 | フタル酸ブチルベンジル |
| 243 | 100-01-6 | p-ニトロアニリン | 280 | 69327-76-0 | 2-tert-ブチルレノ-3-イソブロヒル-5-フェニルテトラヒドロ-4H-1,3,5-オシアジン-4-オノン |
| 244 | 86-30-6 | N-ニトロジフェニルアシン | 281 | 112410-23-8 | N-tert-ブチル-N-(4-エチルベンゾイル)-3,5-ジメチルベンゾヒドロイド |
| 245 | 100-02-7 | p-ニトロフェノール | 282 | 122008-78-0 | ブチル-(R)-2-[4-(4-シアノ-2-フルオロエニシ)フェニシ]プロピオナート |
| 246 | 98-95-3 | ニトロベンゼン | 283 | 1111812-58-9 | tert-ブチル-4-[([(1,3-ジメチル-5-フェニキシ-1H-ピラゾール-4-イル)メチリデン]アミノ)オキシ]メチル]ベンゾアート |
| 247 | 75-15-0 | 二硫化炭素 | 284 | 3766-81-2 | 2-sec-ブチルフェニル-メチルカルバマート |
| 248 | 25154-52-3 | ノルフレノール | 286 | 2312-35-8 | 2-(4-tert-ブチルフェニシ)クロロキシル-2-ブロニルスルフィド |
| 249 | - | バリウム及びその化合物(溶解性) | | | |

| | | | | | |
|-----|-------------|--|-----|-------------|--|
| 287 | 96489-71-3 | 2-tert-ブチル-5-(4-tert-ブチルベンジルチオ)-4-クロロ-3(2H)-ピリジン | 324 | 85-44-9 | 無水タル酸 |
| 288 | 119168-77-3 | N-(tert-ブチルベンジル)-4-クロロ-3-エチル-1-メチル-5-ビラゾールカルボキサート | 325 | 108-31-6 | 無水マレイン酸 |
| 289 | 95-31-8 | N-(tert-ブチル)-2-ベンジチアノールスルファンアミド | 326 | 79-41-4 | メタクリル酸 |
| 290 | — | フ化水素及びその塩(溶解性) | 327 | 688-84-6 | メタクリル酸 2-エチルヘキシル |
| 291 | 12071-83-9 | [(プロピレンビス(カルバモチオアト))(2-)亜鉛 | 328 | 106-91-2 | メタクリル酸 2,3-エボキシプロピル |
| 292 | — | プロモクロロシフルオロベン | 329 | 105-16-8 | メタクリル酸 2-(ジエチルアミノ)エチル |
| 293 | 41198-08-7 | O-(4-プロモ-2-クロロフェニル)-O-エチル-S-プロピル-ホスホロチオアート | 330 | 2867-47-2 | メタクリル酸 2-(ジメチルアミノ)エチル |
| 294 | — | プロモトリフルオロベン | 331 | 97-88-1 | メタクリル酸 ハーフチル |
| 295 | 75-26-3 | 2-プロモフルオロベン | 332 | 80-62-6 | メタクリル酸メチル |
| 296 | 74-83-9 | プロモベン | 333 | 126-98-7 | メタクロロトリル |
| 297 | 13356-08-6 | ヘキサキス(2-メチル-2-フェニルプロピル)ジステリキサン | 334 | 89269-64-7 | 2-メチルアセトフェノン-4,6-ジメチル-2-ビシニルヒドロゾン |
| 298 | 115-28-6 | 1,4,5,6,7,7-ヘキサクロロビシクロ[2.2.1]ヘプタ-5-エン-2,3-ジカルボン酸 | 335 | 100-61-8 | N-メチルアニリン |
| 299 | 115-29-7 | 6,7,8,9,10,10-ヘキサクロロ-1,5,5a,6,9,9a-ヘキサヒドロ-6,9-メタノ-2,4,3-ベンゾジオキサチエビン-3-オン | 336 | 556-61-6 | メチルイソチオシアナート |
| 300 | 124-09-4 | ヘキサメチジン-5-アミン | 337 | 144-54-7 | メチルカルバモジオ酸 |
| 301 | 822-06-0 | ヘキサメチジン-5-イソシアナート | 338 | 100784-20-1 | メチル-3-クロロ-5-[(4,6-ジメチル-2-ビシニル)カルバモイル]スルファモイル-1-メチル-1H-ビラゾール-4-カルボキシラート |
| 302 | — | ベリウム及びその化合物 | 339 | 33089-61-1 | 3-メチル-1,5-ジ(2-4-キシリル)-1,3,5-トリアザヘンタ-1,4-ジエン |
| 303 | 98-07-7 | ベンジリジン-2-クロド | 340 | 2439-01-2 | 6-メチル-1,3-ジチオ[4,5-b]キノサリノ-2-オン |
| 304 | 98-87-3 | ベンジリデン-2-クロド | 341 | 108-99-6 | 3-メチルビリジン |
| 305 | 100-44-7 | ベンジル-2-クロド | 342 | 61432-55-1 | S-(1-メチル-1-フェニルエチル)=1-ヘリジンカルボチオアート |
| 306 | 26087-47-8 | S-ベンジル-O,O-ジイソプロピル-ホスホロチオアート | 343 | 26471-62-5 | メチル-1,3-フェニレン-5-イソシアナート |
| 307 | 85785-20-2 | S-ベンジル-N-(12-ジメチルプロピル)-N-エチルカルバモチオアート | 344 | 17804-35-2 | メチル-1-(ブチルカルバモイル)-1H-ベンゾimidazol-2-イルカルバナート |
| 308 | 100-52-7 | ベンスアルテヒド | 345 | 88-85-7 | 2-(1-メチルプロピル)-4,6-ジニトロフェノール |
| 309 | 71-43-2 | ベンゼン | 346 | 101-77-9 | 4,4'-メチレン-2-アリル |
| 310 | 108-98-5 | ベンゼンチオール | 347 | 101-14-4 | 4,4'-メチレンビス(2-クロロアリル) |
| 311 | 552-30-7 | 1,2,4-ベンゼントリカルボン酸 1,2-無水物 | 348 | 5124-30-1 | メチビス(4,1-シクロヘキシレン)-5-イソシアナート |
| 312 | 73250-68-7 | 2-(2-ベンゾチアゾリルオキシ)-4-メチルアセトニアリド | 349 | 109-86-4 | 2-メキシエタノール |
| 313 | 82-68-8 | ベンタクロロニトロベンゼン | 350 | 298-81-7 | 9-メキシ-7H-フロ[3.2-e][1]ベンゾピラン-7-オン |
| 314 | 87-86-5 | ベンタクロロフェノール | 351 | 120-71-8 | 2-メキシ-5-メチルアリル |
| 315 | — | ホウ素及びその化合物 | 352 | 68-11-1 | メルカブト酢酸 |
| 316 | 75-44-5 | ホスゲン | 353 | — | モリブデン及びその化合物 |
| 317 | 1336-36-3 | ホリ塩化ビフェニル | 354 | — | 有機スズ化合物 |
| 318 | — | ホリ(オキシエチレン)二アルキルエーテル(C=12-15) | | | |
| 319 | 9036-19-5 | ホリ(オキシエチレン)-オクチルフェニルエーテル | | | |
| 320 | 9016-45-9 | ホリ(オキシエチレン)-ノルウェニルエーテル | | | |
| 321 | 50-00-0 | ホルムアルデヒド | | | |
| 322 | 8018-01-7 | マンガン-亜鉛-[1,2-エチレンビス(カルバモチオアート)] | | | |
| 323 | — | マンガン及びその化合物 | | | |

