تحسين مظهر سطح الحلي الذهبية ذات العيارات المنخفضة بالمعالجات الكيميائية والكهروكيميائية

improvement surface appearance of low Carat Gold jewelery with chemical and electrochemical treatment

أ. م. د/ محمد العوامي محمد

استاذ مساعد بقسم المنتجات المعدنية والحلي -كلية الفنون التطبيقية- جامعة بنها

Assist. Prof. Mohammed El awamy Mohammed

Assistant Professor-Metal Products and Jewelry department –Faculty of Applied Arts, Benha University

awamymohamed@yahoo.com

البحث

- اكتسبت تكنولوجيا معالجة الأسطح والإنهاء(التشطيب) في صناعة الحلي الذهبية والمجوهرات الحديثة معنى أوسع مما كانت عليه في الماضي حيث إنها لم تعد مجرد نتيجة لعملية التصنيع الأخيرة، ولكنها عملية مهمة ومتأصلة في صناعة الحلي، وتحددها عملية الإنتاج بأكملها. واصبحت المعالجة السطحية والإنهاء مرادفة للجودة.

- إن عملية معالجة أسطح الحلي الذهبية، تعد آخر خطوة في صناعة وإنتاج الحلي والمجوهرات، وتمنح معالجة السطح المنتج مظهره النهائي الذي يتلاءم مع التصميم، وذلك يحدد جودة منتج الحلي، وبالتالي هي العامل الأول في جذب انتباه المستخدم.

- هناك عدة حالات للمعالجات السطحية مثل التلميع والصقل، حيث يجب أن يكون للسطح درجة انعكاس عالية، والإثراء اللوني للسبائك وصناعة الملامسً بالترميل (السلع بالرمل) أو الحفر أو بالمطرقة..... وغيرها من العمليات، ويجب أن يعلم مصمم الحلي خيارات عمليات معالجة السطح والتشطيب عند تصميم نماذج جديدة، حيث إن المعالجة السطحية جزءًا لا يتجزأ من تصميم الحلي المجوهرات.

-لقد أصبحنا ندرك الآن أنه كلما زاد الاهتمام بجودة سطح الحلي الذهبية في كل خطوة من خطوات الإنتاج، ستكون عملية التشطيب النهائية أبسط وأقل تكلفةً للحصول على الجودة المطلوبة التي تلبي احتياجات السوق مع رضا المستخدم باعتباره العنصر الأهم والهدف النهائي لعمليات التصميم والإنتاج.

- عمليات التشطيب النهائية تعتمد على تقديم معلومات ونصائح عملية دقيقة يمكن استخدامها بسهولة من قبل صناع الذهب أو مهندسي الإنتاج وإذا استثنينا العمليات الأولية التي يتم تنفيذها لإعداد الحلي الذهبية للتشطيب، فهناك ثلاثة أنظمة أساسية للمعالجة والتشطيب تُستخدم في إنتاج الحلي والمجوهرات هي: -

- التشطيب الميكانيكي (عملية التلميع وغيرها من الملامس السطحية)
- المعالجة الكيميائية (باثراء وتنقية سطح السبائك)
- المعالجة الكهروكيميائية (الطلاء أو التلميع)

الكلمات المفتاحية

عيارات الذهب- معالجة السطح - التلميع الكهروكيميائي - تحسين السطح.

Abstract

- Surface treatment and finishing technology in the manufacture of golden jewelery has gained a broader meaning than in the past as it is no longer just a result of the recent manufacturing process, but an important and inherent process in the jewelery industry, and is determined by the entire production process. Surface and finish are synonymous with quality.
- The process of treatment gold jewelry surfaces, is the last step in the manufacture and production of golden jewelry, and the surface treatment gives product's final appearance that fits with the design, and that determines the quality of the jewelry product, and is therefore the first factor in attracting the user's attention.
- There are several cases of surface treatments such as polishing and electropolishing, where the surface must have a high degree of reflection, and the color enrichment of alloys and making Texture with sanding (sand blasting) or drilling or hammer ..... and other processes, and must know the jewelry designer process options Surface treatment and finishing when designing new models, as surface treatment is an integral part of jewelry ornaments design.
- We now realize that the greater the attention to the quality of the gold jewelery surface at each step of production, the finishing process will be simpler and less costly to obtain the required quality that meets the market needs with user satisfaction as the most important element and the ultimate goal of design and production processes.
- The final finishing process depends on providing accurate information and practical advice that can be easily used by gold makers or production engineers. If we exclude the initial processes that are carried out to prepare gold jewelery for finishing, there are three basic systems for processing and finishing used in the production of golden jewelery are: -
• Mechanical finishing (polishing and other surface texture)
• Chemical treatment (enrichment and purification of alloy surface)
• Electrochemical treatment (Electroplating and polishing)

Keywords:

Gold Carats -Surface treatment - Electropolishing- Surface Enrichment

المقدمة:

-يمكن تغيير خصائص الذهب النقي عن طريق خلطه مع معادن أخرى لتكوين السبائك لأنه معدن لين جدًا ويُخدش بسهولة ومرونتة عالية وغالبًا ما تكون السبائك أكثر صلابة ومفضلة لصناعة الحلي التي تستخدم لفترة طويلة، فمثلا عند إضافة النحاس إلى الذهب يعطي سبيكة ذات لون وردي كما ان اضافة النيكل، البلاتين أو البلاديوم يعطي اللون الأبيض للذهب.

لذلك استخدمت سبائك الذهب في العديد من التطبيقات لكثير من الصناعات مثل صناعة الحلي والمجوهرات وطب الأسنان والصناعات الالكترونية، وغيرها من المجالات التي يستخدم فيها الذهب لحماية الأسطح من التآكل وخاصة في الموصلات الكهربية).

ولأسباب اقتصادية أيضا، تم بذل جهد كبير لتقليل نسب الذهب في معظم هذه السبائك. مما أدى إلى إنتاج بعض السبائك ذات خصائص ضعيفة لتحمل العوامل البيئية المختلفة وهذا يؤثر على جودة مظهر السطح ونتيجة لذلك، أصبح إثراء سطح هذه السبائك الذهبية المنخفضة العيار موضوعًا مثيرًا للاهتمام في العديد من الأبحاث.

- لقد عرفت تقنيات معالجة الأسطح لزيادة القيم الجمالية (خاصة المعتمدة على اللون) للحلي الذهبية وغيرها من المنتجات المصنوعة من السبائك المحتوية على الذهب باسم عمليات الحصول على اللون الأصلي Depletion Gilding أو Mise en Couleur والأساس العلمي لهذه العملية يتضمن إزالة المعادن الثانوية مثل (النحاس والزنك والنيكل والفضة) من الطبقات السطحية لتتركها باللون الأصلي للذهب النقي.

-ومن الواضح أن هذه العملية تختلف اختلافًا كليا عن عمليات التذهيب الأخرى مثل الطلاء الكهربائي والطلاء بدون كهرباء والتقنيات القديمة مثل التذهيب بالحرق .....وغيرها من الأساليب الأخرى.

