تطوير انظمة الطلاء بالذهب والفضة للمنتجات المعدنية كبدائل صديقة للبيئة

Development of gold and silver plating systems for metal products as Eco-Friendly alternatives

أ.م. د/ محمد العوامي محمد
أستاذ مساعد بقسم المنتجات المعدنية والحلي- كلية الفنون التطبيقية- جامعة بنها

ملخص البحث Abstract :

تواجه العديد من صناعات معالجة اسطح المنتجات المعدنية كثيرمن المشاكل المتعلقة بتطبيق المعايير البيئية والإلتزام بالمحافظة عليها والقدرة على استخدام البدائل الصديقة للبيئة, وذلك لضعف الموارد الاقتصادية وقصور التطور التكنولوجي في ايجاد الحلول الملائمة وإعادة الإستخدام وإعادة التدوير للمخلفات الناتجة عن عمليات انهاء الاسطح بصفة عامة والطلاء الكهربي بصفة خاصة .

وعلى الرغم من توافر التكنولوجيا الحديثة فى بعض المؤسسات الصناعية الكبرى إلا أن البدائل البيئية لم تدخل الى حيز التطبيق الفعلي في معظم هذه المؤسسات نظرا لضعف فاعليتها مقارنة بالعمليات المطبقة فعليا والتي لها بالغ الضرر على البيئات المختلفة وخاصة العمليات التي تعتمد على السيانيد في الطلاء الكهربي.

كما تعتبر عمليات الطلاء بالذهب والفضة من أشهر وأقدم الانظمة المعتمدة على املاح السيانيد وأكثرها استخداما في تغطية المنتجات المعدنية وخاصة الحلي والمجوهرات وأدوات المائدة والاواني .....وغيرها.

لذلك استخدام البدائل البيئية الغير سيانيدية لانظمة الطلاء بالذهب والفضة سوف يختزل كثيرا من الملوثات التي تضر بالبيئات المختلفة للمنتج وخاصة الصناعية منها.

الكلمات المفتاحية Keywords :

- الطلاء بالذهب
- الطلاء بالفضة
- صديقة للبيئة
- معالجة الملوثات

مشكلة البحث Research Problem :

أن انظمة الطلاء الكهربي بالذهب والفضة تعتمد كليا على مركبات السيانيد والذي يعتبر أحد الملوثات الخطيرة على البيئة والانسان ولذلك هناك حاجة ضرورية لاستبدال هذه الانظمة بأخرى صديقة للبيئة وأقل أثرا على الانسان.

أهداف البحث The goals of research :

تحديد أهم ملوثات عملية الطلاء الكهربي المؤثرة على البيئة والانسان وكيفية المعالجة والتخلص الأمن منها,وأهم المحاليل المستخدمة في الطلاء بالذهب والفضة وايجاد بدائل صديقة للبيئة لانظمة الطلاء بصفة عامة والذهب والفضة بصفة خاصة.

فرضية البحث Hypothesis:

إن الانظمة المستحدثة للطلاء الكهربي بالذهب والفضة الخالية من السيانيد ذات تأثير ضعيف على الانسان وصديقة للبيئة, يتبع البحث في هذا الصدد المنهج الوصفي التحليلي.

المقدمة Interduction :

أصبح التلوث من المشكلات البيئية التي حظيت في النصف الثاني من القرن الماضي باهتمامات الدول، والحقيقة أن التلوث ظاهرة بيئية موجودة منذ أن وجد الإنسان على سطح الأرض، إذ أن التلوث عمل بشري بالدرجة الأولي، ولكنه ظل محدوداً ولم يصل إلى حد المشكلة، حتى احتلت الصناعة المدعمة بالتفوق التكنولوجي قمة الأنشطة الانتاجية التي سعى الإنسان من خلالها فرض سيطرته على بيئته.

ومع تزايد واتساع نطاق هذه المشكلات أصبحت عاملا مباشرا أو غير مباشر في إلغاء او تطوير أنظمة انتاجية وكثير من العمليات الصناعية ولذلك فقد اتجه الفكر البشري إلى ضرورة الحد من حالات التلوث بعد أن أصبحت عملية إلغائها كليا غير ممكنة بسبب الثورة الصناعية وتطور التكنولوجيا بشكل سريع دون الاهتمام بشكل جدي لجانب تحسين البيئة وحمايتها من آثار التلوث .

وأن عملية الحد هذه تتطلب وضع الأسس ومحددات عالمية للسيطرة على حالات التلوث وإيجاد أجهزة علمية متطورة ودقيقة يمكن من خلال استخدامها معرفة حالات التلوث المختلفة.

وفي صناعة المنتجات المعدنية فان العمليات الميكانيكية للتشطيب مثل السنفرة، والتجليخ، والتلميع، لا تساهم بقدر كبير في توليد النفايات الخطرة مثل العمليات الكيميائية والكهروكيميائية. عادة ما يتم تنفيذ هذه العمليات في محاليل حمضية أو قلوية تليها عمليات الغسيل بالماء وان أكثر

مصادر النفايات الخطرة شيوعًا هي التخلص من مياه الغسيل أوالمحاليل المستهلكة بالصرف الصحي.

الملوثات الرئيسية المثيرة للقلق في صناعة تشطيب المعادن هي المحاليل المستهلكة التي تحتوي على المعادن الثقيلة وغيرها من المواد الكيميائية السامة والضارة. تعالج عمليات تشطيب المعادن هذه المحاليل في أنظمة معالجة مياه الصرف الصحي المصممة لتلبية متطلبات منظمة عمال الاتصالات الامريكية

(CWA) communications workers of america.

تولد هذه الأنظمة بدورها نفايات صلبة وسائلة يتم تنظيمها بموجب أحكام قوانين

(RCRA) Resource Conservation and Recovery Act

ويجب التحكم في انبعاثات الهواء الناتجة عن العديد من عمليات تشطيب المعادن باستخدام معدات التنظيف. يمكن أن ينتج عن ذلك نفايات أخرى يجب معالجتها أو التخلص منها أو إعادة تدويرها. تتمتع بعض محاليل المعالجة المستخدمة في تشطيب المعادن بعمر محدود، لا سيما محاليل الطلاء بالتحويل او بالاختزال، وتراجع الأحماض، والمنظفات، ومحاليل الطلاء بالكهرباء. تنتج هذه العمليات نفايات مركزة

تهتم صناعة معالجة السطح للمنتجات المعدنية بالتلوث والنفايات الناتجة عن جميع العمليات، وخاصة الناتجة عن استخدام أربع مواد محددة في عمليات الطلاء هي:-

١-١-استخدام الكادميوم كمعدن طلاء .

١-٢-استخدام الكروم مواد الطلاء .

١-٣-استخدام محاليل الطلاء الكهربائي المعتمدة على السيانيد .

١-٤- استخدام محلول الطلاء الكهربي للنحاس والمكون من أملاح النحاس والفورمالدهايد.

ان استخدام أي من هذه المواد له فوائد ومخاطر وخاصة تقنيات منع التلوث التي تحدث في القسمين الثالث والرابع.

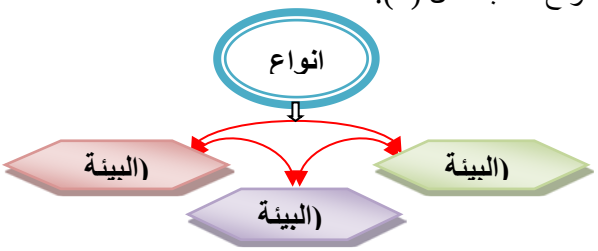
من المهم أن ندرك أن النفايات التي تنتج من العمليات الصناعية لوحدات معالجة اسطح المعادن، تحتاج الى أنظمة معالجة مياه الصرف الصحي ومرشحات تنقية الهواء. ولكن الاهم من ذلك استخدام عمليات المعالجة "النظيفة أوصديقة للبيئة" بطبيعتها (اي ليس لها تأثير أو ذات تأثير ضعيف على البيئة)، فبذلك يمكن إحراز تقدم كبير نحو الحد من الآثار السلبية على البيئة.

٢- البيئة وأهمية المحافظة عليها:

لقد تطور مفهوم البيئة مع تقدم الإنسان ومع تكاثر الأنشطة التي يمارسها على وجه الأرض. فعلى المستوى التاريخي، عرف مفهوم البيئة في مدلوله تطورا مسايرا للتعقيد الذي اتسمت به العلاقات التي يقيمها الإنسان مع الوسط الذي يعيش فيه. حيث أضحت البيئة مرآة للمستوى الاجتماعي والاقتصادي والثقافي والعلمي والتكنولوجي الذي وصلت إليه الأمم.

وكان المؤتمر الدولي للبيئة باستوكهلم سنة ١٩٧٢ قد أقر " أن البيئة هي مجموعة من النظم الطبيعية والاجتماعية والثقافية، التي يعيش فيها الإنسان والكائنات الأخرى والتي يستمدون منها زادهم ويؤدون فيها نشاطهم، كما تعرف أيضا أنها "نظام ديناميكي يتكون من عناصر طبيعية وعناصر بشرية دائمة التفاعل المتبادل في إطار زماني، مكاني، ثقافي معين"(١) (٢)

ولذلك فان التعريفات السابقة تصنف البيئة الى عدة انواع كما بالشكل (١).



شكل (١) تصنيف البيئات

ان وجود أي من المواد أو العوامل الملوثة في البيئة بكمية محددة ولفترة زمنية تؤدي بطريق مباشر أو غير مباشرالى الأضرار بالكائنات الحية أو البيئة التي توجد فيها.

وتشمل المواد الصلبة أو السائلة او الغازية أو الضوضاء أو الإشعاعات أو الحرارة أو الاهتزازات أو ما شابهها بفعل الإنسان أو غيره والتي تؤدي بطريق مباشر أو غير مباشر إلى تلوث البيئة.

يعرف التلوث البيئي بتعريفات عديدة ولكنها تشترك في المضمون حيث يعرف بما يلي:

التغيرات الكيميائية والفيزيائية والبيولوجية التي تطرأ على البيئة والتي تسبب ظهور حالة سلبية ذات تأثير مباشر على البيئة.

أما الوسط البيئي فيعرف بأكثر من تعريف منها:

-هو جملة من العلاقات المتبادلة بين الكائنات الحية والبيئة .

-وكذلك هو النظام الفيزيائي والبيولوجي الذي يحيا فيه الإنسان والكائنات الحية الأخرى.

تعتبر عملية تحديد مصدر الملوثات في البيئة العامة أوالبيئة الصناعية بمعرفة التركيب الكيميائي والفيزيائي والبيولوجي وكذلك الموقع وكمية الملوثات أثناء انطلاقها إلى البيئة، من الأمور المهمة في وضع خطط العمل المطلوبة, ويمكن تحديد أسباب التدهور البيئي بالتلوث بما يلي:

٢-١- أن أنظمة معالجة النفايات السائلة والصلبة غير كافية بحيث لا تضمن إعادة استخدام المادة أو الاستفادة منها لأغراض أخرى.

٢-٢- الاستعمال المكثف للنترات والفوسفات في الأسمدة الكيميائية والمنظفات ومساحيق الغسيل يؤدي إلى حدوث ظاهرة الإثراء الغذائي في الانهار والبحيرات.

٢-٣- العدد الهائل لمكائن الاحتراق الداخلي للسيارات والقاطرات والبواخر التي تنتج عنها مشاكل تلوث الهواء والأمطار الحامضية وعدم التوصل إلى مصادر بديلة للطاقة أقل تلويثا للبيئة.

٢-٤- الاعتماد الواسع على المواد الكيميائية في الزراعة والاستخدام غير الواعي للمبيدات السامة.

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

٢-٥-التوسع في صناعات البلاستيك والبتروكيماويات وتشطيب المعادن ما تخلفه من مواد سامة كالسيانيد وغيره من المواد.
٢-٦- ضعف القوانين والتشريعات البيئية في بعض الأقطار وانعدامها في أقطار أخرى.
٢-٧- زيادة التخلص من النفايات داخل البيئة بشكل مضطرد وبدون إدراك لخطورة هذه العملية التي قد تصل أحيانا إلى حالة يصعب معالجتها في يوم ما.
٢-٨-التوسع العمراني على حساب المساحات الخضراء الطبيعية.
٢-٩- عدم اتباع طرق تصميمية للتخلص من النفايات والفضلات وعدم استخدام البدائل الصديقة للبيئة واهتمام الإدارات الصناعية بالإنتاج فقط دون النظر إلى الجوانب الأخرى التي تنعكس بمردودات سلبية على الإنسان والبيئة.
٢-١٠- ضعف الوعي البيئي لدى إدارة المصنع وكذلك لدى المواطنين.