第2種指定化学物質：指定化学物質の製造事業者が安全シート

(M S D S) の提供を義務づけられる物質(候補)

83物質

| | | | | | |
|----|-------------|--|----|------------|--|
| 1 | 60-35-5 | アセトアミド | 27 | 80060-09-9 | N-(2-ジイソアモール-4-フェニル)-N-tert-ブチルオキ素 |
| 2 | 104-94-9 | o-アニシン | 28 | 83121-18-0 | N-(3,5-ジクロロ-2,4-ジフルオロフェニル)-N-(2,5-ジフルオロベンズイル)尿素 |
| 3 | 17420-30-3 | 2-アミノ-5-ニトロベンゾニトリル | 29 | 56-75-7 | 2,2-ジクロロ-N-[2-ヒドロキシ-1-(ヒドロキシメチル)-2-(4-ニトロフェニル)エチル]アセトアミド |
| 4 | 632-99-5 | 4-[(4-アミノフェニル)X4-イミノ-2,5-ジクロヘキサジエン-1-イリデン]カルボン酸塩 | 30 | 60168-88-9 | 2,4-ジクロロ-α-(5-ビニルジニル)-5-ヒドリル-アルコール |
| 5 | 123-30-8 | p-アミノフェノール | 31 | 79983-71-4 | 2-(2,4-ジクロロフェニル)-1-(1H-1,2,4-トリノール-1-イリル)-2-ヘキサノール |
| 6 | 6375-47-9 | 3-アミノ-4-メキシアセトアミド | 32 | 534-52-1 | 4,6-ジニトロ-クレゾール |
| 7 | 93-15-2 | 4-アリル-1,2-ジメキシベンゼン | 33 | 99-65-0 | m-ジニトロベンゼン |
| 8 | — | インジウム及びその化合物 | 34 | 51-52-5 | 2,3-ジヒドロ-6-ブロモ-2-チオキソ-4(1H-ヒド)ミジノン |
| 9 | 103-69-5 | N-エチルアニリン | 35 | 1321-74-0 | シビニルベンゼン |
| 10 | 834-12-8 | 2-エチルアミノ-4-イソプロピルアミノ-6-メチルチオ-1,3,5-トリアジン | 36 | 57-41-0 | 5,5-ジフェニル-2,4-イミダゾリジンオノン |
| 11 | 25311-71-1 | O-エチル-O-2-(イソプロポキシカルボニル)フェニル-イソプロピルスルホニアミドオート | 37 | 110-52-1 | 1,4-ジプロパン |
| 12 | 50-06-6 | 5-エチル-2-フェニル-2,4,6(1H,3H,5H-ヒド)ミジドオノン | 38 | 109-64-8 | 1,3-ジプロパン |
| 13 | 106-88-7 | 1,2-エボキシジタ | 39 | 103-50-4 | シベンジルエーテル |
| 14 | 1120-71-4 | 1,2-オキサチオラン-2,2-ジオキド | 40 | 87-59-2 | 2,3-ジメチルアニリン |
| 15 | 106-87-6 | 4-オキシニル-1,2-エボキシクロヘキサン | 41 | 57-14-7 | 1,1-ジメチルヒドラン |
| 16 | 681-84-5 | オルトケイ酸トリメチル | 42 | — | タウム及びその化合物(溶解性) |
| 17 | 105-67-9 | 2,4-キシレノール | 43 | 62-55-5 | チオアセトアミド |
| 18 | 21725-46-2 | 2-[[4-クロロ-6-(エチルアミノ)-1,3,5-トリアジン-2-イル]アミノ-2-メチルブロモニトリル | 44 | 13463-40-6 | 鉄カルボニル |
| 19 | 105779-78-0 | 5-クロロ-2-[4-(2-エトキシエチル)-2,3-ジメチルフェニルエチル]-6-エチル-4-ヒドミジンアミン | 45 | 79-34-5 | 1,1,2,2-テトラクロエタン |
| 20 | 22248-79-9 | 2-クロロ-1-(2,4,5-トリクロロフェニル)ビニルジメチルホスフート | 46 | 2429-74-5 | テトラナトリウム=3,3-[(3,3-ジメチルエーテル)-4,4-ジメチルビス(アゾ)]ビス[5-アミノ-4-セトロキシ-2,7-ナフタレンジスルホナート] |
| 21 | 90-13-1 | 1-クロナフタレン | 47 | 79538-32-2 | 2,3,5,6-テトラフルオロ-4-メチルヘンシル=(2-(1RS,3RS)-3-(2-クロロ-3,3-二フルオロ-1-ブロニル)-2,2-ジメチルシクロプロパンカルボキシル |
| 22 | 55512-33-9 | O-(6-クロロ-3-フェニル-4-ビリダジニル)-S-オクチルカルボノチオオート | 48 | — | テルル及びその化合物(水素化テルルを除く) |
| 23 | 106-48-9 | p-クロエフェノール | 49 | 545-06-2 | トリクロアセトニトリル |
| 24 | 598-78-7 | 2-クロロブロボン酸 | 50 | 78-42-2 | トリス(2-エチルヘキシル)ホスフート |
| 25 | 63935-38-6 | α-シアノ-3-フェニキシベンジル-2,2-ジクロロ-1-(4-エトキシフェニル)ジクロロプロパンカルボキシル | 51 | 1694-09-3 | ナトリウム=3-(N-[4-(4-ジメチルアミノ)フェニル]X4-エチル[(3-スルホナトフェニル)メチル]アミノフェニルメチレン)-2,5-ジクロヘキサジエン-1-イリデン-N-エチルアンモニオヘンセンスルホナート |
| 26 | 67375-30-8 | α-シアノ-3-フェニキシベンジル-3-(2,2-ジクロロビニル)-2,2-ジメチルジクロロプロパンカルボキシル | 52 | 132-27-4 | ナトリウム=1,1'-ビフェニル-2-オラート |