إن فقدان اللمعان والتآكل الناتج عن الإجهاد الميكانيكي لسبائك الذهب ومثل هذه الظواهر تحدث مشاكل في الحلي الذهبية وسبائك الذهب المجهزة للأسنان والأجهزة الإلكترونية.

هناك تغيرات مماثلة في تكوين السطح لتحسين اللون وانهاء الحلي الذهبية ذات العيارات وخاصة المنخفضة منها (وهي التي تحتوي على نسبة ذهب منخفضة مثل عيار 18 او 14 او 10 او 9)

-يتم معالجة وتشطيب الحلي الذهبية المصنوعة من سبائك الذهب المختلفة باستخدام عمليات التلوين الرطب والجاف Wet and Dry Colouring والتلميع بالأحماضbright acid dipping والغمر في الحمضpickling والمعالجة الكيميائية (القصف'bombing') بخليط من السيانيد والبيروكسيدcyanide/peroxide على الرغم من أن هذه العملية لا تحسن لون سطح الذهب في كل الأحوال.

-تعد العملية الأخيرة ذات خطورة واضحة بسبب وجود مادة السيانيد وتفاعلها مع ماء الأكسجين الطارد للحرارة وهناك عيوب أخرى كما سنرى لاحقًا. يبدو أن هناك القليل جدًا من المعلومات العملية المنشورة حديثًا أو المتوافرة بسهولة لمصنعي المجوهرات حول هذه العمليات. **(1)**

-لذلك، يجب أن نلاحظ أيضا أن مظهر سطح الحلي الذهبية يعتمد إلى حد كبير على عملية الإنهاء(التشطيب)، وتعد عملية التلميع هي الأكثر انتشارا في تحقيق المظهر المطلوب، وتشطيب الحلي المصنوعة من المعادن الثمينة يعتمد على درجة الانعكاس واللمعان والصقل كعمليات تخصصية بصرف النظر عن عمليات التشكيل.

-يجب على المنتجين دائمًا مراعاة احتياجات المستخدم وعليهم السعي لتحقيقها. هذا المبدأ يعني أنه يجب تنفيذ كل خطوة إنتاج بطريقة تحصل على أعلى جودة للمنتجات. كما يجب أن يقلل من إجمالي تكاليف الإنتاج، ولكن يصبح من الضروري عندما نريد الحصول على تشطيب مصقول لامع عدم التسامح مع أي عيب في سطح المنتج. **(2)**

مشكلة البحث

تتحدد مشكلة البحث في الحاجة إلى تحسين مظهر سطح الحلي الذهبية ذات العيار المنخفض للحصول على جودة السطح التي تلبي احتياجات السوق وجذب انتباه المستخدم.

أهداف البحث

- تحديد العوامل المؤثرة في تغيير مظهر سطح الحلي الذهبية ذات العيارات المنخفضة.

-تحديد أساليب الإثراء اللوني (بالإزالة) لمظهر سطح الحلي الذهبية ذات العيار المنخفض.

-استخدام العمليات الكهروكيميائية (بالإضافة) لتحسين مظهر السطح.

فروض البحث

إن معالجة الحلي الذهبية بالمحاليل الكيميائية قد يحسن مظهر السطح ويزيد من قيمتها الجمالية واستنادا إلى المنهج الوصفي التحليلي.

1- مكونات وخصائص الحلي ذات العيارات المنخفضة

أولا-أهم المعادن المضافة لسبائك الحلي ذات العيارات

تتكون سبائك الذهب المستخدمة في صناعة الحلي ذات العيارات من عدة معادن أهمها الذهب والنحاس والنيكل والفضة ..... وغيرها من المعادن.

1-1-الذهب

يعتبر الذهب النقي أحد المعادن الثمينة والنبيلة عنصر ناعم وأصفر ومقاوم للتآكل وهو الأكثر مرونة وممطولية بين معظم المعادن النبيلة أو الثمينة والذهب يتسابك مع العديد من المعادن لتحسين خواصه الميكانيكية.

يمكن للسبائك أن تبدل وتغير لون الذهب وصلادته، فكلما اختلطت المعادن مع الذهب، تقل درجة نقاء الذهب.

- يوجد الذهب في الطبيعة على شكل حبيبات داخل الصخور وفى قيعان الأنهار أو كعروق في باطن الأرض وغالبا ما يوجد الذهب مختلط بمعادن أخرى كالنحاس والرصاص.

- ويستخلص الذهب بطرق عديدة منها:

1-1-1- طريقة السيانيد " ذوبان الذهب ثم ترسيبه بالزنك ".

1-1-2- طريقة الملغمة " الاتصال بالزئبق ".

يتميز الذهب بخواص عديدة وفريدة وهي كالاتى: -

-من الخواص الطبيعية أنه معدن ذو لون اصفر كثافة الذهب 19.3جم/ سم3 مما يجعله من المعادن الثقيلة درجة انصهاره 1064 م ودرجة غليانه 2860 م موصل جيد جدا للحرارة والكهرباء

-ومن الخواص الكيميائية يعتبر الذهب من المعادن النبيلة أي لا يتأثر بالعديد من الأحماض والقلويات ولا يتأكسد في الهواء الجوى ويذوب الذهب في الماء الملكي وهو عبارة عن حمض هيدروكلوريك + حمض نيتريك بنسبة 3 : 1 وايونات الذهب في المحاليل الالكترولتيية تختزل سريعا مكونة راسب من معدن الذهب وذلك بإضافة اى معدن أخر كعامل مختزل مثل " الزنك " , وبالرغم من أن الذهب معدن ثقيل إلا أن الذهب النقي ليس له تأثير ضار على الصحة إلا أن الكميات الكبيرة من الذهب أو مركباته إذا ظلت داخل الجسم يكون لها تأثير سام كفعل المعادن الثقيلة , ويتأثر الذهب ويتفاعل مع بعض القلويات مثل سيانيد البوتاسيوم أو سيانيد الصوديوم مكونا سيانيد ذهب المستخدم تجاريا في عمليات الطلاء وعملية التشكيل بالترسيب .**(3)**

1-2-النحاس

يعد النحاس أول المعادن التي عرفها الإنسان واستعملها منذ عصور ما قبل التاريخ وذلك لإمكانية وجوده حرا في الطبيعة ومن أهم مركباته الموجودة في الطبيعة هي أكسيده الأحمر وكبريتيده المزدوج مع الحديد والمعروف باسم بيرايت النحاس copper purite(مركبات الكبريتيد) ويعد هذا من أهم خامات النحاس الموجودة في الطبيعة حيث يحتوي على 33% نحاس.

-النحاس خامة مفيدة للغاية لان له خواص طبيعية ممتازة لأنه معدن لامع له بريق معروف باللون الأحمر الوردي، وكثافة النحاس " الوزن النوعي " 8.96 جم /سم^3 , ودرجة انصهاره 1083 ^{5} م ودرجة غليانه 2360^5 م، ومن خواص النحاس المهمة أنه موصل جيد للحرارة والكهرباء ولا يفوقه من المعادن في ذلك سوى الفضة، وهو قابل للطرق والسحب والتشغيل الميكانيكي، ولكنه ذو خواص ميكانيكية منخفضة.