- من اجل أن يكون هناك تخطيط سليم لدراسة سبل حماية وتحسين البيئة بشكل عام وبيئة المصانع بشكل خاص والعمل وفق الضوابط المحددة والمسموح بها، فإن مراعاة تطبيق العناصر التالية ضروري جدا وهي كالاتي:
أ- توفير الكوادرالفنية والتقنية، ويتم ذلك من خلال فتح مجال علمي في اختصاصات بيئية علمية جديدة في الجامعات التي تهتم بالهندسة البيئية العامة.
ب- إجراء البحوث العلمية والدراسات التخصصية العلمية وتشمل:

- اختيار البدائل التقنية التي لا تسبب التلوث.
- إعادة استخدام النواتج والفضلات الصناعية.
- تطوير أجهزة قياس الملوثات.

وضع الضوابط والمحددات المسموح بها للملوثات المختلفة.
ج- التوعية ورفع مستوى الوعي البيئي وإدخال موضوعات التلوث البيئي في المراحل الدراسية وكأحد المناهج الدراسية.
د- إصدار التشريعات والقوانين البيئية والتشديد على الالتزام بالمحددات البيئية بشكل دقيق.

كما ان هناك علاقة وثيقة بين التقنية والبيئة ولذلك يعتبر التطور الصناعي سلاحا ذو حدين فبقدر الفوائد الناتجة منه، هناك أضرار قد تنجم عنه وتؤثر على البيئة وبالتالي على الصحة العامة وصحة الفرد لذلك فإن الالتزام بالطرق العلمية والمحددات والتشريعات البيئية الدقيقة هي الوسيلة الوحيدة أمام العالم لضمان استمرار فوائد التطور الصناعي والحد والتخلص من أخطاره على البيئة بشكل عام، ومن هذا نجد أن التخطيط العلمي للسيطرة على التلوث البيئي يمكن تحديده بالنقاط التالية:
أولاً : ضرورة إيجاد البدائل للمواد التي تسبب حالات التلوث في الصناعات القائمة.
ثانياً: يراعى حسن استخدام المواد الكيميائية والمحافظة على توازنها في الصناعات المستقبلية.
ثالثاً : وضع الخطط العلمية والفنية ذات البعد الاستراتيجي والتي تتنبأ بوجود الحالات السلبية في إنجاز الخطة الصناعية وتحديد مقدار تأثيرها على البيئة والمطلوب كيفية إيجاد البديل وعدم السماح بتفاقم اتساع دائرة التلوث.(٣)

٣-ملوثات عملية الطلاء الكهربي (مصادرها وأخطارها)

صناعة انهاء اسطح المنتجات المعدنية ذات مجموعة كبيرة من العمليات التي يتم تنفيذها على الأجزاء المعدنية، بعد عمليات التشكيل, وعمومًا مهمة هذه العمليات تغيير سطح المعدن لإعطائه خصائص جديدة تضيف قيم جمالية ووظيفية مثل مقاومة التآكل وتحسين مظهر السطح وغيرها من الخصائص.

ومن عمليات المعالجة الشائعة الطلاء الكهربائي والطلاء بدون الكهرباء وأكسدة الألومنيوم (الانودة) والطلاء بالتحويل (الفسفتة) والدهانات , حيث تتضمن هذه العمليات العديد من الخطوات مثل إزالة الشحوم بالمذيبات العضوية والتطهير القلوي والطلاء بالكهرباء والأكسدة والتي تتم بغمر الأجزاء المعدنية من خلال سلسلة من المحاليل السائلة التي تحتوي على مواد كيميائية متعددة.(٤)

تنبعث من وحدات معالجة أسطح المعادن مجموعة متنوعة من المركبات السامة, مثل كلورات الهيدروكربونات أثناء التطهير بالمذيبات (إزالة الشحوم) من الأجزاء المعدنية؛ وكذلك تنتج الابخرة الكاوية والسيانيد والمعادن الثقيلة من عمليات الطلاء الكهربائي ؛ والمركبات العضوية المتطايرة التي تنبعث أثناء الطلاء.

ويتعرض العمال في وحدات الطلاء الكهربي للعديد من المواد غير صحية والخطيرة تكون في شكل:
- غازات

- الأبخرة أو السحب.
- غبار معدني.

كما تتضمن الأخطار الأخرى في الطلاء الكهربي استخدام :

- الكهرباء.
- الوحدات الميكانيكية .
- التشغيل اليدوي.

كما يمكن أن تسبب المواد الكيميائية المنبعثة مجموعة متنوعة من الآثار الضارة بالصحة اعتمادًا على الاتي:-
- طبيعة المادة الكيميائية السامة
- طريقة التعرض (أي الهواء أو الماء أو التربة أو الطعام)
- التركيز الكيميائي الذي يتعرض له الفرد
- مدة وعدد مرات التعرض

وقد تسبب هذه المواد الكيميائية المتنوعة للعاملين في مجال الطلاء الكهربي العديد من المشاكل مثل:

- مشاكل صحية قصيرة المدى مثل التهاب الحلق والرئة والجيوب الأنفية وتهيج الجلد والعين والحروق.
- مشاكل صحية طويلة المدى مثل الربو وحساسية الجلد والقلب والرئة واضطرابات الأعصاب وفي بعض الحالات السرطان.

بالإضافة إلى ذلك سيكون لدى الأفراد المعرضين درجات متفاوتة من الحساسية للمواد الكيميائية حسب الحالة الصحية للشخص وعمره وجنسه. قد تشمل الآثار الضارة بالصحة فمثلا الاصابة بالسرطان قد تنتج من (الكروم السداسي التكافؤ والبنزين) وسمية النمو من (الرصاص أو

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

الزئبق أو الجليكول) أو المشاكل العصبية من (المذيبات أو الزئبق) أو الحروق الكيميائية من (الأحماض والقلويات) أو تهيج الجلد أو الجهاز التنفسي أو العين من (المذيبات والمعادن) .

كما يعتمد خطر تطوير التأثيرات الصحية على مقدار امتصاص المادة الكيميائية في الجسم. بالإضافة إلى ذلك، يعمل التحليل الكهربائي على تصاعد فقاعات غاز الهيدروجين والتي، ما لم يتم احتوائها أو التخلص منها بأمان، يمكن أن:

- تحدث انفجار
- أو تحمل مواد كيميائية أخرى ذات ابخرة سامة

يوضح الجدول (١) بعض المواد الكيميائية التي قد توجد في ملوثات عمليات طلاء وإنهاء أسطح المنتجات المعدنية, هذه المواد المذكورة بالجدول ليست موجودة الفعلية في أي وحدة طلاء ولكن تعتمد ملوثات وحدات الطلاء على نوع العمليات المطبقة بدلخلها وأيضا على أنواع وفاعلية عمليات مكافحة التلوث وأجهزة التحكم المستخدمة في الوحدة. من خلال الجمع بين بيانات الملوثات والتعرض للمواد الكيميائية ودرجات السمية لتقييم المخاطر، يمكن إجراء تقييم للآثار السلبية على صحة الإنسان من هذه الملوثات.(٤)

الفلزات ومركباتها Metals and Metal Compounds	
Aluminum	الالومنيوم
Arsenic, arsenic disulfide	الزرنيخ
Barium	الباريوم
Cadmium, cadmium acetate, cadmium chloride	الكادميوم وبعض مركباته
Chromium, chromic acid	حمض الكروميك
Copper	النحاس
Iron	الحديد
Lead	الرصاص
Manganese	الماغنسيوم
Mercury	الزئبق
Nickel, nickel acetate, nickel sulfate	
Nickel-cobalt acetate	النيكل وبعض مركباته
Selenium	السيلنيوم
Silver	الفضة
Tin-lead	سبيكة الرصاص والقصدير
Zinc	الزنك
Alkalis	القلويات
Sodium hydroxide	هيدروكسيد الصوديوم
Cyanides	مركبات السيانيد
Potassium cyanide	سيانيد البوتاسيوم
Sodium cyanide	سيانيد الصوديوم
Zinc cyanide	سيانيد الزنك
Strong Acids	الاحماض القوية
Hydrochloric acid	حمض هيدروكلوريك
Hydrofluoric acid	حمض هيدروفلوريك
Nitric acid	حمض النيتريك
Phosphoric acid	حمض الفوسفوريك
Sulfuric acid	حمض الكبريتيك

المذيبات العضوية Organics	
Acetone	الاسيتون
Benzene	البنزين
Carbon disulfide	كبريتيد الكربون
Carbon tetrachloride	رباعي كلوريد الكربون
Chlorobenzene	كلورو بنزين
Chloroform	كلوروفورم
Ethyl acetate	خلات الايثيل
Ethyl benzene	بنزين الايثيل
Ethyl etherh	اثر الايثيل
2-ethoxyethanol	ايزوكسي ايثانول
Formaldehyde	فورمالدهيد
Glycols	جليكول
Isobutanol	إيزوبوتانول
Kerosene	كيروسين
Methanol	الميثانول
Mineral oil	زيوت معدنية
Naphtha	النفط
Nitrobenzene	نيترو البنزين
2-nitropropane	نيتروبروبان
1,2-dichlorobenzene	ثنائي كلورو بنزين
Phenol	فينول
Pyridine	البيريدين
Tetrachloroethylene	رباعي كلوروايثيلين
Toluene	التولوين
1,2,4-trichlorobenzene	ثلاثي كلوروبنزين
1,1,1-trichloroethane	تراي كلورو ايثان-١،١،١
1,1,2-trichloroethane	تراي كلورو ايثان-٢،١،١
Trichloroethylene	تراي كلورو ايثيلين

جدول (١) بعض المواد الكيميائية في ملوثات عمليات إنهاء أسطح المنتجات المعدنية

مصادر الملوثات وأخطارها :

هناك ثلاث فئات من الملوثات التي يجب مراعاتها عند اعداد برنامج تقليل الملوثات.

الفئة (١) محاليل التصفية والغسيل :

هذا المحلول الذي يغمر فيه الاجزاء المعدنية بعد محلول الطلاء النهائي لازالة بقايا محلول الطلاء المركز ثم الغسيل بالمياه الراكدة والمتدفقة.

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

الفئة (٢) المحاليل المستهلكة:

معظم محاليل العمليات المستخدمة في طلاء المعادن قابلة للاستهلاك ويجب التخلص منها بشكل دوري عندما يقل نشاطها الكيميائي وفاعليتها في أداء وظيفتها بمستوى أقل من المطلوب لأغراض الإنتاج.

الفئة (٣) المحاليل المنسكبة (المهدرة) على الأرض:

هذه الفئة تشمل جميع مصادر الملوثات العرضية والهادفة مثل تدفقات الاحواض، أو قطرات مهدرة من الاجزاء المطلية، أو صهاريج التسريب أو الأنابيب، أو انسكابات المواد الكيميائية، أو معدات المياه وغسل الأرض، أو قطرات الزيت من صناديق التروس...وغيرها.

تاريخياً ركز معظم التركيز على تقنيات استخلاص المعادن من مياه الشطف لأنه يشكل الجزء الاهم اقتصاديا كما يستلزم معالجة الملوثات تكاليف باهظة الثمن. والمحاليل المستهلكة عادة ما تكون نادرة وذات حجم منخفض,في كثير من الأحيان، يمكن نقل هذه المحاليل إلى مكان بعيد للمعالجة النهائية والتخلص منها.(٥)

٣-١- المذيبات العضوية مثل التراي كلورو ايثيلين وكلوريد الميثيلين والكلوروفورم، الفينول،.....وغيرها.

٣-٢-الأحماض مثل حامض الكروميك وحمض الكبريتيك وحمض الهيدروكلوريك

٣-٣-القلويات مثل هيدروكسيد الصوديوم (الصودا الكاوية) وهيدروكسيد البوتاسيوم.

٣-٤- أملاح المعادن الثقيلة مثل الكادميوم Cd والرصاص Pb والنيكل Niوالزنك Zn والنحاس Cu الموجودة في محاليل الطلاء ذات تأثير بالغ الضرر على الانسان والبيئة, حيث ان سميتها للكائنات الدقيقة تمنع خاصية التنقية الذاتية للمحاليل والمياه.

٣-٥- تساعد الفوسفات والنترات الموجودة في الملوثات السائلة في نمو الطحالب الزائد وهو أمر غير مرغوب فيه.

٣-٦- الشوائب الغروية والمعلقة تضفي مظهرًا غير جمالي على المياه المستهلكة.

٣-٧- الزرنيخ

هو شديد السمية، لانه سم مزمن ومتراكم وقد يسبب حساسية الجلد ويقال إنه قد يسبب بعض أنواع السرطان.

٣-٨- الرصاص (Pb)

يُعرف الرصاص باسم السم التراكمي ويعرف عنه أنه يسبب مرضًا يسمى "Plumbism" التسمم بالرصاص.

٣-٩- الكادميوم (الكادميوم)

الكادميوم هو معدن الطلاء الشائعة التي لها خصائص متفوقة على الطلاءات المعدنية الأخرى في بعض التطبيقات. إلى جانب مقاومته الممتازة للتآكل، يُظهر الكادميوم أيضًا مقاومة جيدة للتآكل، ويلبي متطلبات اختبار رش الملح في صناعة السيارات. إنه معدن قابل للحام بسهولة وهو سام للفطر والعفن. في الماضي، حددت العديد من المواصفات العسكرية استخدام الكادميوم.