| | | | | | |
|----|-------------|--|----|-------------|--|
| 53 | 6423-43-4 | 二硝酸1,2-プロパンジイル | 63 | 84-69-5 | フタル酸ジイソブチル |
| 54 | 99-09-2 | m-ニトロアニリン | 64 | 75-91-2 | tert-ブチルヒドロペルオキシド |
| 55 | 1937-37-7 | ニナトリウム-4-アミノ-3-[4-(2,4-ジアミンフェニルアゾ)-1,1'-ビフェニル-4-イルアゾ]-5ヒドロキシ-6フェニルアゾ-2,7-ナフタレンジスルホナート | 65 | 67747-09-5 | N-ブロモル-N-[2-(2,4,6-トリクロロフェノキシ)エチル]-1H-イミダゾール-1-カルボキサミド |
| 56 | 6459-94-5 | ニナトリウム-8-(3,3'-ジメチル-4-[4-[(p-トリル)スルホニルオキシ]フェニルアゾ]-1,1'-ビフェニル-4-イルアゾ)-7ヒドロキシ-1,3-ナフタレンジスルホナート | 66 | 107-19-7 | 2-プロピノ-1-オール |
| 57 | 16090-02-1 | ニナトリウム-2,2'-ビニレンビス[5-(4-モルホリノ-6-アニリノ-1,3,5-トリアジン-2-イルアミノ)ヘンセンスルホナート] | 67 | 111872-58-3 | 1-[2-[4-(ブロモジフルオロオキシ)フェニル]-2-メチルブロボキシ]メチル-3-フェニルベンゼン |
| 58 | 3618-72-2 | 5-[N,N-ビス(2-アセチルオキシエチル)アミノ]-2-(2-ブロモ-4,6-ジニトロフェニルアゾ)-4-メキシアセトアリド | 68 | 106-41-2 | p-ブロモフェノール |
| 59 | 92-52-4 | ビフェニル | 69 | 106-95-6 | 3-ブロモ-1-ブロヘン |
| 60 | 504-29-0 | 2-ヒドリジンアシン | 70 | 57-09-0 | ヘキサデシルトリメチルアンモニウムブロード |
| 61 | 85-01-8 | フェントレン | 71 | 121-82-4 | ヘキサヒドロ-1,3,5-トリトロ-1,3,5-トリアジン |
| 62 | 60-09-3 | 4-(フェニルアゾ)アニリン | 72 | 95-16-9 | ベンゾチアゾール |
| 63 | 84-69-5 | フタル酸ジイソブチル | 73 | 3825-26-1 | ヘキサデカフルオロオクタンアンモニウム |
| 64 | 75-91-2 | tert-ブチルヒドロペルオキシド | 74 | 136191-64-5 | メチル-2-(4,6-ジメキシ-2-ヒドロジニルオキシ)-6-[1-(メキシミノエチル)ベンゾアート |
| 65 | 67747-09-5 | N-ブロモル-N-[2-(2,4,6-トリクロロフェノキシ)エチル]-1H-イミダゾール-1-カルボキサミド | 75 | 60-34-4 | メチルヒドラン |
| 66 | 107-19-7 | 2-ブロビン-1-オール | 76 | 82657-04-3 | 2-メチル-1,1'-ビフェニル-3-イルメチル-3-(2-クロロ-3,3-トリフルオロ-1-ブローニル)-2,2-ジメチルシクロブランカルボキシラート |
| 67 | 111872-58-3 | 1-[2-[4-(ブロモジフルオロオキシ)フェニル]-2-メチルブロボキシ]メチル-3-フェニルベンゼン | 77 | 131-72-6 | 2(又は4)-(1-メチルヘプチル)-4,6(又は2,6)-ジニトロフェニル-クロナート |
| 68 | 106-41-2 | p-ブロモフェノール | 78 | 79277-67-1 | メチル-3-[3-(4-メキシ-6-メチル-1,3,5-トリアジン-2-イル)ウレート]スルホニル-2-テアート |
| 69 | 106-95-6 | 3-ブロモ-1-ブロヘン | 79 | 101-61-1 | 4,4'-メレンビス(N,N-ジメチルアニリン) |
| 70 | 57-09-0 | ヘキサデシルトリメチルアンモニウムブロード | 80 | 101-68-8 | メレンビス(4,1-フェニレン)-ジイジアナート |
| 62 | 60-09-3 | 4-(フェニルアゾ)アニリン | 81 | 6864-37-5 | 4,4'-メレンビス(2-メチルシクロヘキサンアシン) |