ويجب استخدام النحاس بعد تشغيله على البارد أو مخلوط بمعادن أخرى، ونتيجة لذلك هناك المئات من سبائك النحاس حيث قامت جمعية تطوير النحاس The Copper Development Association، بالتعاون مع الجمعية الأمريكية

للاختبارات والمواد American Society of Testing and Materials(ASTM)وجمعية مهندسي السيارات Society of Automotive Engineers، بتطوير العديد منها لتحديد أهم هذه السبائك.

ومن الخواص الكيميائية لا يتأكسد النحاس في الهواء الجاف ولكنه يتأكسد بسهولة في الهواء الرطب مكونا أكسيد النحاس الأحمر وعند تعرضه للهواء فترة طويلة تتكون عليه طبقة خضراء من كربونات النحاس المائية .

لا يتفاعل النحاس مع المحاليل القلوية ولكنه يتأثر بالأحماض المختلفة وخاصة حمض النيتريك المخفف والمركز وحمض الكبريتيك المركز الساخن.,يتفاعل النحاس مع كبريتيد الهيدروجين مكونا كبريتيد النحاس على السطح.

كذلك يتفاعل النحاس في الأكسجين الموجود في محلول الأمونيا ويمكن أن يسبب ذلك تآكلاً لمعدن النحاس. **(4)**

1-3-الفضة

يعد معدن الفضة أحد المعادن الثمينة والنبيلة ولكن أقل قيمة ونبلا من الذهب وتستخدم في صناعة سبائك الحلي الذهبية في جميع أنحاء العالم. لقد تم تقديره على مر العصور لمظهره الأبيض الفريد، ودرجة الانعكاس العالية وخصائص التشكيل الممتازة، الفضة كمعدن نقي هو الثاني بعد الذهب في المرونة والليونة. ويمكن استخدامه في تكوين معظم سبائك الذهب.

- توجد الكميات الأساسية من الفضة في الطبيعة على شكل الارجنتايت أو كبريتيد الفضة أو كلوريد الفضة وكذلك يمكن أن توجد الفضة النقية على شكل حبيبات مختلفة الحجم ويمكن الحصول على الفضة من مركباتها بطريقة السنيدة ويستخدم الفضة في العديد من أنواع الحلي وهي ليست مرتفعة الثمن مقارنة بالذهب أو البلاتين. **(5)**

ومن الخواص الطبيعية الفضة وهو معدن أبيض لامع، ودرجة انصهاره 961 م ودرجة غليانه 2180 مالكثافة 10,49 جم /سم3 وتعد الفضة موصلاً جيداً للحرارة والكهرباء حيث إنه يتمتع بأعلى درجة توصيل للكهرباء بمقارنة بكل المعادن الأخرى وحتى أعلى من النحاس إلا أنه غالى الثمن بالنسبة للنحاس.

ومن الخواص الكيميائية الفضة لا تتأكسد الفضة بفعل الهواء الجوى ولذلك لم نتمكن حتى الآن من الحصول على أكسيد الفضة بطريقة الأكسدة المباشرة ولا تتفاعل الفضة مع أحماض الكبريتيك والهيدروكلوريك وذلك لأن طبقة كلوريد الفضة التي تتكون في بداية التفاعل تقاوم فعل الحامض بعد ذلك وتذوب الفضة بسرعة في حامض النيتريك الساخن مكونا نيترات فضة وتصاعد غازي أول وثاني أكسيد النتيروجين.

-وهي ذات مقاومة للتآكل ولكنها تفقد لمعتها إذا تعرضت لمركبات تحتوي على كبريت وتتفاعل نترات الفضة مع هيدروكسيد الصوديوم مكونة راسب بنى من أكسيد الفضة وملح سيانيد الفضة والبوتاسيوم المعقد مستخدم في عمليات الطلاء الكهربي. **(3)**

1-4-النيكل

يوجد النيكل في الطبيعة متحدا مع الكبريت والزرنيخ والحديد والسيليكون والأنتيمون. ويستخلص النيكل من خاماته بتحميص هذه الخامات ثم اختزال الأكاسيد الناتجة بوساطة أول أوكسيد الكربون. أما عملية تنقية النيكل فتتم بطريقة التحليل الكهربائي.

ويتميز النيكل بخواص طبيعية عديدة منها النيكل وهو معدن أبيض فضي اللون وكثافته 8,9 جم /سم^{3}وهو يختلف عن المعادن غير الحديدية الأخرى بخاصيته الفرو مغناطيسية أي ينجذب للمغناطيس، ودرجة انصهاره 1455 [5] م ودرجة غليانه [5]3075 م، ومن خواص النيكل الهامة انه موصل جيد للحرارة والكهرباء وهو مقاوم أيضا لتأثير الحرارة عليه ولذلك يستعمل في صناعة السبائك.

ومن الخواص الكيميائية المهمة للنيكل مقاومته العالية للتآكل والصدأ ومقاومته للحرارة ولا يتأكسد النيكل في الهواء الجاف ويتأثر قليلا في الهواء الرطب؛ ولذلك يستعمل ـ كثيرا في الطلاء الكهربائي للمعادن. والنيكل يذوب بسهولة في الأحماض ولكنه لا يتفاعل مع القلويات، يشبه النيكل في خواصه الكيميائية الحديد والكوبلت وهو عادة ثنائي التكافؤ وتعد مركبات النيكل الثلاثية التكافؤ عوامل مؤكسدة قوية.

1-5-الزنك

الزنك، كمعدن نقي، له عدد قليل من التطبيقات بسبب خواصه الميكانيكية الضعيفة نسبياو الزنك غير المخلوط أكبر استخدام له في تطبيق الطلاء بالزنك (عملية الجلفنة) لحماية المعادن وخاصة الحديد من الصدأ والتآكل.

أهم خامات الزنك الموجودة في الطبيعة هى (كبريتيد الزنك ZnS) و (كربونات الزنك ZnCO3). **(4)**

-الخواص الطبيعية للزنك معدن أبيض مائل إلى الزرقة مقطعه بلوري، وكثافته حوالي (7.1) وينصهر عند (420.م) ويغلى عند (906.م).

-ومن خواص الزنك الكيميائية أنه لا يتأكسد في الهواء الجاف البارد، ولكنه يصدأ في الهواء الرطب مكونا طبقة رقيقة واقية من كربونات الزنك القاعدى تلتصق بالمعدن التصاقا تاما وتمنعه من التأكسد المستمر ولهذا السبب يستخدم الزنك في طلاءألواح الصلب لحمايتها من الصدأ، ويذوب الزنك في الأحماض المخففة فينتج غاز الهيدروجين، كما أنه يتأثر بالمحاليل القلوية الساخنة فينتج غاز الهيدروجين أيضا.

ثانيا: -خصائص الحلي ذات العيارات المنخفضة

إن نقاء الذهب يقاس بالقيراط. حيث إن الذهب الخالص (٪99.9) 24 قيراطاً والسبيكة المحتوية على75 ٪ تسمى 18 قيراطاً من الذهب، لذا يعتمد نقاء وقيمة سبائك الذهب على النسبة بين الذهب الخالص إلى المعادن الأخرى كما يتم التعبير عن مقياس نقاء الذهب على أنه قيراط أو عيار (karat واختصارKt, k) في الولايات المتحدة وفي بريطانيا العظمى يكون ايضا قيراط (carat واختصار c أو ct)، ولكن يشير المصطلح قيراط أيضًا إلى نظام منفصل تمامًا يستخدم لوزن الأحجار الكريمة الثمينة. قيراط واحد يساوي 0.2 جرام.