مركب الكادميوم الرئيسي المستخدم في حمامات الطلاء الكهربائي هو سيانيد الكادميوم، وتحتوي المحاليل الأخرى للطلاء كبريتات الكادميوم، سلفاميت، كلوريد، فلوروبورات، وبيروفوسفات. تستخدم فلورات الكادميوم مع حمض الفلوروبوريك عالي الكادميوم. الفولاذ: يذوب أكسيد الكادميوم في سيانيد الصوديوم الزائد لتشكيل مركب الكادميوم المستخدم في المحلول الأكثر شيوعًا لطلاء الكادميوم.

الكادميوم يؤثر على عملية الأيض (العمليات المتصلة ببناء البروتوبلازما) وقد يحل محل الكالسيوم +Ca2 في بنية العظام.

المرض، وهو ذو تأثير سلبي خطير نتيجة لاستبدال الكادميوم في بنية العظام.

٣-١٠- ملوثات املاح السيانيد (CN)

يستخدم سيانيد الصوديوم والبوتاسيوم في تكوين محاليل الطلاء الكهربائي لترسيب النحاس والزنك والكادميوم والفضة والذهب وسبائكهم مثل البرونز وسبيكة (النحاس والزنك) وتستخدم أحواض الطلاء الكهربائي أيضًا مركبات سيانيد المعادن، مثل سيانيد النحاس أو سيانيد الذهب البوتاسيوم أو السيانيد الفضة. عند تشغيل محلول الطلاء، يتكون مركب السيانيد المعقدة من التفاعل بين المعادن المذابة من الأنود (الأجزاء المتساقطة) وسيانيد الصوديوم أو البوتاسيوم (المعروف باسم السيانيد "الحر") لتكوين سيانيد الذهب والبوتاسيوم وغيره من مركبات السيانيد المعقدة.

محاليل السيانيد تسبب حساسية للجلد والعينين وقد تسبب أيضًا التهاب الجلد إذا سمح لها بالبقاء فترة من الزمن على الجلد لانه يمكن امتصاص السيانيد عبر الجلد.وتكون شديدة السمية إذا ما ابتلعت,و إذا كان الرقم الهيدروجيني لحمام طلاء السيانيد أقل من pH >10 تقريبًا، فقد يحتوي الهواء أعلى حوض الطلاء على مستويات عالية من غاز السيانيد الهيدروجيني, وسيحدث هذا أيضًا عندما تتفاعل أيونات السيانيد مع الاحماض.

كما تعتبر رائحة غاز السيانيد الهيدروجيني من اللوز المر كمادة اختناق كيميائي واحدة من أسرع السموم المعروفة تأثيرًا. ويصعب على كثير من الناس التعرف على هذه الرائحة والاعتماد على حاسة الشم يجب ألا يستخدم كإشارة تحذير, وتشمل أعراض التسمم بالسيانيد الضعف والارتباك وضيق التنفس والصداع والدوار والنوبات والغيبوبة.

قد توجد أملاح السيانيد في صورة صلبة، مثل سيانيد الصوديوم أو سيانيد البوتاسيوم. المواد الصلبة السيانيدية شديدة السمية إذا ابتلعت.(٦)

والتعرض لاستنشاق الهواء الذي يحتوي على١٠٠ ملليغرام لكل متر مكعب (ملغم / م ٣) أو أكثر من سيانيد الهيدروجين سيؤدي إلى الوفاة في البشر .. إن التعرض المتكرر لتركيزات أقل (٦ إلى ٤٩ ملغ / م ٣) من سيانيد الهيدروجين سيؤدي إلى مجموعة متنوعة من التأثيرات على البشر، مثل الضعف والصداع والغثيان وزيادة معدل التنفس ٨ وتهيج العين والجلد.

أكثر أنواع السيانيد السامة هي السيانيد الحر، والذي يحتوي على السيانيد نفسه ومعه سيانيد الهيدروجين، HCN، إما في حالة غازية أو سائلة. في درجة الحموضة من ٩,٣- ٩,٥، CN وHCN في حالة توازن، مع وجود

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

كميات متساوية من الاثنين , وعلى الرغم من أن HCN شديد الذوبان في الماء، فإن قابلية ذوبانه تتناقص مع زيادة درجة الحرارة ومع زيادة نسب الاملاح في المحلول.

بسبب الطبيعة السامة لملوثات السيانيد السائلة، لا يتم التخلص منها في الأنهار أو المجاري المائية. ويتم تصريفها عموما في قنوات الصرف الصحي, وإذا لم يتم إزالة السيانيد بالكامل، فقد يؤثر غاز HCN المتشكل على العمال في محطة معالجة مياه الصرف الصحي ونظام الصرف الصحي, المذيبات العضوية قد تسبب انفجار في نظام الصرف الصحي. قد تتداخل الزيوت والشحوم الموجودة مع المعالجة البيولوجية لمياه الصرف الصحي. الحمضية أو النفايات السائلة للطلاء القلوي قد تتآكل الهياكل الخرسانية. الشوائب المعلقة الحالية قد تغلق نظام الصرف الصحي البلدية.[٧]

٣-١١- الكروم سداسي التكافؤ

على الرغم من سلوكها الممتاز في حماية التآكل، فقد تم اعتبار الكرومات معادية للبيئة، نظرًا لأنها مسببة للسرطان، وتسبب تلفًا في الحمض النووي، وحساسية الجلد، وردود الفعل الربو، والتقرحات. وبالتالي، حظرت الجمعية الأوروبية استخدام الطلاء بالكرومات في جميع القطاعات الصناعية، باستثناء صناعة الطيران، اعتبارًا من يوليو ٢٠٠٧. وبالتالي، فإن محاولة استبدال الطلاءات المعتمدة على الكروم بالأنظمة الصديقة للبيئة قد أدى إلى عدد من المشاريع البحثية وتطوير أنظمة وقائية تحتوي على مواد بديلة ومثبطات التآكل, وعلى وجه الخصوص، يمكن استخدام السيريوم والعناصر الأرضية النادرة الأخرى كبدائل للأنظمة المعتمدة على الكروم.[٨],[٩]

كما ترتبط الآثار الضارة للأمراض التي تنقلها المياه الملوثة بالكروم السداسي التكافؤ بتدهور وإلتهاب الكلية في جسم الإنسان.,إن الجرعة المنخفضة تسبب تهيج الجهاز الهضمي الغشاء المخاطي، بينما وجود جرعات عالية من الكروم السداسي في سرطان الجهاز الهضمي، سرطان الرئة وسرطان الجيوب الأنفية.

المعادن الأكثر استخداما في عملية الطلاء هي الزنك والنيكل والكروم والألومنيوم والنحاس، الكادميوم وما إلى ذلك, ومن بين هذه العناصر يعد طلاء الكروم أحد أكثر المعادن استخدامًا مما يشكل مصدرا هاما لتصريف المعادن الثقيلة السامة. [١٠]

كما تبين أن هناك عوامل أخرى في وحدات الطلاء الكهربائي تؤثر بشكل كبير على درجة التلوث ومنها انتشار الحرائق نتيجة لما يلي:-

- تراكم المواد القابلة للاشتعال مثل مواد إزالة الشحوم القائمة على المذيبات أو مواد التشحيم.
- استخدام الخامات القابلة للاحتراق، على سبيل المثال، مواد التلميع؛ مواد التغليف، الاواني البلاستيكية وخزانات مبطنة بالبلاستيك أو المطاط مع السخانات الكهربائية المغمورة في المحاليل؛.
- تصاعد الهيدروجين بكثافة أثناء عملية الطلاء، والذي يسبب تلوث المناخ وبالتالي ضيق في التنفس.
- بعض مواد البناء القابلة للاحتراق- مثل ألواح المواد العازلة في الجدران والسقوف الخارجية وعدم كفاية مقاومة الحريق في الهياكل البنائية.
- عدم وجود أو نقص في أنظمة الكشف عن الحرائق ومكافحتها مما يؤدي إلى حدوث تأخير يجعل إطفاء الحرائق المشتعلة أمرًا صعبا.
- الظروف الخطرة الناجمة عن المواد الكيميائية والتيارات الكهربائية التي يمكن أن تعرقل بشدة جهود مكافحة الحرائق (على سبيل المثال، التفاعلات التي تحدث عند تفاعل المحاليل مع ماء الإطفاء؛ المخاطر الناجمة عن الطاقة الكهربائية (خاصة من التيار المباشر) ؛ الكميات الهائلة من ماء الإطفاء.

بالطبع عندما يحدث حريق يوجد دخان متصاعد وخاصة من مصانع الجلفنة الذي يمثل خطورة شديدة، مما يسبب تلوثًا كبيرًا ويصعب علاجه بعد ذلك.[١١]

٤- طرق معالجة الملوثات (How to Reduce Hazardous Waste كيفية الحد من المخلفات الخطرة)

في معظم حالات محاليل الطلاء الكهربي التي يستخدم فيها عملية التصفية، هناك ميل لتراكم الشوائب الضارة بمرور الوقت في محلول التصفية. هذه الشوائب تكون من المعادن أو الكاتيونات والأنيونات التي يتم تصفيتها في المحلول. أو مواد تحلل بالكهرباء تنتج عادة أثناء تشغيل المحلول, ومن الأمثلة على ذلك تكوين الكربونات من خلال أكسدة السيانيد الانودية أو انتاج مواد تحلل عضوي تكونت من خلال التحليل الكهربي للملمعات، عوامل البلل، عوامل تحسين البنية البللورية، ....وغيرها

كما أن في المحاليل التي تستخدم أنودات (أقطاب موجبة) قابلة للذوبان، حيث ينمو ويتراكم سمك طبقة الطلاء على سطح المعدن الأساسي في المحلول, ويحدث هذا بشكل عام لأن الفاعلية الكهروكيميائية لذوبان الانود أعلى من فاعلية الترسيب الكاثودي ولأن المحلول نفسه له تأثير بالذوبان على الأنودات خلال فترات عدم التشغيل (عدم الطلاء).

في كثير من الحالات، يتم تقليل أو السيطرة على كل من هذه الآثار من خلال الفقد الروتيني للمحاليل من خلال التصفية، والترشيح، والتنقية، وإزالة المواد الصلبة العالقة والرواسب الطينية. ومع ذلك، في بعض المحاليل، مثل النيكل اللامع، يمكن أن يمثل تراكم هذه الشوائب مشكلة كبيرة على الرغم من الخسائر الطبيعية الناتجة عن إجراءات الصيانة والتنقية.[١٢]

في اجتماعات منظمة تقليل النفايات (Waste (WMA Minimization Assessment، عادة ما يتم التخطيط لتقليل النفايات ضمن فئتين رئيسيتين هما:-

اولاً : الخدمات الداعمة لحفظ البيئة:

- استخدام الأدوات لإجراء القياسات.
- تدريب القوى العاملة .
- تبادل المعلومات ووجهات النظر .
- الالتزام بالمنهج العلمي والتكنولوجي.
- الإدارة السليمة للمواد المخزونة .

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

ثانيا: الخدمات التكنولوجية:

تركز على الحد من مصادر الملوثات الخطرة والصلبة لتقليل مخاطر الصحة البيئية من خلال القضاء على انتاج الملوثات الخطرة وانبعاثاتها من خلال تبني التقنيات المناسبة الصديقة للبيئة لعمليات الطلاء والمعالجة, كما يقترح دمج الاعتبارات البيئية في تصميم أوإعادة تصميم المنتجات والعمليات والأنظمة الفنية والإدارية لعملية الطلاء الكهربائي.

لذلك فان تقليل الملوثات التي يتم انتاجها في وحدات الطلاء يؤدي الى:-

٤-١- استخدام النظام الصناعي الصديق للبيئة مع الحد الأدنى من التلوث.

٤-٢- تبني الوعي بالتخطيط الجيد لحماية البيئة.

٤-٣- تقليل حفظ المواد الخام والطاقة وزيادة القيمة المالية للشركة.

٤-٤- تطويرمستوى مهارات وتدريب العمال والاستفادة من الخبرات المكتسبة.