注[1]：「…化合物」として指定している物質は、関連する代表的化合物の毒性データを基にして評価されている。

注[2]：「溶解性」とは、「常温で中性の水に対し 1 質量%以上溶解すること」をいう。

11.5 エネルギー管理

目的

エネルギーの使用を合理化し、省エネルギーを効率的、かつ効果的に進めるため、どのようなエネルギーが何処でどのように使用されているか実態を把握し、管理すること。

原理

エネルギーの使用の合理化に関する法律（省エネ法）に基づき年間 600 万 kWh 以上の電力、原油換算 1500 キロリットル以上の石油燃料を使用する事業所はエネルギー管理指定工場となり、エネルギー管理者を選任して使用状況を国に報告すると共に省エネの取り組みに関する計画を作成して国に提出しなければならない、など省エネルギーに勤めなければならない。

アルミニウム陽極酸化処理は多量の電力と石油燃料を消費する工程で、これ以下の事業所でもアルマイト工場におけるエネルギー管理は重要である。

エネルギー管理指定工場

| 項目 | 指 定 工 場 | |
|----|--|---|
| | 第一種 | 第二種 |
| 対象 | 原油換算 3,000 kℓ 以上 電力 12,000 万 kWh 以上 | 原油換算 1,500 kℓ 以上 電力 600 万 kWh 以上 |
| 義務 | ①判断基準*に沿って合理化を行う旨の努力 ②エネルギー管理者選任 ③定期報告の提出 ④将来計画（3～5 年）の作成提出 | ①同左 ②エネルギー管理員選任 ③省エネルギー講習会受講 ④エネルギー使用状況の記録 |
| 措置 | 合理化の取り組の実情が判断基準*に照らして著しく不十分な場合、合理化計画作成指示、公表、命令、罰則（罰金） | 合理化の取り組み実情が判断基準*に照らして著しく不十分な場合、勧告 |

* 判断基準とは工場におけるエネルギー使用の合理化について適切、かつ有効な実施をはかるため、エネルギー管理において留意すべき事項、および合理化の目標に関して通産大臣が定めるもの。

作業条件（影響要因）

環境マネージメントシステム（EMS）の要求事項

ISO 14000 による

1. 省エネルギー方針

- (1) 省エネルギーの目的、目標値、達成期間、投資予算、投資回収期間を明示
- (2) 省エネルギー推進体制を明示
 - ①現在の設備を前提とした操業改善 －全従業員を対象とした小集団活動
 - ②小規模投資を伴う設備改善
 - －関係管理者、エンジニアリンググループからなる省エネルギー委員会
 - ③工程変更による大規模な設備改善 －技術開発部門あるいは外部組織

2. 計画

(1) 対象設備の特定

- ①現状把握 マテリアルバランス及び使用量を記入した工程表作成
エネルギー原単位、製品品質、運転条件の把握
理論原単位、判断基準、ベンチマーク等から適正エネルギー使用量を決定
ロスマップを作成