في نظام القيراط، يتم قياس نقاء الذهب في أربع وعشرين جزء، حيث ان الذهب النقي (100% نقاء تقريبا) يطلق عليه 24 قيراطاً والسبيكة التي تحتوي على 75 % ذهب، تسمى 18 قيراطاً والسبيكة المحتوية على 37.5 ٪ تسمى 9قيراطاً.

ويمكن التعبير عن نقاء المعادن الثمينة بأجزاء من الألف، وهو النظام الدولي المستخدم في معظم البلدان، مما يجعل الذهب الخالص 1000 جزء من الجرام و18 قيراطاً يساوي 750 جزءاً. وبالتالي يمكن ختم الذهب الخالص إما 24 قيراطاً أو 1000جزء. يقدم موردو الذهب مجموعة واسعة من السبائك، والعيلرات، لتلبية احتياجات المحددة لعمليات مثل الصب أو التشكيل وغيرها..

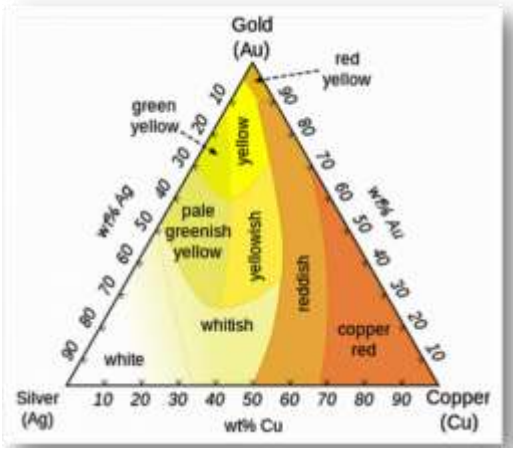
-في حين أنه قد يكون هناك نقص في تحديد مكونات السبائك، إلا أنها تعد بمثابة إشادة بالمهارات في صناعة الحلي الذهبية التي استخدمت مجموعة كبيرة من السبائك بطريقة مرضية. ومع ذلك، لا يترتب على ذلك أن جميع مكونات السبائك المتاحة حاليًا مرضية بنفس القدر فإن السبائك التي صيغت أصلاً عن طريق التجريب في عمليات التشكيل اللدن ستكون مناسبة أيضًا للاستخدام في التشكيل بالصب(السباكة).

ولذلك يجب أن تفي سبائك الحلي الذهبية وخاصة المجهزة للصب بالمتطلبات التالية:

(أ) سيولة عالية لملء القوالب المعقدة والمساحات الدقيقة.

(ب) أن يكون نطاق الانصهار ضمن قدرة تقنيات الصهر والصب التقليدية وتكون درجة انصهار عالية بما فيه الكفاية للسماح للحام في مرحلة لاحقة.

(ج)طبيعة ودقة التركيب البللوري لتجنب التشوه الساخن وعدم التعرض لآثار الشوائب الضارة أثناء التصلب ولتقليل القشور التي تظهر على الأسطح المصقولة أثناء التلميع.



شكل (1) مخطط لانظمة سبائك الذهب والفضة والنحاس الثلاثية

Diagram of the Au–Ag–Cu ternary system

(د)تقنيات الصهر والصب، ومع ذلك عالية بما فيه الكفاية للسماح لحام في مرحلة لاحقة

(ه) ذات صلادة ولدونة كافية، ملائمة لعمليات التشكيل التالية للصب.

(و) التخلص من طبقات الأكسيد التي يمكن أن تنتج مسبوكات معيبة وتضعف قابلية اللحام.

(ز) خفض نسب العناصر الضعيفة من أجل تقليل فقد المعادن وتطبيق المينا بسهولة.

(ح) لون جيد ولمعان عالي. **(6)**

شكل (2) بعض ألوان سبائك الذهب

1-6- حلي الذهب عيار 18

الذهب عيار 18قيراطاً هو معيار دولي للحلي الذهبية المتميزة، وهذه السبائك تحتوي على75 % ذهب نقي ولها خصائص مميزة في التشغيل، وهي تتكون من 18 جزءاً من الذهب وزنا و6 أجزاء من المعادن الأخرى، مما يجعلها تقترب من لون الذهب الخالص ذوالمظهر المميز {جدول (1)}، وهي ذات زيادة صلادة عالية ومتانة جعلتها سهلة التشكيل من خلال صناعة صب مصهر المعادن (السباكة). (جدول 2)

Type	Gold % wt	Silver %	Copper %	اللون
22 ct	91.6	8.4	-	Yellow
	91.6	5.5	2.8	Yellow
	91.6	3.2	5.1	Deep yellow
	91.6	-	8.4	Pink/rose
18 ct	75.0	25.0	-	Green-yellow
	75.0	16.0	9.0	Pale yellow, 2N
	75.0	12.5	12.5	Yellow, 3N
	75.0	9.0	16.0	Pink, 4N
	75.0	4.5	20.5	Red, 5N
14 ct	58.5	41.5	-	Pale green
	58.5	30.0	11.5	Yellow
	58.5	9.0	32.5	Red
9 ct	37.5	62.5	-	White
	37.5	55.0	7.5	Pale yellow
	37.5	42.5	20.0	Yellow
	37.5	31.25	31.25	Rich yellow
	37.5	20.0	42.5	Pink
	37.5	7.5	55.0	Red

جدول (1) تأثير إضافات كل من الفضة والنحاس على لون سبائك الذهب

Carat	Composition %		Colour	Density g/cm3	Melting Range °C
	Silver	Copper			
24	-	-	Yellow	19.32	1064
22	5.5	2.8	Yellow	17.9	995-1020
	3.2	5.1	Dark yellow	17.8	964-982
21	4.5	8.0	Yellow-pink	16.8	940-964
	1.75	10.75	Pink	16.8	928-952
	-	12.5	Red	16.7	926-940
18	16.0	9.0	Pale yellow	15.6	895-920
	12.5	12.5	Yellow	15.45	885-895
	9.0	16.0	Pink	15.3	880-885
	4.5	20.0	Red	15.15	890-895

جدول (2) الخصائص الفيزيائية لسبائك الذهب الأساسية

التكوين الدقيق ونسب مكونات المعادن الاخرى يحدد كل من اللون والخصائص المطلوبة. (انظر الفيزيائية والميكانيكية خصائص سبائك الذهب 18 قيراطاً في (جدول 3 و4).