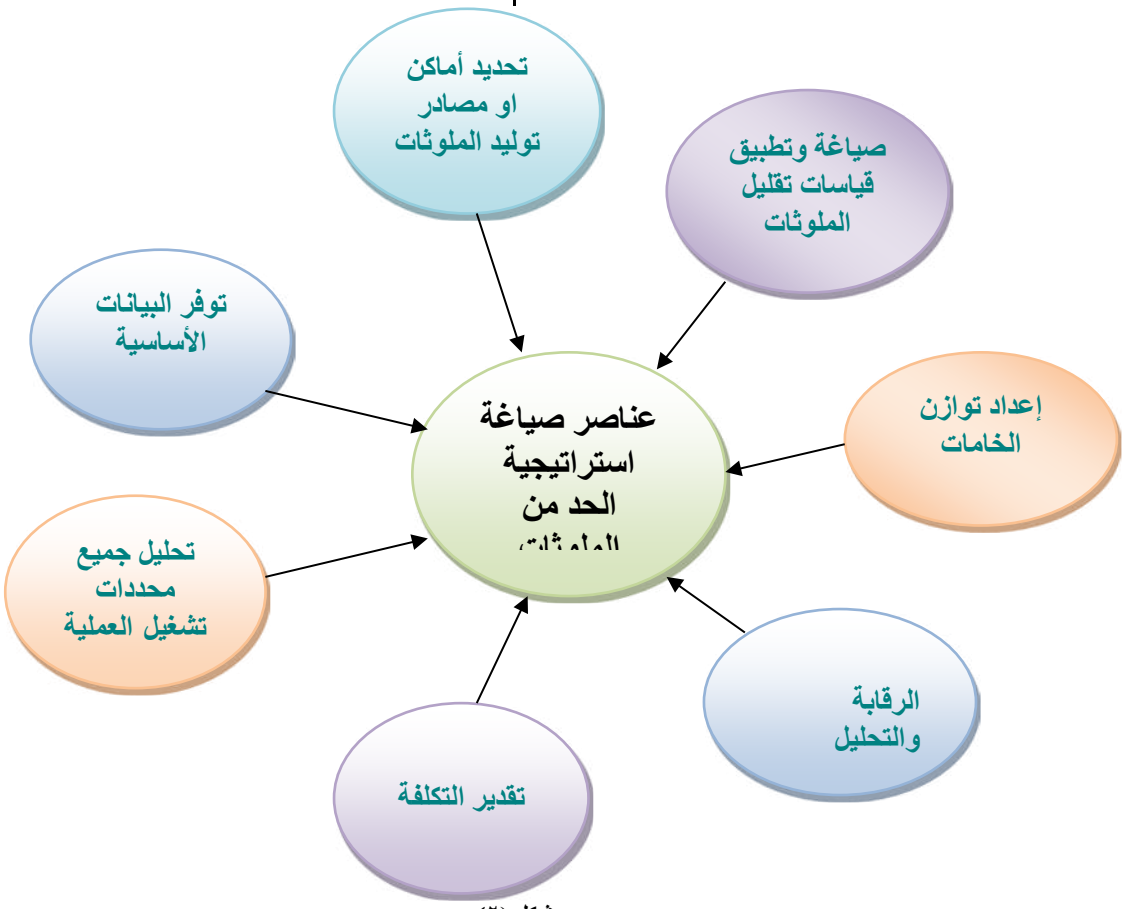
٤-٥- تأسيس علامة تجارية (سمعة) لمنتجات ذات جودة عالية تلائم طلب العملاء.

٤-٦- إقامة علاقات تعاونية وودية بين الشركات الأخرى للمحافظة على البيئة.

٤-٧- تطوير نظام منهجي ومنضبط للإدارة المالية لحفظ سجلات الحسابات ومخزون المواد الخام والمنتجات المصنعة.

يتم صياغة استراتيجية الحد من الملوثات بمراعاة العناصر التالية كما في شكل (٢):-

- توفر البيانات الأساسية
- تحليل جميع محددات تشغيل العملية
- تحديد أماكن او مصادر توليد الملوثات
- إعداد توازن الخامات
- تقدير التكلفة
- صياغة وتطبيق قياسات تقليل الملوثات
- الرقابة والتحليل[١٣]



شكل (٢)

استراتيجيات تقييم الملوثات:

يجب وضع الخطط الدقيقة لضمان تقييم ناجح لحجم التلوث الناتج عن العمليات الصناعية المختلفة وخاصة عمليات الطلاء ويتمثل ذلك في تحديد مجموعة من الاستراتيجيات التي تحقق العديد من الاهداف

ومن الواضح أن هذه الاستراتيجيات مثل :

- **الاستراتيجية الاولى** تعمل من اجل المحافظة على البيئة بالتحكم المستمر في نسب الملوثات ,
- **الاستراتيجية الثانية** تميل إلى افتراض أن استخلاص المعادن قد يكون بديلاً كاملاً لمعالجة الملوثات.
- **الإستراتيجية الثالثة** هي الطريقة الأكثر كفاءة وإنتاجية لتحويل رأس مال معالجة الملوثات إلى جهود لتقليلها ومراقبة الإنتاج.

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

- **الإستراتيجية الرابعة** هي الأكثر نجاحا والأصعب تحقيقا, وهي تعتمد على استخدام بدائل تكنولوجية صديقة للبيئة ليس لها انبعاثات مع التقليل الواضح للملوثات.

العمليات المستخدمة في التخلص من أو تقليل الملوثات:

أ- التبخير (Evaporation)

التبخير هو العملية الأقدم والأكثر تطبيقًا في فصل الملوثات وله تاريخ تشغيل واسع. في صناعة المعالجات السطحية، يتم تصنيف التنقية بالتبخر كتقنية مركزية هامة وهي ذات نتائج وفوائد متميزة.

ب- التناضح العكسي (Reverse Osmosis)

بعد التبخر، عملية التناضح العكسي (RO) هي الاقدم بعد التبخير وهي ذات تاريخ طويل في التشغيل,حيث ان معظم الوحدات للمعالجة تستخدم في عمليات الطلاء بالنيكل.

على الجانب الإيجابي، RO هي تقنية متميزة نسبياً وتستخدم طاقة أقل بكثير من التبخير لنفس ٣-معدل تغذية مياه الشطف.

ج- التحليل الكهربي (Electrodialysis)

يستخدم التحليل الكهربائي (ED) من خلال عدد من أغشية التبادل الأيوني متباعدة عن بعضها بمسافات محددة والتي يتم من خلالها نقل المكونات الأيونية من المحلول بشكل انتقائي,حيث ان استخدام القوة الدافعة الكهربية يساعد في سحب المكونات الأيونية من مياه شطف المخفف نسبيا.

د- التحليل الكهربائي للغشاء (Membrane Electrolysis)

التحليل الكهربائي بالأغشية (ME) عبارة عن عملية استخدام لغشاء تنقية مدعومة بإمكانية التحليل الكهربائي. إنه يستخدم بشكل رئيسي لإزالة الشوائب المعدنية من محلول الطلاء، الأكسدة المصعدية، الحفرالكهروكيميائي، الازالة، وغيرها من محاليل عمليات صقل المعادن. تستخدم هذه التقنية غشاء التبادل الأيوني مع تيار كهربي مطبق عبر الحجاب الحاجز أو الغشاء,تستخدم أنظمة التحليل الكهربائي للأغشية غشاء واحد فقط يتم وضعه بين قطبين.

هـ- الغسيل بالانتشار (Dephusion Dialysis):

هذه العملية أيضًا تقنية غشائية لفصل واستعادة الحمض النظيف من المحاليل الحمضية المستخدمة أو المستهلكة. بالمقارنة مع التحليل الكهربائي أو ME، لا يحتاج DD إلى إمكانية كهربائية عبر الغشاء لإحداث الانفصال.

و- التبادل الأيوني (Ion Exchange):

التبادل الأيوني هو عملية فصل محفزة كيميائياً, وهي طريقة فصل مثالية ومفيدة لجمع التركيزات المنخفضة من المحاليل الأيونية، مثل الأملاح المعدنية، من ماء الغسيل المخفف هذه الخاصية تميزها عن جميع الأساليب التي تمت مناقشتها سابقًا حيث يجب الحفاظ على معدلات تدفق منخفضة نسبيًا وتركيزات عالية من المواد القابلة للاستخلاص.

تاريخياً تركز معظم الجهود المبذولة على محاليل التصفية, ومع ذلك، غالبًا ما يتم العثور على محاليل كيميائية من عمليات مساعدة اخرى في صناعة تشطيب المعادن عادة ناتجة عن عمليات معالجة محاليل الطلاء أو إزالة الراسب الطيني لاحواض بعض العمليات، مثل التطهير، والغمر في حمض، والتلميع الكيميائي، والحفر، والتجليخ الكيميائي، وهذه تستحق البحث لاستعادة المعادن وتنشيط المحلول.

كما يمكن أن يساعد تنفيذ أساليب وأنظمة استخلاص المعادن من الملوثات والمحافظة على الجودة لكل من معالجة المياه وعمليات تحسين أداء محاليل الطلاء ومعالجة الاسطح، وبالتالي، جودة طبقات الطلاء والمنتجات. مثل هذا الإجراء سوف يساعد في تقليل المنتجات المرفوضة وإعادة الطلاء مرة اخري, وبذلك ستنخفض تكاليف التشغيل وزيادة قيمة المنتجات المصنعة.[١٢]

٥-مراحل عملية الطلاء الكهربي الصديقة للبيئة:

تتجه عمليات الطلاء الكهربي الصديقة للبيئة الى استخدام واحدة من الطريقتين أو الاثنين معا وهما:-

اولاً : استخدام البدائل الصديقة للبيئة للتخلص من الملوثات.

ثانياً : استخدام المواد والعمليات التقليدية ذات ملوثات أقل مع سهولة المعالجة .

٥-١- التطهير باستخدام المذيبات:

تعتبر العملية صديقة للبيئة إذا لم ينتج عنها مواد ملوثة للبيئة التي تعمل فيها نتيجة تفاعلات العملية أو منتجات المعالجة أو نفايات العملية أو العملية نفسها.

التطهير بالمذيبات:

تستخدم المذيبات في المعالجة الاولية لاجزاء المنتج المعدني قبل الطلاء, لإزالة الزيوت والشحوم من الأسطح المعدنية قبل تطبيق عملية الطلاء وذلك من خلال مزيج من إزالة الشحوم القلوية ومحاليل المذيبات العضوية. على سبيل المثال، الأسيتون، الأثير. البنزين، التولوين، التراي كلورايثيلين.... وغيرها.

العيوب الرئيسية أن هذه المذيبات سامة وقابلة للاشتعال ولها تأثير واضح على طبقة الأوزون في الغلاف الجوي العلوي.

المذيبات الصديقة للبيئة:

التطهير بالمذيبات التي ليس لها تأثير واضح على البيئة مثل بيركلور الإيثيلين (Perchloroethylene)، كلوريد الميثيلين (Methylene chloride), ثم التطهير بالموجات فوق الصوتية مع المواد القلوية المخففة. [١٤]

٥-٢-الطلاء بالنحاس الغير سيانيدي:

تعمل محاليل الطلاء النحاس غير السيانيدية القلوية على التخلص من السيانيد بالاعتماد على مركبات اخرى خالية تماما من السيانيد حيث تحتوي المركبات على نصف إلى ربع كمية النحاس الموجودة في مركبات السيانيد ذات الفاعلية المميزة، مما يؤدي إلى انخفاض معدلات انتاج الرواسب الطينية.

من الصعب التخلص من الرواسب الطينية الناتجة عن معالجة ملوثات مياه شطف السيانيدية بسبب كمية السيانيد المتبقية، ولكن لا تتطلب مياه الغسيل من طلاء النحاس الغير سيانيدي القلوي سوى ضبط درجة الحموضة لترسيب النحاس باعتباره هيدروكسيد. وهذا يلغي الحاجة إلى الانظمة المعقدة لمعالجة ملوثات السيانيد .

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

طلاء النحاس غير السيانيد هو عملية إلكتروليتية مماثلة للطلاء القائم على السيانيد. وتتشابه معها في ظروف وإجراءات ومعدات التشغيل , تعمل المحاليل القلوية غير السيانيدية في نطاق درجة الحموضة من ٨,٨ إلى ٩,٨ مقارنة مع درجة الحموضة من ١٣ إلى ١٤ لمحاليل السيانيد, كما تتطلب عملية واحدة فقط لمعالجة مياه الغسيل بإضافة خلية تنقية وأكسدة إلى حوض الطلاء.

تتوفر أحواض طلاء النحاس غير السيانيد تجاريا لطلاء الفولاذ والنحاس الأصفر وسبائك الرصاص والزنك والمعدن المصبوب والألومنيوم الزنك. يمكن استخدام هذه العملية للطلاء في الاحواض أو في البراميل. وتستخدم في طلاء، الأجهزة البحرية، أدوات السباكة، آلات النسيج، قطع غيار السيارات والفضاء،وغيرها من المنتجات. يمكن تطبيق طلاء النحاس غير السيانيد كطلاء سريع قوي بطبقات رقيقة (strike thin deposit)، أو كطبقات سميكة.

مميزات محاليل طلاء النحاس الغير سيانيدي :

يتميز طلاء النحاس غير السيانيدي بالخصائص التالي:

٥-٢-١ درجة حرارة المحلول عادة ما تكون مرتفعة (١١٠ فهرنهايت إلى ١٤٠ فهرنهايت) ودرجة الحامضية في حدود ٨,٨ إلى ٩,٨, بقوة هجرة ايونات (Throwing power) جيدة مثل تلك التي تعتمد على السيانيد.