- ②改善対象の特定 ロスの多いものまたは改善し易いものから対象に上げる

(2) 目標及び実施部門の決定

- ①特定された対象設備について改善目標を定め、実施部門を決める。

- ②現状分析によりロスの要因を想定し、特性要因図などを使用して問題点を抽出する。
過去の運転記録、事故記録、保全記録等を参考にする。

- ③組織外の類似改善例を調査する。

- ④改善対策の立案

- A 現在の設備を前提とした改善

- B 小規模投資を伴う設備改善

- C 大規模投資を伴う改善

- ⑤改善目標及び実施部門を決定する。

5. 実施

効果の高い部門、改装しやすい部門から始めて、全事業所に段階的に拡げて行く。

6. 測定および評価

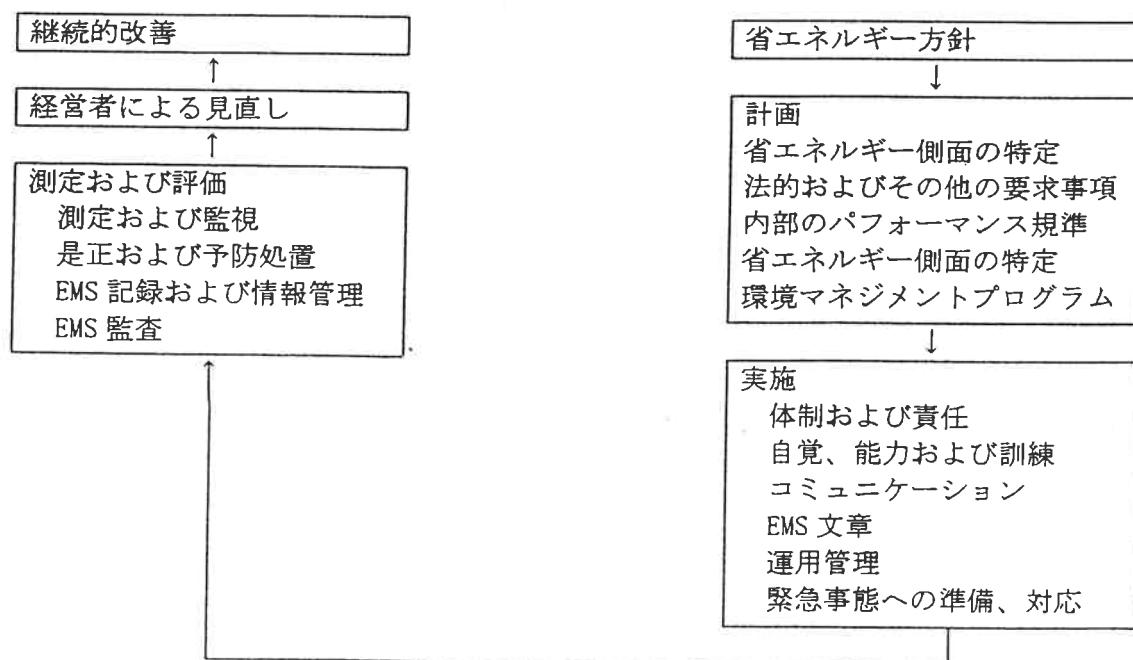
監視機器の校正を行い、改善対策の効果を正確に測定することが必要である。また改善対策の実施により、他に及ぼす影響を十分に把握する必要がある。

目標達成後は作業の標準化を行い、対策の実施を確実にする。

記録は継続的改善のために必ず文章化して残す。

見直しおよび改善

省エネルギーを効果的に進めるためには、対策実施後マネジメントシステムを見直し、常に改善していく。



省エネルギー促進のためのEMSシステムモデル

理由・背景 (データ・グラフ)

各工程のエネルギー原単位

| 工 程 | エネルギー原単位 |
|-------------------------------|------------------------------|
| アルミニウム板・溶解、鋳造 熱間圧延 冷間圧延 | 1. 13×10^6 (kcal/t) |
| | 0. 99 |
| | 0. 52 |
| アルミニウム押出溶解・鋳造 押出 | 1. 44 |
| | 1. 88 |
| アルミニウム表面処理 | 6. 00 |

アルミニウム表面処理工場におけるエネルギー原単位

(陽極酸化皮膜厚さ 9 μm、電着塗装 7 μm を施した建材 1 m³当たり)

| 項 目 | 原 単 位 | エネルギー原単位 |
|--------------------------------------|--------------------|-----------------------------|
| 1. 電力 | kWh/m ³ | kcal/m ³ () 内は% |
| 1-1 電解電力 | | |
| (1) 陽極酸化 | 1. 32 | 3. 230 (24. 2) |
| (2) 着色電解 | 0. 17 | 420 (3. 1) |
| (3) 電着塗装 | 0. 15 | 370 (2. 8) |
| 1-2 冷却用電力 | 0. 33 | 810 (6. 1) |
| (1) 冷却機 | 0. 19 | 470 (3. 5) |
| (2) クーリングタワーおよび ポンプ | | |
| 1-3 その他の電力 | | |
| (1) 搬送用 | 0. 25 | 610 (4. 7) |
| (2) 液循環、焼付乾燥 排気・ボイラー回収 純水 薬液供給 | 0. 69 | 1, 690 (12. 7) |
| (3) 排水処理、アルカリ回収 | 0. 14 | 340 (2. 6) |
| (4) 換気、照明 (電力合計) | 0. 13 (3. 37) | 320 (2. 4) |
| 2. 燃料 | l / m ³ | |
| 2-1 焼付乾燥 (灯油) | 0. 09 | 800 (6. 0) |
| 2-2 ボイラー (A重油) | 0. 46 | 4, 280 (32. 0) |
| 合 計 | - | 13, 340 (100. 0) |