Composition, wt%			Hardness, HV		Elongation, %	
Gold	Silver	Copper	Annealed	Cold worked	Annealed	c.w.
75	25	-	36	98	36.1	2.6
75	21.4	3.6	68	144	39.3	3.0
75	16.7	8.3	102	184	42.5	3.2
75	12.5	12.5	110	192	44.8	3.3
75	8.3	16.7	129	206	47.0	2.6
75	3.6	21.4	132	216	42.0	1.5
75	-	25	115	214	41.5	1.4

جدول (3) الخصائص الميكانيكية لسبائك الذهب (عيار18)

Composition %, wt		Colour	Condition	Hardness HV	Tensile Strength N/mm2
Silver	Copper				
12.5	12.5	Yellow	Annealed, quenched	150	520
			Aged	230	750
4.5	20.5	Red	Annealed, quenched	165	550
			Aged	325	950

جدول (4) تأثير المعالجة الحرارية على سبائك الذهب (عيار18)

الفضة والنحاس هي المعادن الأساسية المضافة لصنع سبائك 18 قيراطاً. عندما يكون هناك نسبة أكبر من الفضة، تنتج سبيكة ذهبية لينة وذات لون أخضر، والذهب الأحمر عبارة عن سبائك تحتوي على نسبة أكبر من النحاس الذي يزيد من الصلادة، السبيكة عيار 18 قيراطاً التي تحتوي على كمية متساوية من الفضة والنحاس ذات لون أصفر وعملي جدا ومثالي لمعظم تطبيقات صناعة الحلي الذهبية وكميات صغيرة من الزنك تضاف أحيانا إلى الذهب عيار18 قيراطاً من أجل خفض درجة الانصهار.

1-7- حلي الذهب عيار (9و 10 و14)

في الولايات المتحدة، معظم الحلي الذهبية هي 14قيراطاً، 14 قيراطاً من الذهب الخالص أي 58,333 %. مؤتمر حولت هذا الرقم إلى أكثر قابلية للإدارة وأرق قليلا من الذهب 58 في المئة، والتي يمكن أيضا التعبير عنها كما .585، أو 1000/585 نقية. هذه الجودة مختومة 14قيراط في الولايات المتحدة، وغالبا 585 في أوروبا. المتبقي يتكون 41 في المائة عادة من الفضة والنحاس. كما في جدول (5 و6)

الذهب عيار 14 قيراطاً أصلد من عيار18 قيراطاً وأكثر استخداما في صناعة الحلي بالرغم من أنه ذو لون باهت. إن زيادة نسبة النحاس في سبائك k14 تعطي اللون الأحمر سيكون (انظر الخصائص الفيزيائية والميكانيكية لسبائك الذهب k14 في الملحق). وكذلك، كلما زادت نسبة الفضة في السبيكة يصبح اللون أخضراً وتحتاج معظم سائك 14 قيراطاً إلى عدد مرات تخمير أكثر من الذهب عيار 18 قيراطاً.

ومعظم السبائك عيار 14 ذات مقاومة ضعيفة لفقدان اللمعان أكثر من سبائك الذهب الأخرى وهو أيضا أقل كثافة، بالاضافة إلى أن الذهب عيار 14 يعد أقل سعرا من عيار 18 لأنه يحتوي على نسبة ذهب أقل. **(5)**

	Gold	Pd	Ag	Cu	Zn	Ni	Hardn Hv	Liq, °C
14ct	58.3	20	6	14.5	1	-	160	1095
	58.5	5	32.5	3	1	-	100	1100
10ct	41.7	28	8.4	20.5	1.4	-	160	1095
9ct	37.5	-	52	4.9	4.2	1.4	85	940

جدول (5) خصائص سبائك الذهب عيار (14-10-9)

	Gold, % wt	Copper, % wt	Nickel, % wt	Zinc, % wt	Hardness Hv	Liquidus °C
14ct	58.5	22.0	12.0	7.4	150	995
10ct	41.7	32.8	17.1	8.4	145	1085
9ct	37.5	40.0	10.5	12.0	130	1040

جدول (6) درجات الصلادة والانصهار لسبائك الذهب عيار (14-10-9)

- تعتمد معظم السبائك التجارية لحلي الذهب عيار 10على معادن الذهب والنيكل والزنك والنحاس وغالبا ما يضاف الأخير لتحسين الصلادة والقدرة على التحمل، وبالطبع تؤثر هذه الإضافة من النحاس على اللون، وخاصة في حالة سبائك الذهب الأبيض حيث إنها لاتعطي لوناً ابيضاً مميزاً ولكنه مائل للأصفر / البني، خاصة إذا كانت نسبة النيكل منخفضة في السبيكة. ونتيجة لذلك، يتم عادةً طلاء هذه الحلي المصنوعة من الذهب الأبيض بالروديوم والذي له مقاومة عالية لفقدان اللمعان وذو لون أبيض مميز.

-على الرغم من أن الحلي الذهبية عيار9 المكونة من الذهب والفضة والنحاس والزنك قد استخدمت لفترة طويلة جدا لصب الحلي، إلا أنه تتوافر معلومات قليلة نسبيا عن نسب مكونات السبيكة المحددة في الاستخدام العام ووظائف عناصرها. في حين أن نسبة الذهب محددة وهي 37,5 % وذلك طبقا للحد الأدنى وبموجب القانون والجوانب الاقتصادية.

قد تختلف النسب التي تُستخدم في صناعة السبائك المخصصة للحلي الذهبية، وكانت صياغة السبائك في كثير من الأحيان في أيدي عدد صغير من كبار منتجي السبائك للحلي الذهبية والذين ابتكروا تركيباتهم الخاصة، ولم يكن هناك حافز كبير لتقليل نسب الذهب في السبيكة ولا توجد معايير تحليلية أو أداء لسبائك الذهب مثل تلك الموجودة في السبائك المعدنية الأساسية المستخدمة في الصناعة. **(6)**

2-العوامل المؤثرة في مظهر سطح الحلي الذهبية ذات العيارات المنخفضة.

تتميز العديد من السبائك بخصائص اقتصادية وفي الأداء، حيث إن تكوين السبائك دالة على التكاليف والخصائص النسبية للعناصر المكونة فنجد أن الصلب المقاوم للصدأ أحد الأمثلة على ذلك حيث يحمي الكروم السبيكة من التآكل في حين أن وجود الحديد يعطي سبيكة خصائص ميكانيكية مناسبة.

ومع ذلك، في بعض البيئات قد تفشل السبائك في الأداء وتعاني العديد من السبائك من التآكل الموضعي في الوسائط الكلورية مثل مياه البحر.

سبائك الذهب لديها العديد من التطبيقات التي منها صناعة الحلي والمجوهرات ولأسباب اقتصادية بذلت جهوداً كبيرة في السنوات الماضية لخفض نسبة الذهب في هذه السبائك مع الحفاظ على الخصائص الفريدة لها.

ومع ذلك، فقد ثبت أن عددًا من السبائك منخفضة نسب الذهب حساسة لفقدان اللمعان والذي يتطور إلى التآكل المصاحب في سطح السبيكة.

وعندما تحتوي هذه السبائك على نسب كبيرة من الفضة أو النحاس، غالبًا ما يتم ملاحظة فقدان اللمعان وخاصة في البيئات المحتوية على الكبريتيد، ان فقدان لمعان سبائك الذهب المنخفضة العيار (ذات نسبة 30% ذهب) وبنسب مختلفة من الفضة والنحاس والزنك.