٥-٢-٢- طبقات الطلاء لها مظهر غير لامع مع بنية بللورية دقيقة كثيفة ويمكن الحصول على مظاهر شبه لامع باستخدام إضافات عضوية.

٥-٢-٣- توجد أيونات النحاس في حالة تكافؤ تنائي Cu ++ بالمقارنة مع ايونات التكافؤ الاحادي Cu + للحمامات المعتمدة السيانيد، مما يوفر طلاء أسرع بنفس الكثافة.

٥-٢-٤- يتطلب تغيير عملية الطلاء غير السيانيد وجود حوض مبطّن ومكان للتنقية بعيا عن حوض الطلاء , والترشيح الجيد والمعالجة بالكربون النشط هامة وضرورية.

٥-٢-٥- يمكن للعملية غير السيانيدية أن تعمل بكثافة تيار أعلى، مما ينتج عنه سرعات طلاء مكافئة أو أسرع (في الطلاء بالبرميل) من العملية المعتمدة على السيانيد.

٥-٢-٦- يتطلب طلاء النحاس غير السيانيدي عمليات تحكم دقيقة وتحليل وتعديل للمحلول أكثر مما يتم في المحاليل المعتمدة على السيانيد,لذلك يجب أن يكون لدى العاملين في الطلاء بالانظمة الغير سيانيدية الخبرة والمهارة لتشغيل العملية بسهولة.

٥-٢-٧- تكاليف التشغيل المحلول الغير السيانيدي أعلى بكثير من محاليل السيانيد. الا أن استبدال الحمام القائم على السيانيد بحمام غير السيانيد يلغي الحاجة إلى علاج المحاليل المحتوية على السيانيد، ومع ذلك، فإن فرق التكلفة بين العمليتين قد انخفض إلى حد كبير، وارتفاع تكاليف التشغيل للعملية غير السيانيدية قد لا يبرر التحويل الى العمليات السيانيدية لان هناك عوامل اخرى هامة جدا.

كما أن طلاء النحاس غير السيانيدي له مميزات بيئية مثل:

- يقلل كثيرا من المخاطر على العمال.
- يقلل كثيرا من تكاليف وتعقيد علاج محاليل الطلاء المستهلكة.
- التصفية في المحلول الحمضي لا يشكل أي خطر وذلك لتجنب تصاعد غاز سيانيد الهيدروجين.HCN (كما في محاليل السيانيد)
- ليس من الضروري معالجة محلول الطلاء للكربونات كما في الطلاء السيانيدي.
- استخدام محاليل طلاء النحاس غير السيانيدي ليس واسع الانتشار في الصناعة,حيث أفاد أحد مستشاري الصناعة أن عدد الشركات التي تجري تجارب الطلاء غير السيانيدي صغير ولكنه متزايد ويمثل ارتفاع التكاليف عائق كبير لاستخدام الطلاء غير السيانيدي[٧]

تكوين محلول الطلاء الغير سيانيدي (بيروفوسفات النحاس)

يحتاج محلول البيروفوسفات الى تحكم دقيق واهتمام اكثر من محاليل السيانيد الا أنه غير سام، وهو يتكون من المواد الآتية:-

- بيروفوسفات النحاس من ٢٥ إلى ٣٠ جرام/ اللتر
- بيروفوسفات البوتاسيوم من ٩٥ إلى ١٧٥جرام/ اللتر
- نترات بوتاسيوم من ١,٥ الى ٣ جرام/ اللتر
- هيدروكسيد امونيوم من ٠,٥ الى ١ مللي/ اللتر

ويعمل بظروف التشغيل الاتية/

- درجة الحامضية من ٨ الى ٨,٥
- درجة الحرارة من ٢٢ الى ٣٠ درجة مئوية
- تحريك المحلول بالهواء أو ميكانيكيا
- الترشيح باستمرار اثناء التشغيل

المحلول الثاني :

الطلاء بالنحاس في المحلول القلوي المكون من الآتي:

- بيروفسفات النحاس (Cu2P2O7· 3H2O) من ٥٧,٨ الى ٧٣,٣ جم / لتر
- بيروفوسفات البوتاسيوم (K4P2O7) من ٢٣١ الى ٣١٦,٥جم / لتر
- نترات البوتاسيوم من ٨,٢ الى ١٥,٨ جم / لتر
- هيدروكسيد الأمونيوم المركز من ٢,٧ الى ٧,٥ مللي/ لتر
- الرقم الهيدروجيني (الحامضية) من ٨,٠ الى ٨,٤
- درجة الحرارة من ٩-٥٤ درجة مئوية (١٢٠-١٣٠ درجة فهرنهايت)
- كثافة التيار من ٢,٥ إلى ى٦ امبير/ ديسيمتر المربع
- التحريك ميكانيكيا والهواء. [١٥]

٥-٣-الطلاء بالنيكل البديل البيئي:

تحتوي المحاليل المستخدمة للطلاء لأهداف جمالية على عوامل إضافة عضوية تعمل على تعديل نمو رواسب النيكل لترسيب طبقات لامعة. باستخدام المكونات الأساسية وهي- كبريتات النيكل، وكلوريد النيكل، وحمض البوريك- حيث ان كبريتات النيكل هي المصدر الرئيسي لأيونات النيكل. كلوريد النيكل يحسن ذوبان الأنود ويزيد من توصيل المحلول؛ حامض البوريك يساعد على إنتاج رواسب ناعمة ولدنة. كما يحتاج المحلول لعوامل مضادة

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

للنقر أو للترطيب للتخلص من فقاعات الهيدروجين التي تسبب الهشاشة لطبقة الطلاء .

محلول كبريتات النيكل الشائع الاستخدام يتكون من :

- كبريتات نيكل NiSO46H2O من ٢٢٠ إلى ٣٠٠ جرام/ اللتر
- كلوريد نيكل NiCl26H2O من ٣٧ إلى ٥٣ جرام/ اللتر
- حمض بوريك H3BO3 من ٣٠ إلى ٤٥ جرام/ اللتر
- درجة الحرارة من ٤٤ إلى ٦٦ درجة مئوية
- كثافة التيار من ٣ إلى ١١ امبير/ ديسيمتر المربع
- التحريك والتنشيط ميكانيكيا أو بالهواء
- القطب الموجب (الأنود) نيكل نقي
- الحامضية من ٣ إلى ٤,٢

هناك مشكلة واحدة مع طلاء الذهب على السطح المطلي بالنيكل باستخدام المحلول السابق وهي وجود طبقة من كبريتات النيكل (II) الخاملة (تقلل من قوة التصاق طبقة الطلاء بالسطح) الناتجة عن استخدام ملح كبريتات النيكل (II) في محلول الطلاء, ويمكن حل هذه المشكلة عن طريق استبدال ملح الكبريتات بالعديد من المحاليل مثل محلول الفلوبورات النيكل أو كلوريد النيكل أو بأسيتيل استونات النيكل .

٥-٣-١محلول الفلوبورات Fluoborate Bath

- فلوبورات نيكل Ni(Bf4)2 ٣٠٠جرام/ لتر
- حمض بوريك (H3BO3) ٣٠ جرام/ لتر
- الحرارة ٥٤˚م
- كثافة التيار ٢-١٠ أمبير/ دسيمتر ٢
- الرقم الهيدروجيني (الحامضية) PH ٤ (١٦)

٥-٣-٢- محلول الكلوريد:

- حمض هيدروكلوريك ١٢٠ مللي/ لتر
- كلوريد نيكل ٢٥٠ جم/ لتر
- التيار من ٢ إلى ٤ أمبير / ديسيمتر
- الحرارة هي درجة حرارة الغرفة
- التحريك غير مهم
- الآنود هام جداً أن يكون نيكل خالي من الكبريت

٥-٤ عمليات الطلاء بالذهب والفضة كبدائل صديقة للبيئة

أولاً : الطلاء بالذهب :

يعتبر الطلاء الكهربي بالذهب عملية هامة جدًا لأنه يمثل الطبقة النهائية لمعالجة أسطح كثير من المنتجات المعدنية مثل الحلي التقليدية والاواني وأدوات المائدة ووحدات الاضاءة وغيرها, وحاليا يتم استخدام الذهب على نطاق واسع في صناعة الالكترونيات، وكثير من المجالات لما يتميز به من خصائص متنوعة مثل التوصيلية الكهربية والحرارية الجيدة ومقاومة التآكل والأكسدة.، وكذلك الخصائص الجمالية الناتجة من ترسيب سبائك الذهب ذات العيارات من ١٢ قيراط إلى ٢٤ قيراط حيث ان سبائك منخفضة العيار تتراوح من ١٢ الى ١٨ قيراط. (١٧),(١٨).

ويتم ترسيب الذهب من محاليل تحتوي على أيونات الذهب متمثلة في سيانيد الذهب البوتاسيوم وبوجود أملاح السيانيد الاخرى مثل سيانيد البوتاسيوم أوالصوديوم،مع العديد من المعادن الثانوية مثل : الحديد Fe والنحاس Cu والنيكل Ni والكوبالت Co والفضة Ag، لتكوين طبقات طلاء ذهب العيارات ذات الالوان المتنوعة الأصفر، والأبيض الفاتح والوردي والأزرق, وبسمك محدد.

وتنقسم محاليل الذهب السيانيدية لثلاثة مجموعات هي المحاليل القلوية، والمتعادلة، والحمضية .

ولا تتطلب هذه المحاليل الكثير من الصيانة ولها عمر طويل للغاية, كما يتم إجراء تحكم بسيط فقط لضبط اللون، بناءً على نسب المعادن المختلفة.

تستخدم غالبية أحواض الطلاء بالذهب أملاح السيانيد وهذه المركبات تشكل خطرا كبيراعلى صحة الإنسان,لذلك تركز الجهود البحثية الرئيسية الآن على إيجاد بدائل صالحة باستخدام مركبات غير السيانيد.(١٤),(١٧),(١٩)

محاليل الطلاء بالذهب بمركبات السيانيد:

*** المحلول (١) "ذهب أصفر":**

- سيانيد ذهب وبوتاسيوم ٦ جم/ لتر
- سيانيد نيكل وبوتاسيوم ٩ جم/ لتر
- سيانيد صوديوم أو بوتاسيوم ١٩ جم/ لتر
- كثافة التيار ٢ أمبير/ ديسمتر
- الحرارة ٧٠˚م٠

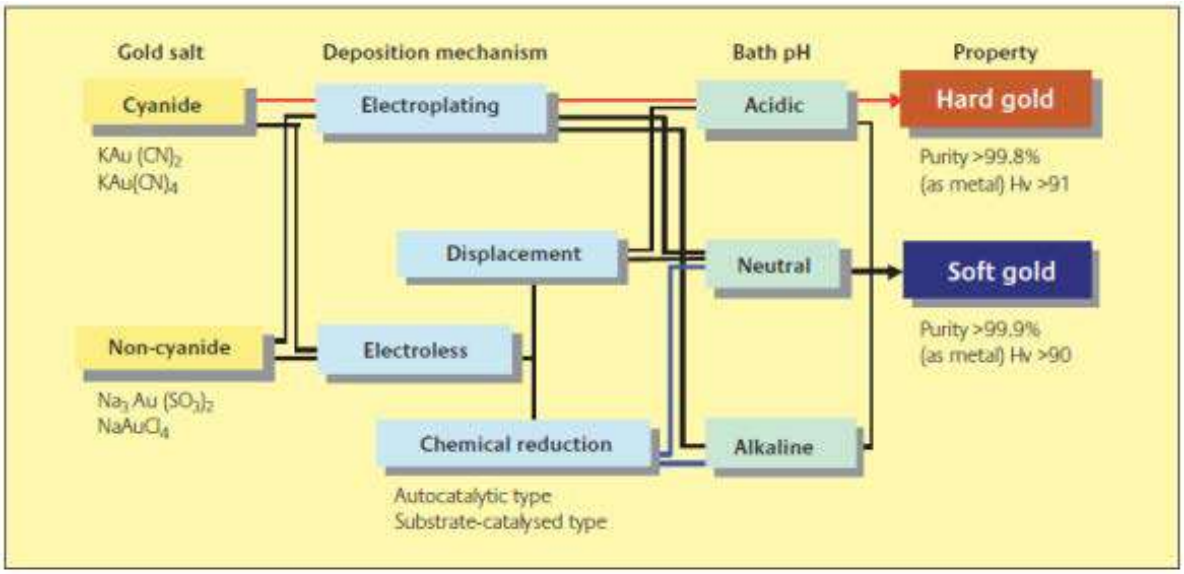
المحلول : (٢) "ذهب أخضر"

- سيانيد ذهب وبوتاسيوم ٦ جم/ لتر
- سيانيد فضه وصوديوم ٠,٥ جم/ لتر
- كربونات بوتاسيوم ٢٠ جم/ لتر
- سيانيد بوتاسيوم ٧٥ جم/ لتر
- الحرارة ٢٠˚م- ٣٠˚م
- كثافة التيار ٠,٤-٠,٨ أمبير/ ديسمتر٢
- الآنود صلب غير قابل للصدأ.(٢٠)

عملية الطلاء بالذهب بمركبات غيرسيانيدية (كبديل بيئي)

كانت تعتمد محاليل الطلاء بالذهب الرئيسية على السيانيد، سواء كانت قلوية أو متعادلة أو حامضية وهذه المحاليل ذات فاعلية كبيرة اثناء الطلاء, ومع ذلك فإن إحدى المشاكل الرئيسية لمحاليل السيانيد هي شدة السمية التي تؤثر على الانسان والبيئة، والتي يمكن أن تؤدي إلى صعوبات في التشغيل والتخلص من النفايات. لهذه الأسباب تم تطوير محاليل الطلاء الى اخرى غير سيانيدية. مثل المحاليل المعتمدة على السلفيت في طلاء الطبقات السميكة. ومع ذلك، هناك بعض المشاكل في الاستقرار.