エネルギー換算値：電力 1 kWh = 2, 450 kcal (需要端)

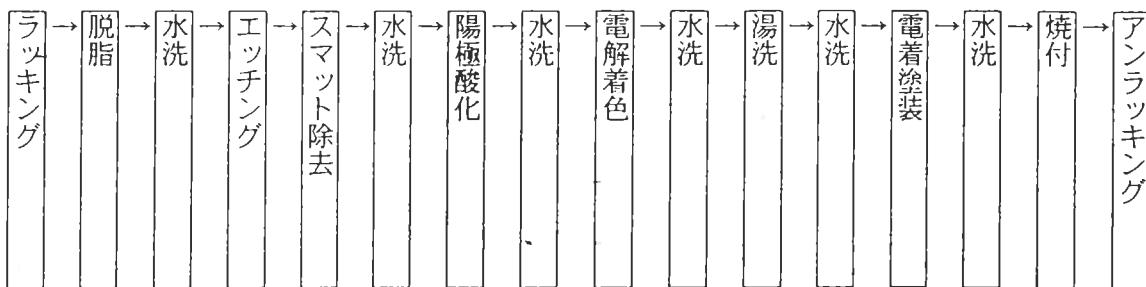
灯油 1 l = 8, 900 kcal

A重油 1 l = 9, 300 kcal

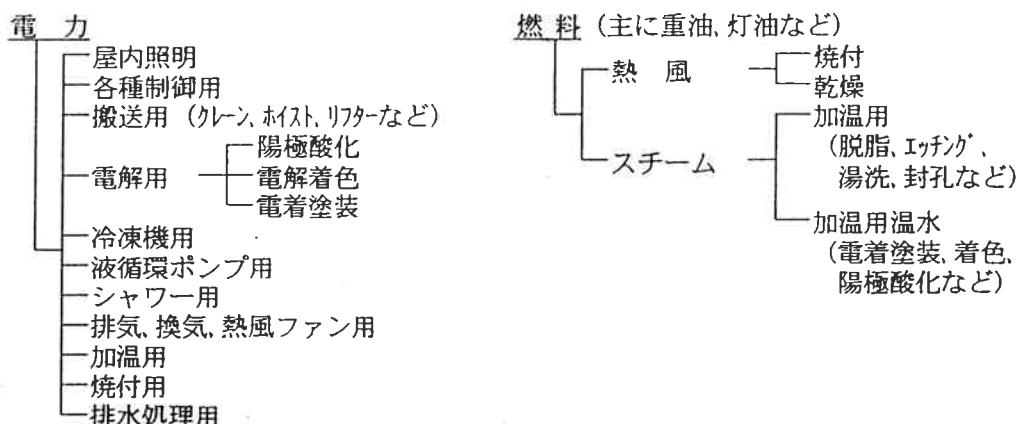
建材 1 トン当たりのエネルギー原単位でみると次のようになる。

$$13, 340 \text{ kcal/m}^3 \times 450 \text{ m}^3/\text{t} = 6. 00 \times 10^6 \text{ kcal/t}$$

管理点



アルミニウム建材の表面処理工程（陽極酸化塗装複合皮膜）



電力、燃料の用途

ワンポイントレッスン

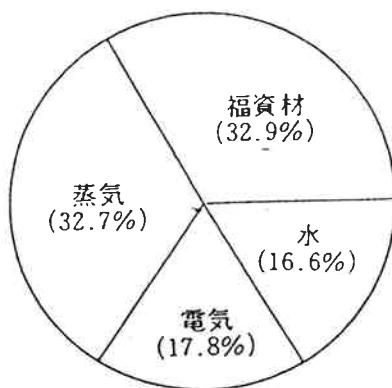
- ①経営トップの省エネルギーに対するリーダーシップ
- ②省エネルギー推進体制の確立
- ③原材料及びエネルギー使用状況の正確な把握
- ④過去の記録の整備

- アルマイト工場におけるポイント
- ・作業管理 制御方法の改善
 - ・極間距離、極板比の適正化
 - ・電解ジグの整備
 - ・皮膜厚さの適正管理
 - ・連続運転による効率化
 - ・陽極酸化浴組成の改良
 - ・攪拌の改善
 - ・浴温度・浴濃度の見直し
 - ・整流器、循環ポンプの適性容量化
 - ・焼付け乾燥炉の廃熱回収、断熱材使用

参考文献

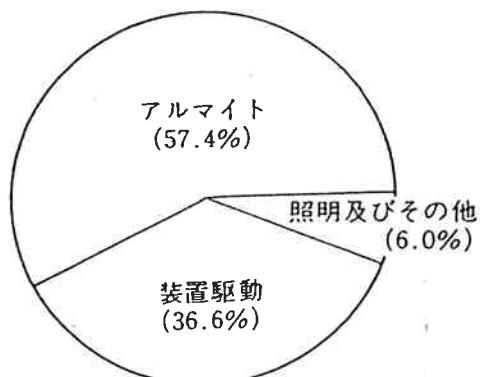
1. 省エネルギー 1998, 9 Vol. 50/No.10 財団法人省エネルギーセンター
2. アルミプロダクト 1998, 2月 軽金属製品協会
3. 平成8年度 産業部門の省エネルギー推進のための参考指標検討委員会報告書 省エネルギーセンター