لذلك فإن ظاهرة الانحلال الانتقائي للنحاس والزنك من السبائك هي المحدد الرئيس لحدوث أو عدم وجود تشويه لهذه السبائك. وعملية الذوبان الانتقائي من سبائك الذهب المنخفضة يحدث أثناء الغمر في بعض المحاليل شبه المتعادلة (pH = 5-7) في وجود الهواء.

لذلك فمن أهم العوامل المؤثرة في مظهر سطح سبائك الحلي الذهبية ما يلي: -

2-1-عوامل بيئية وكيميائية.

-التعرض للبيئات المحتوية على الكبريت.

-التعرض لأملاح اليوريا وكلوريد الصوديوم والبوتاسيوم والامونيا والناتجة في عرق(Sweat) المستخدم.

-التعرض لبعض الملاح والاحماض في محاليل التنظيف.

-التعرض في بعض المعامل لمعدن الزئبق الذي يؤثر بالتآكل للمشغولات الذهبية.

2-2-طبيعة تكوين السبيكة.

-حيث إن وجود نسب كبيرة من معادن مثل النحاس والفضة يؤدي الى سرعة فقدان لمعان سبائك الذهب وذلك لأن هذه المعادن سريعة التأثر بالمواد الموجودة في الهواء الجوي والبيئات المحيطة بها مثل كبريتيد الهيدروجين.

2-3-عمليات الإنتاج والعوامل ميكانيكية.

-حيث ان الاحتكاك بين المشغولات الذهبية والأجسام الصلبة مثل (مقابض الأبواب والإثاث وغيرها) يؤدي إلى حدوث التآكل والتشوه لسطح هذه السبائك.

-الآثار الناتجة عن عمليات تشكيل ووصل ولحام أجزاء الحلي الذهبية وما لها من تغير في لون السبيكة إلى ألوان غير مرغوب فيها. (7)

3-سبائك الذهب وسلوكها في عمليات معالجة السطح

لا توجد علاقات محددة بين المعايرة وتكوين سبائك الذهب وسلوكها في عمليات المعالجة والتشطيب، على الرغم من وجود كثير من الاختلافات المعتمدة على الحالة الميتالورجية لتشكيل السبيكة (التشكيل بالصبcast ، التشكيل اللدن أو التشكيل بالترسيب الكهربي المعالج حرارياelectroformed annealed والتشكيل الصلد work-hardened أو المتصلد بالزمن age-hardened... وغيرها). الذهب النقي المعالج حراريا عيار 24 قيراطًا لين جدا، ويمكن تلميعه بشكل مختلف عن الذهب عيار 18 قيراطاً الصلد، حيث إن تلميع المعادن الصلدة أفضل من المعادن اللينة في كثير من الأحوال.

- ولكن في حالة التلميع الكهروكيميائي هناك اعتبارات كهربية خاصة يجب تحديدها وتعديلها لكل سبيكة للحصول على أفضل النتائج، وفي حالة التشطيب الميكانيكي، يجب أن نأخذ بعين الاعتبار الخصائص الميكانيكية الخاصة (مثل الصلادة والمسامية) لكل سبيكة والتي تؤثر على سلوك التشطيب.

في التشطيب اليدوي، يجب تكييف ضغط اليدين مع صلادة القطعة، بينما من المهم في آلات التشطيب الآلية أن تكون الماكينات مجهزة بالتحكم بدون خطوات في معدلات العمل (معدل الدوران، تردد الاهتزاز، وغيرها)، من المهم اختيار أفضل الظروف العملية للخصائص الميكانيكية للمنتجات التي يتم تشطيبها وتجنب الظروف التي يمكن أن تسبب لها الأضرار.

في حالة المعالجات الكيميائية الآلية وخاصة عند استخدام المحاليل الحمضية القوية، يمكن أن تظهر الحلي الذهبية ذات العيارات المنخفضة بعضًا من التغير في اللون الناتج عن الانحلال الانتقائي لبعض عناصر هذه السبائك. وفي بعض الحالات، لا سيما عند وجود اجهادات داخلية، يمكن أن تتشكل نقاط بدء التآكل الحبيبي، ولكن هذه الظاهرة تكون أكثر شيوعًا في طبقة سطحية رقيقة للغاية، ويمكن إعادة اللون الأصلي مع استخدام معالجة بسيطة يدوية بفرشة التلميع. أو المعالجة بالطلاء الكهربائي لتحسين اللون.

- يمكن أن تؤثر العيوب الموجودة في سبائك الحلي الذهبية على عملية الإنهاء(التشطيب):

حيث إن استخدام المشغولات الذهبية القديمة والمؤكسدة والتي بها بعض الملوثات، وحتى من الشوائب المعدنية الموجودة في بعض سبائك الذهب يمكن أن تؤدي إلى مسامية في السبائك المصبوبة وأيضًا إلى ضعف السطح وقد يكون من الصعب جدًا، إن لم يكن مستحيلًا، التخلص منها.

لذلك فإن نظافة السبيكة مهم جدا حيث يمكن أن تؤدي سبائك الذهب الملوثة إلى عيوب التحبيب المعروفة على السطح المصقول في عملية التلميع الميكانيكي.

فقدان اللمعان والتآكل الكيميائي والإجهاد التآكلي الميكانيكي لسبائك الذهب والظواهر المماثلة تحدث مشاكل سطحية عند حدوثها في الحلي الذهبية وسبائك الذهب للأسنان والأجهزة الإلكترونية. ومع ذلك، يتم التخلص منها بالتذهيب والتشطيب، ولا يزال هناك الكثير غير معروف عن هذه الظواهر. **(8)**

3-1-مقاومة فقدان اللمعان Tarnish Resistance

إن تقييم التآكل ومعدلات التآكل المسبب لفقدان اللمعان

حتى وقت قريب كان نسبياً وبشكل ذاتي. ومع ذلك، يمكن تقييمها كميًا، كتغيير لون بواسطة جهازالقياس الطيفي (spectrophotometer) من حيث إحداثيات اللون للعينات المختبرة.

3-2-طبقات أكسيد السطح

إن الذهب النقي لا يتغير لونه في الهواء، ولكن بعض المعادن المضافة لعمل السبائك الذهبية ذات مقاومة ضعيفة لبعض المواد الكيميائية المؤثرة على اللون، وهذا التغير في اللون ليس سوى طبقة سطحية ولها سمك محدود، وقد يمكن أن تؤدي إلى تلف جزئي للمشغولات عند استخدامها في التطبيقات، وعند تكوين الأكسدة السطحية على السبائك أثناء المعالجة الحرارية فإن المعالجة المفضلة للمنتج هي التلميع والصقل.

-إن مركبات الكبريت مثل (كبريتيد البوتاسيوم) يمكن استخدامها في تلوين سبائك الذهب اللون تحتوي على نسبة كبيرة من النحاس (18قيراطاً أو أقل)، ومجموعة من الألوان متفاوتة من البني إلى الأسود يمكن الحصول عليها. **(9)**

3-3-التآكل الكيميائي

يمكن أن يحدث تآكل السبائك الذهبية ذات العيارات نتيجة الغمر في مياه البحر أو المياه المضاف اليها الكلور أو غيرها من الوسائط الكيميائية المسببة للتآكل، وعادة ما يتم الهجوم الانتقائي على مكونات السبائك الأقل نبلا والتي تعد أحد المميزات لأنها تنقي سبائك الذهب من المعادن الأقل نبلا وتترك السطح غني بالذهب النقي بلونه الأصفر. **(10)**.