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License



Classification of gold plating

شكل (٣)

أهم انواع المحاليل غير السيانيد المتاحة للطلاء بالذهب:

٥-٤-١محلول الكبريتيت Sulfite bath

٥-٤-٢ محلول ثيوسلفات Thiosulfate bath

٥-٤-٣ محلول مختلط كبريتيت ثيوسلفات Mixed sulfite-thiosulfate bath

٥-٤-٤ محلول ثيوريا Thiourea bath

٥-٤-٥ محلول حمض الأسكوربيك Ascorbic Acid bath

٥-٤-٦ محلول الثيو ملات thiomalate bath

٥-٤-٧ محلول على أساس ميركابتوتري ازول Bath based on mercaptotriazole

محلول الكبريتيت:

يُعرف استخدام مركب كبريتيت الذهب لطلاء الذهب منذ عام ١٨٤٢ ولا يزال مركبات الذهب المعقدة الاخرى الأكثر استخدامًا لإعداد المحاليل الغير سيانيدية.

محاليل كبريتيت الذهب جذبت الانتباه لانها تنتج طبقات من الذهب النقي الناعمة واللامعة ولدنة مع قوة هجرة أيونات جيدة. وطبقات طلاء سبائك الذهب المنخفضة أوالمرتفعة العيار ذات لدونة عالية يمكن الحصول عليها بسهولة أكبر من محاليل الكبريتيت مقارنة مع محاليل السيانيد.

الأهم ان محاليل الكبريتيت غير سامة ومتطلبات التشغيل والتخلص من النفايات أقل بكثير من محاليل السيانيد. ومع ذلك، فإن ثبات مركبات الكبريتيت أقل بمقدار ١٠١١ مرة من مركبات السيانيد ولكن محاليل كبريتيت الذهب قد تتمتع بثبات عالٍ نسبياً، لا سيما في ظل الظروف القلوية.[٢١]

مكونات محلول الكبريتيت كما بالجدول التالي:

- كبريتيت الذهب ٤ جم/ لتر
- EDTA صوديوم ١٨ جم/ لتر
- كبريتيت صوديوم ٢٥ جم/ لتر
- الحرارة من ٤٠ إلى ٦٠ ° م
- التيار من ١ إلى ٣ أمبير
- الحمضية من ٩ إلى ١٠

أهم المواد المضافة لمحاليل طلاء الذهب :

يضاف حمض الستريك أو هيدروكسيد البوتاسيوم لضبط درجة الحامضية .

- محلول الثيوويوريا:

تم تطوير محلول ثيوريا وتحسينه من قبل مجموعة من الباحثتين في شركة هيتاشي اليابانية والتي طورت كل من تكوين المحلول وظروف التشغيل بالإضافة إلى عامل إعادة تدوير الثيوريا كما بالجدول (٢).

Bath constituent	Basic bath	Improved bath
$NaAuCl_4 \cdot 2H_2O$ (mol/dm^3)	0.0125	0.0125
$Na_2S_2O_3 \cdot 5H_2O$ (mol/dm^3)	0.1	0.1
Na_2SO_3 (mol/dm^3)	0.4	0.4
$Na_2B_4O_7 \cdot 10H_2O$ (mol/dm^3)	0.13	0.13
Thiourea (mol/dm^3)	0.033	0.033
Hydroquinone (mol/dm^3)	-	0.002
pH	9.0	8.0
Temperature (^{0}C)	80	70
Bath life with load (h)	12	50
Bath life without load	60 [h]	> 1 month
Plating rate (μm/h)	0.8	1.2

- محلول الثيوسلفات

- ان المحاليل غير السيانيدية التي تحتوي على كبريتيت أو ثيوكبريتات كمركبات معقدة ذات استخدام محدود بسبب عدم كفاية استقرار هذه الأنظمة.

وفي ضوء التطوير المستمرالناجح لمحاليل الطلاء بدون كهرباء التي تحتوي على كل من الثيوسلفات والكبريتيت، قام الباحثين، بالتحقيق في إمكانية الطلاء الكهربي بالذهب الناعم من محلول يحتوي على المركبين.

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

وقد وجد أن المحلول المختلط مستقر جدا حتى بدون إضافة أي عوامل استقرار.

ينتج عن هذا المحلول طبقات طلاء ذهبية ناعمة تحت ظروف طلاء آمنة ومتعادلة ودرجات حرارة منخفضة ومستقرة. ومع ذلك، هناك بعض المشاكل مع هذا المحلول الالكتروليتي.[٢١]

مكونات المحلول كما بالجدول (٣)

	With Tl^+	Without Tl^+
$NaAuCl_4 \cdot 2H_2O$	0.06M	0.06M
Na_2SO_3	0.42	1.1-1.4*
$Na_2S_2O_3 \cdot 5H_2O$	0.42	1.1-1.4*
Na_2HPO_4	0.30	0.30
Tl^+ (added as Tl_2SO_4)	5ppm	
pH	6.0	6.0
Temperature (°C)	60°C	60°C
Current density (A/dm^2)		
Agitation	mild	mild
Deposit hardness (kg/mm^2)		
As deposits	88	87-88
After annealing at 350°C	52	45-60

مميزات وعيوب المحاليل غير السيانيدية:

المميزات:

- طبقات الطلاء الناتجة عن محلول الكبريتيت لامعة.
- طبقات الطلاء صلدة ولدنة جدا، في حين طبقات الطلاء الناتجة عن محاليل السيانيد ذات اللدونة المحدودة .
- ومن المميزات الهامة ان المحاليل الغير سيانيدية ذات قوة هجرة ايونات متميزة جدا .
- محاليل الكبريتيت مفضلة في التشغيل لانها غير سامة مقارنة بالمحاليل السيانيدية.
- المحاليل الغير سيانيدية القائمة على الكبريتيت ذات مقاومة أفضل اثناء التشغيل مقارنةً
- بمحاليل السيانيد.
- تستخدم في طلاء الاشكال المعقدة بسهولة.

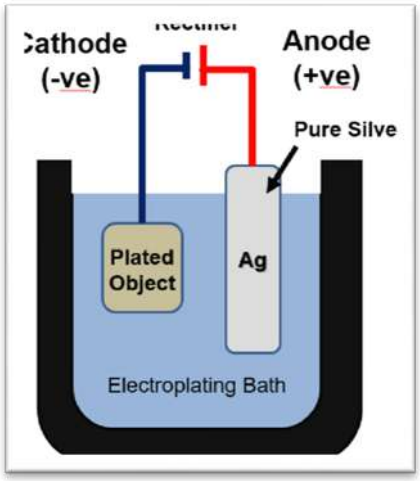
عيوب طلاء الذهب غير السيانيد

- استقرار المحاليل غير السيانيدية منخفض جدا مقارنة بمحاليل السيانيد (المحلول أقل استقرارا لذلك يتطلب مراقبة وتحكم مستمر).
- طبقات الطلاء من بعض المحاليل هشة ولا تتحمل الصدمة الحرارية (حيث يمكن أن تسبب الاجهاد)[١٤]

ثانياً : الطلاء بالفضة :

الطلاء بالفضة يستخدم في العديد من المنتجات المعدنية لتحسين الوظائف الجمالية والاستخدامية والمنتجات الكهربائية لتوصيليته الكهربية العالية، ويستخدم أيضًا في التطبيقات البصرية بسبب الانعكاس العالي للضوء. في كثير من العمليات ترسب الفضة على اجزاء معدنية منتجة بعملية الصب لتقليل مساميتها.حيث تتميز محاليل الطلاء بالفضة بتركيزات عالية جدًا من السيانيد (تصل إلى ٢٠٠ جم/ لتر)، وتستخدم شرائح الفضة في الاقطاب الموجبة (الأنودات anodes).

يمارس الطلاء الكهربي بالفضة منذ منتصف القرن التاسع عشر.حيث يحتوي المحلول على ايونات الفضة في صورة سيانيد الفضة والبوتاسيوم وسيانيد البوتاسيوم الحر ويمكن أيضًا استخدام سيانيد الصوديوم، لكن معظم العاملين يفضلون استخدام سيانيد البوتاسيوم.[١٧]



شكل (٤)

المحاليل البديلة لسيانيد الفضة :

بالنظر إلى الكميات الكبيرة من السيانيد المستخدمة في الطلاء بالفضة، فإن إيجاد بدائل مناسبة يمكن أن يقلل بدرجة كبيرة من كميات السيانيد السام في مياه الصرف,حيث بذلت عدة محاولات لإدخال بدائل غير السيانيد وتعتمد معظم هذه المحاليل على مركبات الأمونيوم والهاليد والأمينوثيو التي تحتوي على الفضة ومجموعة متنوعة من الأملاح الموصلة والملمعات, وفي جميع الحالات تقريبًا واجهت المحاليل غير السيانيدية مشاكل خاصة في إنتاج طبقات سميكة ولامعة والعديد من هذه البدائل غير مناسبة بسبب الحساسية للضوء.[١٤]

أهم انواع المحاليل البديلة لمحاليل السيانيد في طلاء الفضة:

يوجد العديد من مركبات الفضة كمصادر معدنية محتملة لعملية الطلاء غير السيانيد.حيث قسم العديد من المؤلفين هذه الدراسات إلى ثلاث مجموعات حسب نوع المركب، هذه المجموعات هي:-

مجموعة (١) أملاح بسيطة، على سبيل المثال، نترات، فلوبورات، وفلوسيليكات.

مجموعة (٢) مركبات غير العضوية، على سبيل المثال، يوديد، ثيوسيانات, ثيوسلفات، بيروفوسفات، وتراي ميتافوسفات .

مجموعة (٣) المركبات العضوية، على سبيل المثال، السكسينيميد، اللاكتات، والثيوريا.

يبدو أن الأملاح البسيطة جميعها تعاني من نفس المشكلة: حساسية المواد للضوء المرئي والأشعة فوق البنفسجية. على الرغم من الحصول على طبقات ملساء من

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

هذه الأنظمة، فهي غير قابلة للتطبيق في ظل ظروف الإنتاج العادية.

٥-٤-٨- محلول يوديد:

يتكون هذا المحلول من عدة مركبات لليوديد وهي معروفة بارتفاع اسعارها وهي كالآتي:

- يوديد الفضة ٢٠ إلى ٤٥ جم/ لتر
- يوديد البوتاسيوم ٣٠٠ إلى ٦٠٠ جم/ لتر
- حمض هيدروكلوريك من ٥ إلى ١٥ جم/ لتر
- جيلاتين من ١ إلى ٤ جم/ لتر
- الحرارة من ٢٥ إلى ٦٠ °م
- التيار من ٠,١ إلى ١,٥ أمبير/ ديسيمتر مربع

٥-٤-٩- محلول ثلاثي ميتا فوسفات الفضة:

يستخدم هذا المحلول لطلاء الماغنسيوم وسبائكه ويتكون من عدة مركبات كالآتي:

- ثلاثي ميتا فوسفات الفضة من ٣٠ إلى ٤٥ جم/ لتر
- ثلاثي ميتافوسفات الصوديوم من ١٠٠ إلى ١٦٠ جرام/ اللتر
- رباعي بيروفوسفات الصوديوم من ٥٠ إلى ١٧٥ جم/ لتر
- رباعي الصوديوم اديتا من ٣٥ إلى ٤٥ جم/ لتر
- فلوريد صوديوم من ٣ إلى ٥ جم/ لتر
- الحامضية من ٧,٩ إلى ٩,٥
- درجة الحرارة من ٥٠ إلى ٦٠ مئوية
- كثافة التيار من ٥ إلى ٢٣ أمبير/ ديسيمتر مربع

٥-٤-١٠-محلول الثيوسلفات:

أثبتت المحاليل المعتمدة على الثيوسلفات أنها من بين أنجح عمليات الطلاء بالفضة غير العضوية حيث أدت المحاولات المبكرة لطلاء الفضة من هذا المحلول إلى أكسدة سريعة لمركبات الفضة غير القابلة للذوبان والمعقدة.