アルミニウム器物工場におけるエネルギーと資材のコスト比率

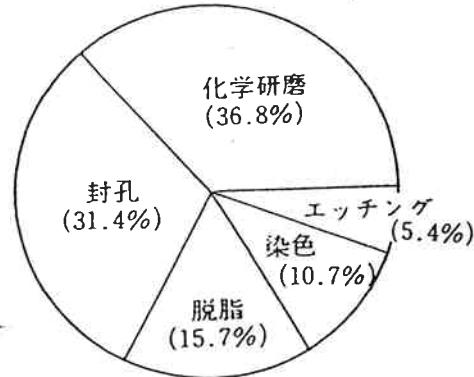


各エネルギー・資源コストに占める割合

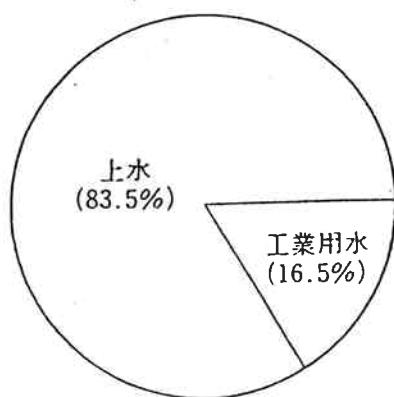
(1) 電 気



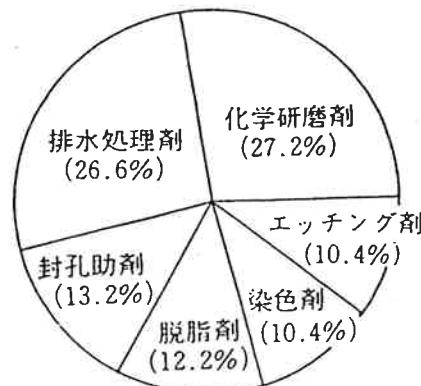
(2) 蒸 気



(3) 水

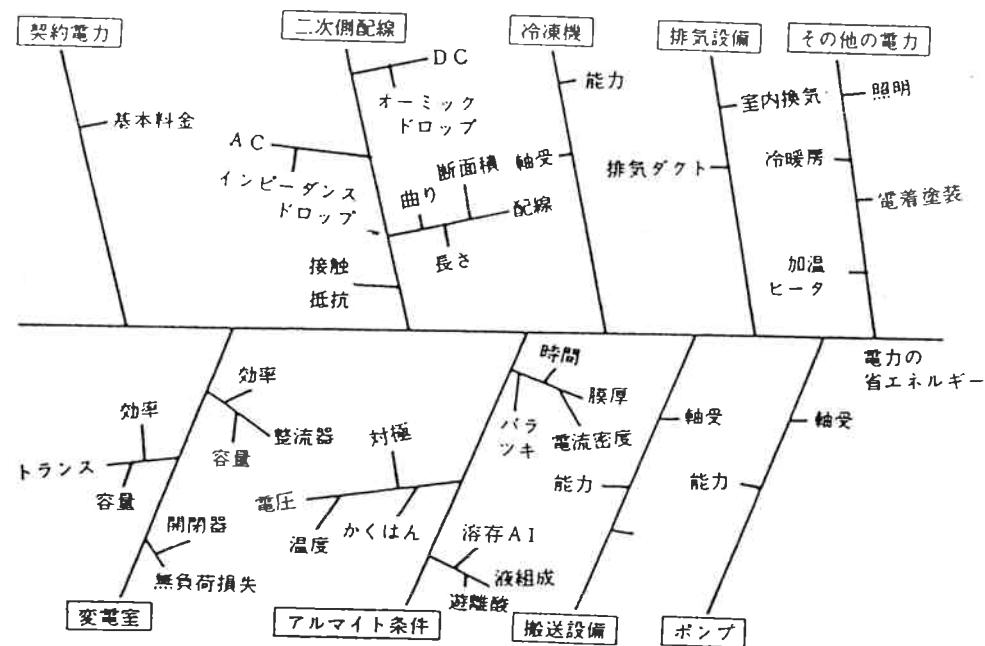