4-طرق تحسين مظهر سطح الحلي ذات العيارات

تعرف عملية الانهاء"التشطيب" لتحسين المظهر على أنها إضفاء جودة السطح المطلوبة على المنتج النهائي من الحلي الذهبية، سواء كان ذلك تلميعًا براقا أو ملمسا أو لونًا أو خاصية كيميائية أو ميكانيكية أو بإزالة العيوب السطحية التي في أغلب الأحيان، تتمركز حول جودة التلميع وإزالة عيوب السطح.

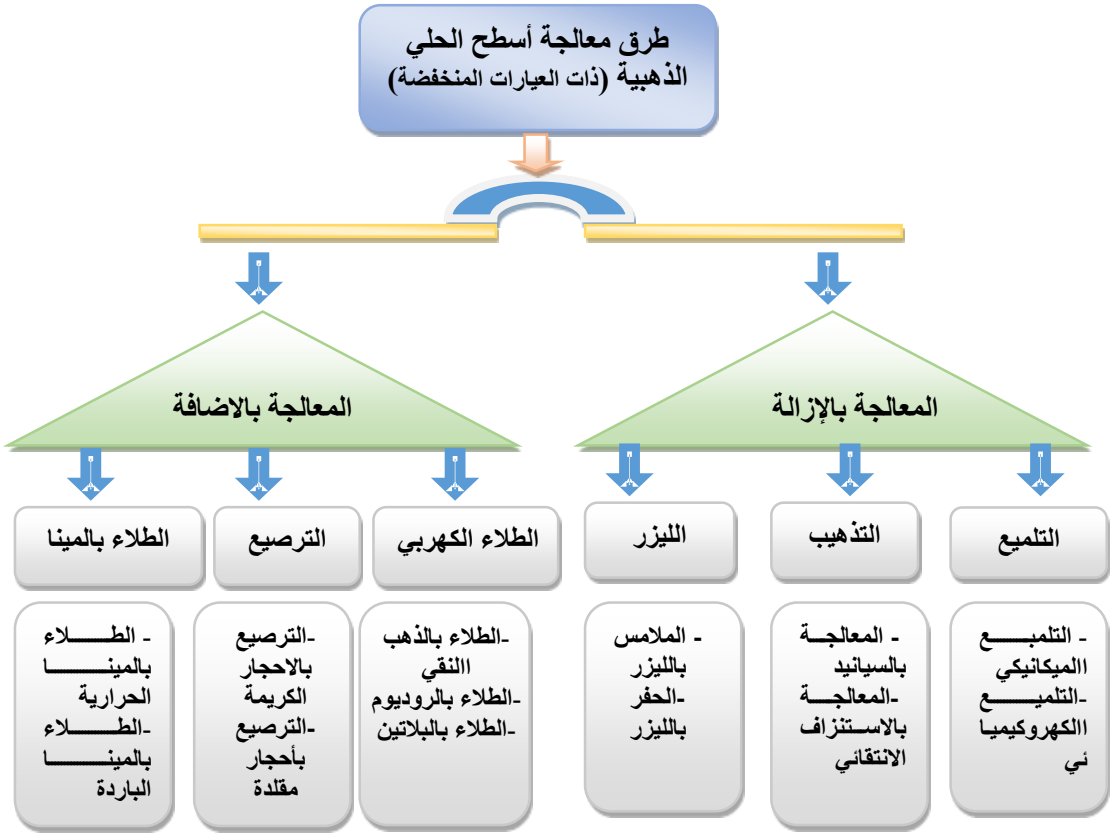
- التذهيب:Gilding يغطي هذا المصطلح عدة تقنيات لتطبيق طبقات الذهب أو مسحوق الذهب على الأسطح الصلبة، من أجل الحصول على طبقة رقيقة من هذا المعدن على المنتجات، وتوجد عدة طرق للتذهيب، بما في ذلك التطبيقات اليدوية، والتذهيب الكيميائي والطلاء بالكهرباء. وهذه طرق لإضافة طبقة الذهب، والتي تعمل عن طريق ترسيب الذهب على سطح المنتجات المصنوعة عادة من معادن أقل قيمة.

ومن بين أساليب التذهيب، بعضها قديم جدًا. مثل التذهيب بالنيران على المعادن والخزف ويعود إلى القرن الرابع قبل الميلاد، التذهيب بالنار هو عملية يتم فيها استخدام مزيج من الذهب والزئبق على الأسطح المعدنية. يتم إشعال النار في الأجسام ويتطاير الزئبق، تاركًا فيلمًا من الذهب على السطح.

-إلى جانب التذهيب الذي تم الحصول عليه من خلال تقنيات الإضافة المذكورة أعلاه، ويجد أيضًا عملية التذهيب بالإزالة. في هذه العملية، تتم إزالة بعض الخامات من السطح لزيادة نقاء الذهب، يمكن تطبيق إجراء التذهيب هذا فقط على المنتجات المصنوعة من سبائك الذهب، وعادة ما يكون الذهب مخلوطاً بالنحاس أو الفضة. يتم إجراء التذهيب عن طريق إزالة هذه المعادن، كما يتم استبعاد هذه المعادن بعيدا عن السطح عن طريق استخدام بعض الأحماض أو الأملاح، وغالبا ما يتم ذلك باستخدام الحرارة.

- وهناك نوعان من التذهيب هما التذهيب بالإضافة مثل الطلاء الكهربي والتذهيب بالإزالة مثل الاستنزاف الانتقائي بالإزالة (**Depletion gilding**) ويعتمد التذهيب بالإزالة على خاصية مقاومة الذهب للأكسدة أو التآكل بواسطة معظم المواد الكيميائية، في حين أن العديد من المعادن الأخرى، مثل النحاس والفضة والنيكل والزنك، ليست كذلك، ويوضح شكل (3) مخطط تصنيف عمليات معالجة أسطح الحلي الذهبية.

لذلك، يمكن غمر سبيكة من الذهب بالنحاس والفضة، في حمض مناسب أو في ملح، يهاجم النحاس والفضة في سطح المنتج. يعمل الحمض أو الملح على تحويل هذه المعادن إلى بعض مركباتها والتي يمكن إزالتها من سطح المنتج بالغسيل أو التسخين، أو باستخدام مسحوق أكسيد الألومنيوم. ونتيجة لذلك طبقة رقيقة من الذهب الخالص تقريبًا على سطح المنتج. غالبًا ما يكون من الضروري تكرار هذه العملية عدة مرات، مما يجعل السطح الناتج ناعمًا وأسفنجيًا بمظهر باهت. لهذا السبب، فإن معظم المنتجات المذهبة بالإزالة يجب تلميعها لجعل أسطحها أكثر صلادة ومنحها مظهرًا مصقولًا أكثر جاذبية. **(1)**



شكل (3) طرق معالجة أسطح الحلي الذهبية (ذات العيارات المنخفضة)

4-1-المعالجات الميكانيكية

-مما لا شك فيه أن الأنظمة الميكانيكية تعتبر من أكثر العمليات استخدامًا في صناعة ومعالجة سطح الحلي الذهبية سواء كان ذلك يدويًا بواسطة الفنيين المهرة، كما في الشكل (4) أو عن طريق الماكينات. والفرق الرئيسي بين الطريقتين هو أنه في التشطيب اليدوي، يتم معالجة المشغولات الذهبية كل على حدة، واحدة تلو الأخرى، بينما في العمليات الميكانيكية الآلية يتم تشغيل العديد من الأجزاء في وقت واحد.