ويتكون المحلول من المركبات الآتية:

- ثيو سلفات الفضة ٣٠ جرام/ اللتر
- ثيو سلفات صوديوم من ٣٠٠ إلى ٥٠٠ جرام/ اللتر
- ميتا بي سلفيت الصوديوم من ٣٠ إلى ٥٠ جرام/ اللتر
- الحامضية من ٨ إلى ١٠
- درجة الحرارة من ١٥ إلى ٣٠ مئوية
- كثافة التيار من ٠,١ إلى ٠,٤ امبير/ ديسيمتر المربع
- ضبط درجة الحامضية باضافة هيدروكسيد صوديوم او بي سلفيت الصوديوم. [٢٢]

٦- تجارب البحث:

٦-١-تجربة طلاء سبيكة النحاس والزنك بمحلول الفضة الغير سيانيدي:

هدف التجربة:

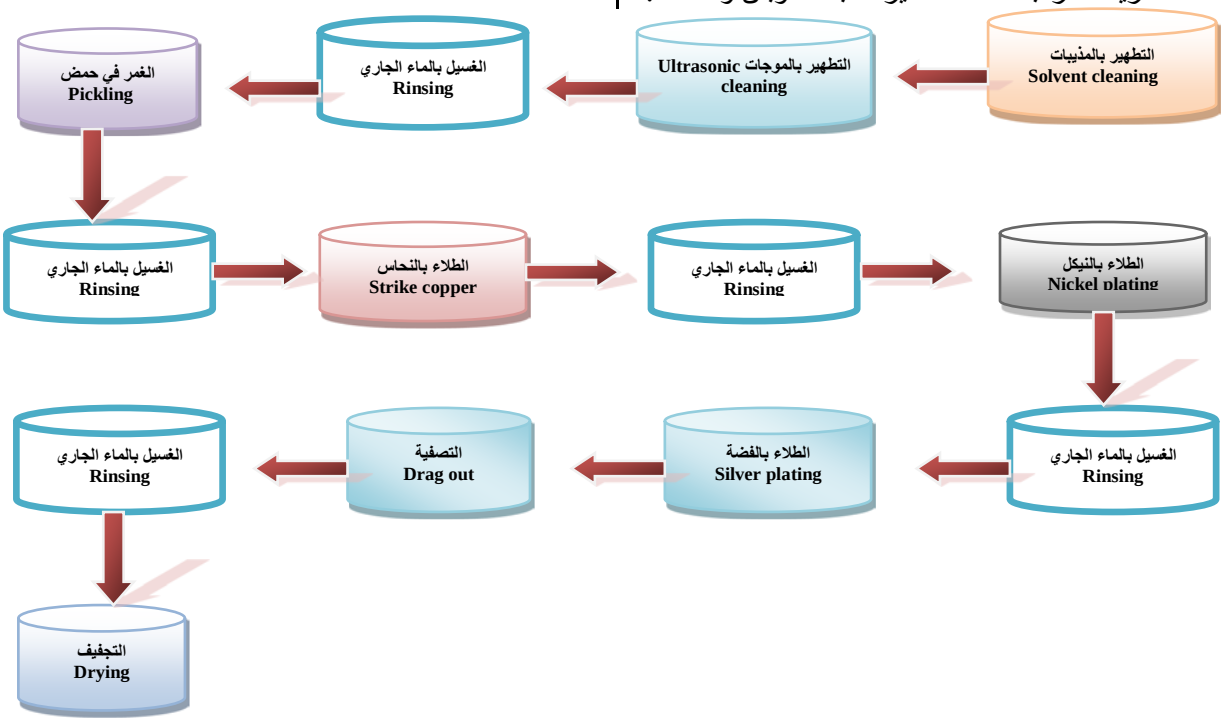
(طلاء شريحة من سبيكة النحاس والزنك بمحلول يوديد الفضة الغير سيانيدي)

إجراءات التجربة:

أ- تجهيز الأدوات وهي:

* أدوات القياس وتتمثل في
  - ترمومتر مئوي لقياس درجة الحرارة في المحاليل
  - بيكر من الزجاج سعته ١لتر يستخدم كحوض للازالة في التجربة " بعدد الأحواض المطلوبة "
  - بيكر ٥٠ مم٣، ٢٥٠ مم٣ لمعايرة السوائل اللازمة للمحاليل
  - مصدر التيار الكهربي المباشر d.c مزود بجهازي أميتر وفولتميتر لقياس شدة وقوة التيار

* أدوات التعليق. والتأكد من نظافة أسلاك ووسائل التعليق الخاصة بالآنود والكاثود لضمان سريان التيار الكهربي خلال الدائرة بشكل طبيعي.
  - ميزان رقمي لتحديد اوزان المواد.



شكل (٥) رسم تخطيطي لعملية طلاء فضة صديقة للبيئة Diagram for Eco-Friendly silver plating process

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

ب ـ تجهيز الخامات وهي:

عينة الطلاء وهي شريحة من سبيكة النحاس الاصفر(النحاس والزنك) على شكل مستطيل ٣سم ×٧سم .

شريحة من الصلب غير قابل للصدأ وعلي شكل مستطيل ٤ سم ×١١ سم .

الخطوات العملية للتجربة :

تسير الخطوات العملية للتجربة طبقا للرسم التخطيطي الموضح بالشكل التالي وهي كالأتي:

أولاً : التطهير :

٦-١-١- التطهير بمذيب، كلوريد الميثيلين (Methylene chloride),لازالة الشحوم والزيوت واثار بصمات الاصابع .

٦-١-٢-ثم التطهير بالموجات فوق الصوتية لإزالة آثار المذيب العضوي وما تبقي بالعينة من شحوم ودهون ويتم ذلك في المحلول الآتي:

- هيدروكسيد صوديوم ٦ جم/ لتر
- كربونات صوديوم ٥ جم/ لتر
- ميتاسليكات صوديوم ٩ جم/ لتر
- ثلاثي فوسفات صوديوم ٩ جم/ لتر
- سلفونات النفثالين ١ جم/ لتر
- درجة الحرارة ٧٠ م
- من ١ـ ٥ دقائق
- الحوض صلب

٦-١-٣- الغسيل بالماء الجاري

٦-١-٤-الغمر في حمض كبريتيك تركيز ١٠% بالحجم.

٦-١-٥- الغسيل بالماء الجاري

ثانياً : الطلاء بالنحاس الغير سيانيدي (طلاء سريع (Strike copper

٦-١-٦-يتم طلاء العينة بالنحاس في المحلول القلوي المكون من الآتي:

- بيروفسفات النحاس (Cu2P2O7· 3H2O) من ٥٧,٨ إلى ٧٣,٣ جم/ لتر
- بيروفوسفات البوتاسيوم (K4P2O7) من ٢٣١ الى ٣١٦,٥جم/ لتر
- نترات البوتاسيوم من ٨,٢ إلى ١٥,٨ جم/ لتر
- هيدروكسيد الأمونيوم المركز من ٢,٧ إلى ٧,٥ مللي/ لتر
- الرقم الهيدروجيني (الحامضية) من ٨,٠ إلى ٨,٤
- درجة الحرارة من ٤٩-٥٤ درجة مئوية
- كثافة التيار من ٢,٥ إلى ٦,٠ امبير/ ديسيمتر المربع
- التحريك ميكانيكيا والهواء

٦-١-٧- الغسيل بالماء الجاري

ثالثاً : الطلاء بالنيكل البيئي:

٦-١-٨-يتم طلاء العينة بالنيكل في المحلول المكون من الآتي:

- فلوبورات نيكل Ni(Bf4) 2 ٣٠٠ جرام/ لتر
- حمض بوريك (H3BO3) ٣٠ جرام/ لتر
- الحرارة ٥٤°م
- كثافة التيار ٢ ١٠ أمبير/ دسيمتر ٢
- الرقم الهيدروجيني (الحامضية) PH ٤

٦-١-٩- الغسيل بالماء الجاري:

رابعاً :الطلاء بالفضة كصديق للبيئة :

٦-١-١٠ طلاء العينة بعد النيكل في محلول اليوديد الذي يتكون من :

- يوديد الفضة ٢٠ إلى ٤٥ جم/ لتر
- يوديد البوتاسيوم ٣٠٠ إلى ٦٠٠ جم/ لتر
- حمض هيدروكلوريك من ٥ إلى ١٥ جم/ لتر
- جيلاتين من ١ إلى ٤ جم/ لتر
- الحرارة من ٢٥ إلى ٦٠ °م
- التيار من ٠,١ إلى ١,٥ أمبير/ ديسيمتر مربع
- الزمن ٣ دقائق

٦-١-١١-الغمر في محلول التصفية (ماء مقطر).

٦-١-١٢- الغسيل بالماء الجاري والتجفيف.

*** نتيجة التجربة :**

بعد مرور زمن الطلاء المحدد نلاحظ تحول سطح العينة الى اللون الابيض الفضي.

٦-٢تجربة طلاء سبيكة النحاس والزنك بمحلول الذهب الغير سيانيدي:

هدف التجربة:

طلاء شريحة من سبيكة النحاس والزنك بمحلول كبريتيد الذهب الغير سيانيدي.

إجراءات التجربة:

أ- تجهيز الأدوات (كما في التجربة ٦-١)

الخطوات العملية للتجربة:

تسير الخطوات العملية للتجربة طبقا للرسم التخطيطي الموضح بالشكل وهي كالأتي:

خطوات عملية الطلاء بمحلول الذهب الغير سيانيدي:

أولاً : عملية التطهير (كما في التجربة ٦-١)

٦-٢-١- التطهير بمذيب

٦-٢-٢-ثم التطهير بالموجات فوق الصوتية

٦-٢-٣- الغسيل بالماء الجاري

٦-٢-٤-الغمر في حمض كبريتيك تركيز ١٠% بالحجم.

٦-٢-٥- الغسيل بالماء الجاري

ثانياً : الطلاء بالنحاس (كما في التجربة ٦-١)

٦-٢-٦يتم طلاء العينة بالنحاس

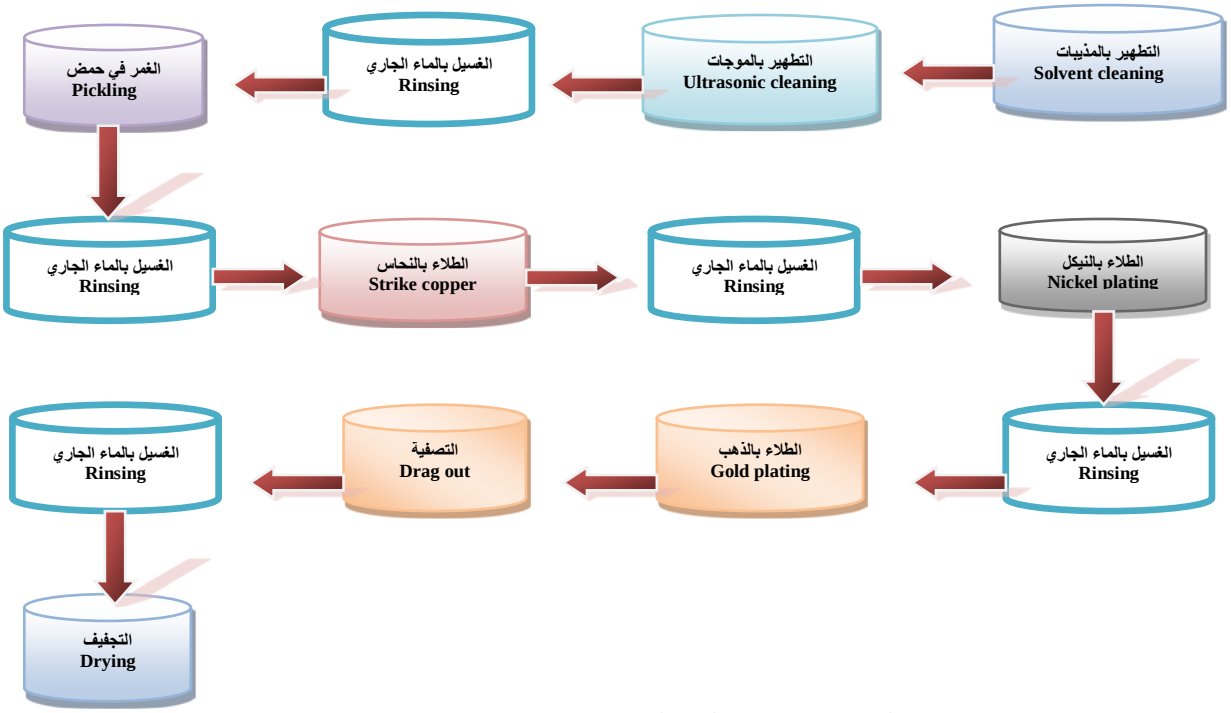
٦-٢-٧- الغسيل بالماء الجاري

ثالثاً : الطلاء بالنيكل (كما في التجربة ٦-١)

٦-٢-٨ يتم طلاء العينة بالنيكل

٦-٢-٩ الغسيل بالماء الجاري

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License



شكل (٦) رسم تخطيطي لعملية طلاء بالذهب صديقة للبيئة Diagram for Eco-Friendly Gold plating process

رابعاً : الطلاء بالذهب كصديق للبيئة:

٦-٢-١٠- طلاء العينة في محلول كبريتيت الذهب المكون من الاتي:

- كبريتيت الذهب ٤ جم/ لتر
- EDTA صوديوم ١٨ جم/ لتر
- كبريتيت صوديوم ٢٥ جم/ لتر
- الحرارة من ٤٠ إلى ٦٠ ْم
- التيار من ١ إلى ٣ أمبير
- الرقم الهيدروجيني (الحامضية) من ٩ إلى ١٠
- الزمن دقيقة ونصف

أهم المواد المضافة للمحلول :

يضاف حمض الستريك أو هيدروكسيد البوتاسيوم لضبط درجة الحامضية .