(4) 副資材

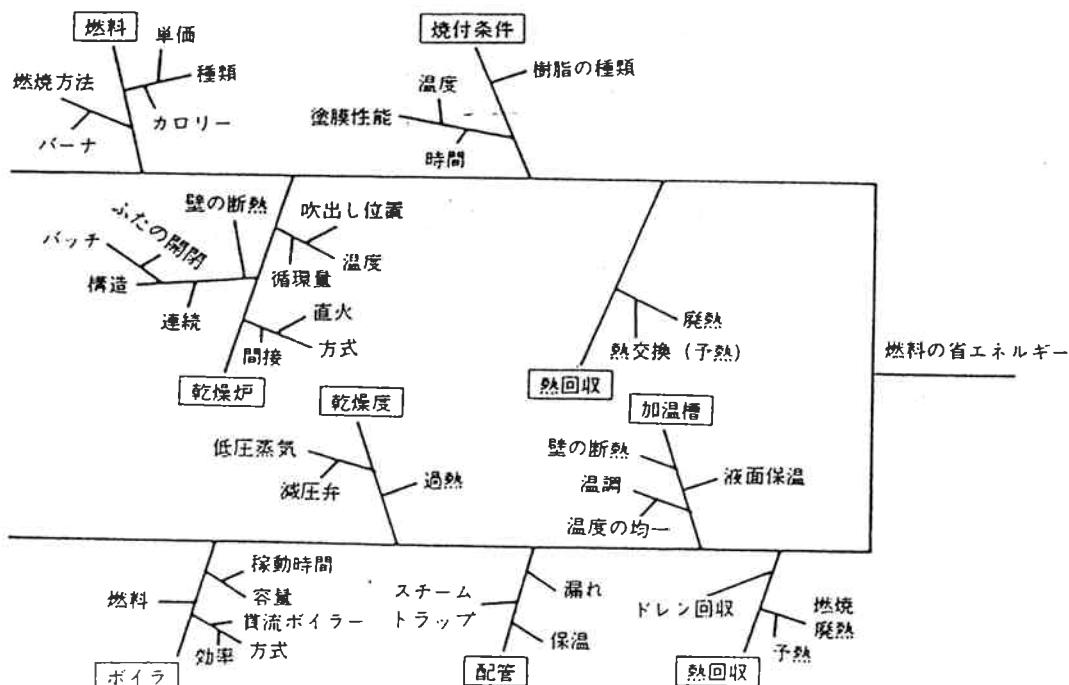


各エネルギー・資源の項目別消費金額の占める割合

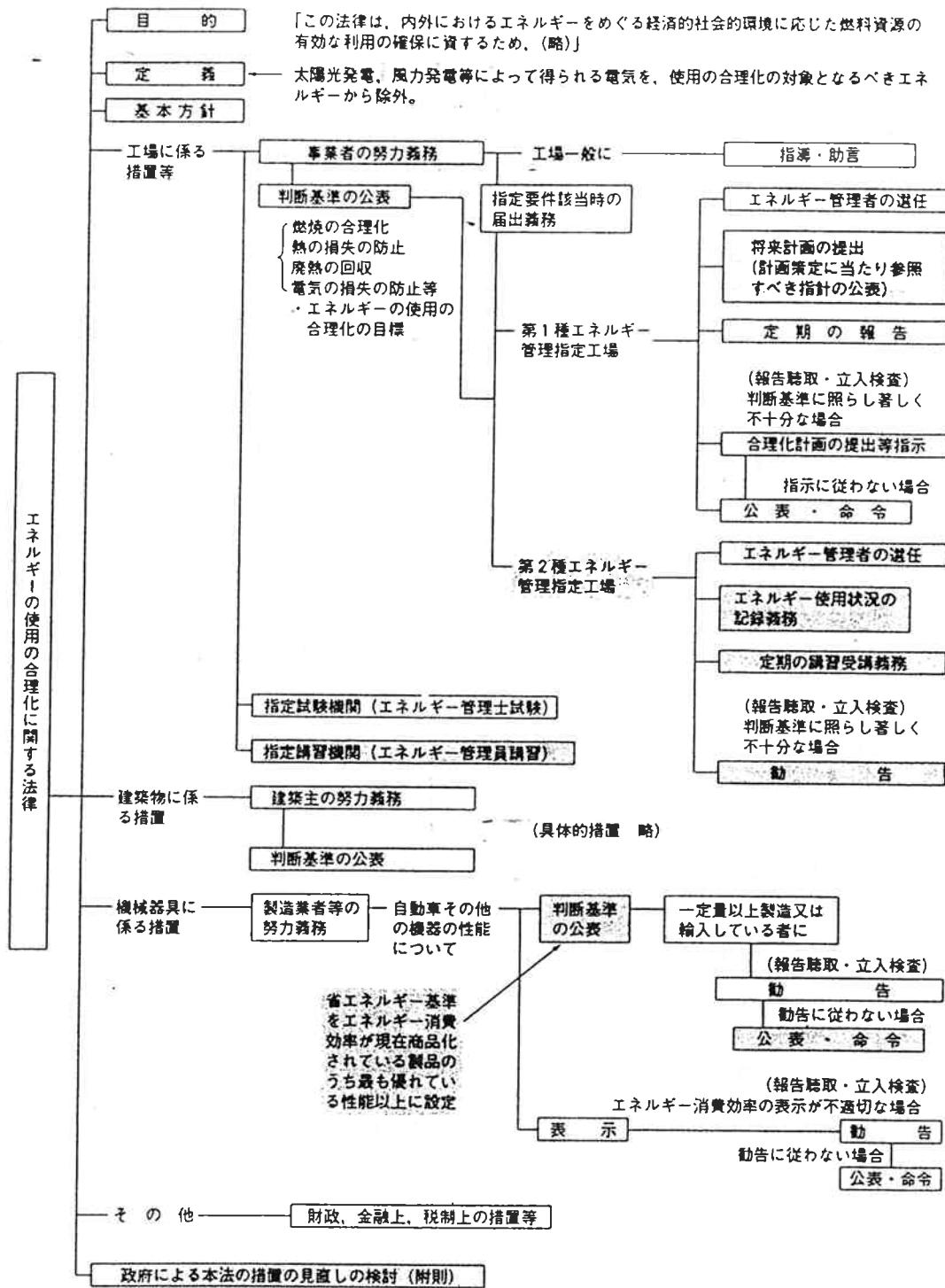
省エネルギーのチェックポイント



電力の省エネルギーのチェックポイント



燃料の省エネルギーのチェックポイント



「エネルギーの使用の合理化に移管する法律」の体系 (1999. 4月 (■は改正部分))