٦-٢-١١ الغمر في محلول التصفية (ماء مقطر).

٦-٢-١٢- الغسيل بالماء الجاري والتجفيف .

*** نتيجة التجربة**

بعد مرور زمن الازالة المحدد نلاحظ تحول سطح العينة الى لون الذهب.

وقد كان من أهم نتائج التجارب الاتي:

- التطهير باستخدام مذيبات ليس لها تأثير واضح على البيئة مثل بيركلور الإيثيلين (Perchloroethylene)، كلوريد الميثيلين (Methylene chloride), أو المذيبات التي اساسها الماء ثم التطهير بالموجات فوق الصوتية مع المواد القلوية.
- الطلاء بالنحاس غير السيانيدي الذي يقلل كثيرا من المخاطر على العمال- ويقلل من تكاليف وتعقيد علاج محاليل الطلاء المستهلكة ويتجنب تصاعد غاز سيانيد الهيدروجين السام.HCN (كما في محاليل السيانيد).
- محاليل الكبريتيت ترسب طبقات طلاء من الذهب النقي الناعمة واللامعة واللدنة مع قوة هجرة أيونات جيدة. وطبقات طلاء سبائك الذهب المنخفضة أوالمرتفعة العيار ذات لدونة عالية يمكن الحصول عليها بسهولة أكبر من محاليل الكبريتيت مقارنة مع محاليل السيانيد.
- تتطلب انظمة الطلاء الجديدة التحكم في زمن الطلاء ودرجة الحرارة، وبالتالي فإن أداء المعدات إلزامي. قد يكون هذا عائقًا ماليًا واقتصاديًا في حالة بعض الوحدات الصغيرة والمتوسطة الحجم (على الرغم من أن العمليات التقليدية الأخرى تتطلب أيضًا التحكم في هذه المعايير ولكن بدرجة اقل).

٧-النتائج والتوصيات:

٧-١- البيئة أصبحت عامل مؤثر قوي في إلغاء او تطوير أنظمة انتاجية وكثير من العمليات الصناعية ولذلك فقد اتجه الفكر البشري إلى ضرورة الحد من حالات التلوث الناتج عن التطور التكنولوجى دون الاهتمام بالمحافظة على البيئة وحمايتها من آثار التلوث .

٧-٢- ان وجود أي من المواد (المواد الصلبة أو السائلة او الغازية) أو العوامل الملوثة (أو الضوضاء أو الإشعاعات أو الحرارة أو الاهتزازات) في البيئة بكمية محددة ولفترة زمنية قد تؤدي بطريق مباشر أو غير مباشرالى الأضرار بالانسان والكائنات الحية التي توجد فيها.

٧-٣- يجب تحديد مصادر الملوثات في البيئة العامة أوالبيئة الصناعية بمعرفة تركيبها الكيميائي والفيزيائي والبيولوجي وكذلك موقع وكمية هذه الملوثات أثناء انطلاقها إلى البيئة، لوضع خطط العمل للسيطرة على التلوث.

٧-٤- عدم اتباع طرق تصميمية للتخلص من النفايات والفضلات وعدم استخدام البدائل الصديقة للبيئة واهتمام

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

الإدارات الصناعية بالإنتاج فقط دون النظر إلى الجوانب الأخرى قد ينعكس بسلبيات عديدة على الإنسان والبيئة.

٧-٥- يجب على وحدات الانتاج والمصانع اتباع ضوابط محددة هامة مثل: توفير الكوادرالفنية والتقنية، وإجراء البحوث العلمية والدراسات التخصصية العلمية التي تتيح (اختيار البدائل التقنية- إعادة استخدام النواتج والفضلات الصناعية- تطوير أجهزة قياس الملوثات) ثم التوعية ورفع مستوى الوعي البيئي .

٧-٦- صناعة معالجة وانهاء اسطح المنتجات المعدنية ذات مجموعة كبيرة من العمليات التي يتم تنفيذها على الأجزاء المعدنية وتنبعث من هذه الوحدات مجموعة متنوعة من المركبات السامة, مثل كلورات الهيدروكربونات أثناء التطهير بالمذيبات (إزالة الشحوم) من الأجزاء المعدنية؛ كما تنتج الابخرة الضارة واملاح السيانيد والمعادن الثقيلة من عمليات الطلاء الكهربائي .

٧-٧- النفايات التي تنتج من العمليات الصناعية لوحدات معالجة اسطح المعادن، تحتاج الى أنظمة معالجة مياه الصرف الصحي ومرشحات تنقية الهواء.

٧-٨- مصادر الملوثات في عملية الطلاء والمعالجة متعددة فمنها ما ينتج من محاليل التصفية والغسيل او المحاليل المستهلكة او المحاليل المنسكبة (المهدرة) على الأرض.

٧-٩- الانظمة التقليدية لطلاء الذهب والفضة تستخدم سيانيد الصوديوم والبوتاسيوم في تكوين المحاليل وهي تسبب العديد من الاضرار على الانسان مثل (حساسية للجلد والعينين وتكون شديدة السمية).

٧-١٠- يجب اعداد استراتيجية الحد من الملوثات بمراعاة بعض العناصر مثل (تحديد أماكن او مصادر توليد الملوثات- صياغة وتطبيق قياسات تقليل الملوثات- تحليل جميع محددات تشغيل العملية- تقدير التكلفة....)

٧-١١-يعتبر استخدام البدائل الصديقة للبيئة للتخلص من الملوثات من الاساليب الهامة التي استخدمت في عمليات الطلاء الكهربي لتحسين وحماية للبيئة الصناعية لهذه العملية.

٧-١٢-تتميز الانظمة البديلة الغير سيانيدية بالعديد من الخصائص مثل:- صديقة للبيئة وغير ملوثة وذات طبقات طلاء متميزة حيث ان طبقات الطلاء الناتجة لامعة وصلدة ولدنة جدا ومن المميزات الهامة ايضا ان المحاليل ذات قوة هجرة ايونات متميزة جدا , ومفضلة في التشغيل لانها غير سامة مقارنة بالمحاليل السيانيدية وذات مقاومة أفضل اثناء التشغيل كما تستخدم في طلاء الاشكال المعقدة بسهولة.

٧-١٣- تقدر تكلفة الطلاءات الغير سيانيدية بارتفاع حوالي ١٢-١٥٪ أعلى من العمليات الحالية القائمة على السيانيد, وهذه زيادة ليست كبيرة إذا أخذت القضايا البيئية في الاعتبار مثل تكاليف إعادة التدوير ومعالجة النفايات.

٧-١٤- التحدي الرئيسي لاستخدام البدائل الغير سيانيدية هو مواكبة الأسعار وانخفاض الاستقرار مقارنة بالانظمة المعتمدة على السيانيد التي لا تزال تستخدم بكثرة في صناعة المنتجات المعدنية, ومع ذلك فهي اصبحت محظورة بالفعل لجميع عمليات الانتاج، والمتطلبات البيئية المتزايدة بشكل واضح تفتح الطريق أمام بدائل افضل في طلاء المنتجات كهربيا.

التوصيات:

١. استخدم أنظمة خالية من السيانيد, وتقليل التصفية الى اقصى درجة.
٢. تجنب الطلاء بمعادن لها تأثير على البيئة والانسان مثل الكادميوم والكروم .
٣. استخدم أنظمة الغسيل بالماء بعد تدويرها ومعالجتها بدلا من الصرف.
٤. إعادة استخدام بعض محاليل العملية والمذيبات التي تم استردادها من أنظمة التحكم في تلوث الهواء.
٥. عدم استخدام المواد المؤثرة على طبقة الأوزون.
٦. معالجة الرواسب الطينية كملوثات خطرة, وإعادة استخدامها اذا أمكن، بشرط ألا يكون لها انبعاثات ضارة بالبيئة.

٨- أهم المراجع:

١- جان ماري بينت,عودة الوفاق بين الإنسان والطبيعة/ ترجمه. السيد محمد عثمان، عالم المعرفة، عدد (١٨٩)، مطابع السياسة، الكويت، سبتمبر (١٩٩٤م)، ص ٢١

٢- مجدي خليفة محمد, دكتور, معايير التصميم البيئي وعلاقته بالقدرة التنافسية للمنتج المصري, كلية الفنون التطبيقية، جامعة حلوان, رسالة دكتوراة، ٢٠١٦ م.

٣- غازي أحمد عامر, البيئة الصناعية تحسينها وطرق حمايتها, مطابع دار دجلة,العراق, ٢٠١٠م, ص٣٤-٣٩

4- Alan blair- silver plating-(2011) 78th Universal Metal Finishing Guidebook--Metal Finishing Magazine- Elsevier Inc.-USA-pp. 265-262

5- Alemr Brenner-(1991) Electrodepostion of Alloys V.I-New York- U.S.A-Academice press.Inc-pp.501

6- Arshad Husain1, Iram Javed2-(2014) Characterization and treatment of electroplating industry wastewater using Fenton's reagent-USA- Journal of Chemical and Pharmaceutical Research-pp.622-627

7- B. Ramesh Babu, S. Udaya Bhanu, and K. Seeni Meera- (2009) Waste Minimization in Electroplating Industries: A Review-Journal of Environmental Science and Health Part-Taylor & Francis Group, LLC. pp.155–177.

8- Chi–Hong Liao1, Frank Ernst2, and Uziel Landau1-(2012)An Environmentally Friendly Process for

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

Electroplating Copper on Zinc-The Electrochemical Society-USA-
9- Dennis J. Brown, Ph.D.- (27 January 1998) Characterizing Risk at Metal Finishing Facilities-Parsons Engineering Science, Inc.- Oakland--pp.2-5
10- Dr Jaqueline Homan- Dr Steven Sadhra- (2002) Development of a methodology to design and evaluate effective risk messages Electroplating Case Study- University of Birmingham for the Health and Safety Executive .
11- Dtrijevi´c, S.; Raj˘ci´c-Vujasinovi´c, M.; Truji´c, V.(2013) Non-cyanide electrolytes for gold plating-A review. Int. J. Electrochem. Sci.- pp. 6620–6646.
12- J.M.Mauskar-(2008) waste minimisation and ecofriendly electroplating processes- Central Pollution Control Board-India- pp.34-39
13- Leo Ronken, Gen Re, Cologne-(2019) Electroplating – Uncovering the Process, Risks and Underwriting Pitfalls-General Reinsurance AG 2019-pp.2-6
14- N.C. Rosero-Navarro, M. Curioni, Y. Castro, M. Aparicio, G.E. Thompson, -(2011)-, Glass-like Cerium containing sol-gel coatings for corrosion protection of aluminium and magnesium alloys, Surface & Coatings Technology.pp. 206, 257,264
15- N.V. Pathasoradhy –(1989) Practical Electroplating Handbook – New Jersey U.S.A.– Prentice – Hall Inc.
16- Pascal Négré *a, Fabiola Brusciotti b, Marta Brizuela Parrab, Alicia Duránc,
17- Silvana Dimitrijević1*, M. Rajčić-Vujasinović 2 , V. Trujić 1-(2013)- Non-Cyanide Electrolytes for Gold Plating – A Review- Int. J. Electrochem. Sci., Vol. 8, pp.6627-6642
18- W. J. mclay- f. p. reinhard-(2013) waste minimization and recovery technologies- 80th universal metal finishing guidebook-metal finishing magazine- elsevier inc.-usa-pp. 317-318
19- W. J. mclay- f. p. reinhard-(2014) waste minimization and recovery technologies- 80th Universal Metal Finishing Guidebook- Metal Finishing Magazine- Elsevier Inc. -USA-pp.595-614
20- Walter Giurlani 1, 2,- (2018)- Electroplating for Decorative Applications: Recent Trends in Research and Development- Coatings journal- pp.12-14.
21- Yolanda Castro Martínc, Laurence Hamond, Jacques Halute,-(2014) Ecoprot, Eco-friendly Corrosion Protecting Coating of Aluminium and Magnesium Alloys, an ECO Innovation Project- Paris – France- chemical engineering transactions- vol. 41, 2014
22- www.safeworkaustralia.gov.au

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License