-إذا أخذنا في الاعتبار المراحل المتعددة التي يمر بها تصنيع الحلي الذهبية، فإن التشطيب هو المرحلة التي تتطلب خبرات ومهارات مميزة للفنيين، ولكن هذه المراحل يجب أن تمحو كل منها الآثار التي خلفتها المرحلة السابقة حتى يتم الحصول على مظهر السطح المطلوب في التصميم المحدد.

شكل (4) التلميع اليدوي وأدواته

-في حالة التلميع الميكانيكي، يتم تنفيذ عمليات التشطيب في معدات محددة، مثل براميل التشطيب كما بالشكل (4)، حيث يمكن معالجة العديد من مشغولات الحلي في دفعة واحدة. وهي ليست عملية تلقائية، لأن المشغولات تدخل في العديد من العمليات، واختيار ما يناسب كل عملية من وسائط للتشطيب كما بالشكل (5)، ومراقبة دورات التشغيل، ونقل قطع الحلي من خطوة تشطيب إلى الخطوة اللاحقة بعد الغسيل، وفي السنوات الأخيرة، يتم استخدام التشطيب الميكانيكي على نطاق واسع في الحلي الذهبية **لسببين رئيسين هما: -**

4-1-1- يمكن تقليل القوى العاملة اللازمة لعملية التشطيب إلى حد كبير.

4-1-2- تقليل التكاليف اللازمة للإنتاج، ويمكن إنتاج الحلي الجاهزة عالية الجودة باستمرار.

شكل (4) براميل التشطيب ووسائط وأدوات التشغيل.

ومع ذلك، يجب أن نضع في اعتبارنا أنه لا توجد دورة واحدة لعملية التشطيب الميكانيكي الآلية التي يمكن استخدامها لكل نوع من الحلي يعد ضبط دورة التشطيب ضروريًا دائمًا وفقًا لنوع هذه المنتجات الذهبية.

-للتلميع الأمثل، يجب إجراء تعديل وتطوير العملية بالتعاون مع مصانع متخصصة لإنتاج لمعدات ومواد التشطيب، لأنه لا تتوافر الخبرات اللازمة داخل هذه المصانع. لذلك يجب في المرحلة الأولى على الأقل من إعداد دورة العملية واختيار المعدات المطلوبة، وعند تحديد أفضل دورة نهائية لتشطيب الحلي يمكن تحديد التكلفة المطلوبة وبالتالي تقدير التقليل المتوقع لهذه التكلفة. في هذه المرحلة فقط، وهكذا يُمكن أن نقرر هل من المفيد استخدام التشطيب الميكانيكي أو من الأفضل البقاء مع التشطيب اليدوي. **(2)**

4-2- المعالجة بالليزر

تعد عملية المعالجة والتلوين باستخدام أشعة الليزر أحد العمليات المتطورة في إنهاء الأسطح المعدنية وخاصة الحلي الذهبية حيث تعتمد على تأثير أشعة الليزر في سطح المشغولات أوأجزاء منه للحصول على مظهر متميز من حيث اللون والملمس في مساحات محددة من السطح وهي تستخدم كثيراً في الكتابات ووضع العلامات التجارية لبعض المنتجات مثل الكتابة والنقش والحفر على الدبل والأساور بطريقة أكثر دقة باستخدام ماكينات الليزر للكتابة والحفر على الذهب كما يمكنك حفر الحروف ونقشها على الدبل او الخواتم المميزة بأفكار مميزة وتصميمات مبتكرة.

وتتم هذه المعالجات من خلال برامج خاصة يسهل بها تنفيذ التصميمات بإبداع وتطور والاستغناء عن المعالجة اليدوية التي تكون أحيانا غير دقيقة وليس بقوة حفر الليزر ولا بنفس المواصفات و الجودة في معالجة الأسطح الذهبية .

-تتميز **ماكينات الليزر في معالجة أسطح الحلي الذهبية** بسهولة الاستخدام والدقة المميزة التي غالبا لايمتلكها العديد من الفنيين ذوي الخبرات في تشغيل ومعالجة المشغولات الذهبية حيث انماكينات الليزربها جهاز لوحي يتيح نقل الكتابة بخط اليد إلى **ماكينة الليزر** بكل سهولة وإضافته إلى المشغولات ليضيف إليها لمسة مميزة.

ماكينات المعالجة بالليزر توفر الكثير من الوقت والمجهود والانتظار للعمل اليدوى الذي لايكون بنفس دقة وتقنية المعالجة بالليزر حيث انها أفضل من الأعمال اليدوية ولايوجد بها نسبة اخطاء مثلما يكون في العمل اليدوى.

وتتميز عملية المعالجة بالليزربعدة خصائص منها: -

- إمكانية معالجة مساحات معينة في سطح المنتج دون الحاجة لإجراء عملية العزل.

-قد يصل عمق المعالجة بالحفر من 0.1مم إلى 10 مم.

-قلة التكلفة وخاصة في الإنتاج الكمي.

أما عن أهم عيوبها فتتمثل في: -

-قد يحدث تشوه لسطح المنتج أثناء العملية.

-لا تصلح لمعظم المعادن. **(10)**

4-3-المعالجات الكيميائية

يبدو أن معظم صناع الذهب في جميع أنحاء العالم لديها طرق مختلفة للتذهيب لتحسين أسطح الحلي الذهبية ذات العيارات ، ومنها معالجة سطح الحلي الذهبية بازالة المعادن السبائكية غير الذهبية تاركة طبقة من الذهب أكثر ثراءً على السطح والتي قد يتم تصليدها عن طريق الصقل أو التلميع الخفيف لإعطاء الانطباع بأن المعدن هو ذهب عيار 24 قيراطاً و هذا يضيف قيم الجمالية واقتصادية للحلي ويحسن مقاومة سطح السبائك للتآكل الناتج عن الأحماض والمواد الكيميائية، وإذا لم تنفذ المعالجة بالطريقة الصحيحة فيمكن إزالة طبقة الذهب النقي عن طريق الاحتكاك. ولكن إذا تمت إزالة جميع المعادن الأخرى غير الذهب من السبائك بالصورة الصحيحة، فإن العملية تسمى بالتنقية.

يشير بعض صناع الذهب الغربيون إلى التذهيب بالإزالة **(Depletion gilding)**: بأنه عملية لتلوين الذهب، وترتبط هذه العملية بإجراءات التنقية وهي واحدة من أوائل الطرق لتغيير مظهر سطح السبائك الذهبية. عادةً ما يتوقف التذهيب بالإزالة على تحويل المعادن الأساسية الموجودة في سطح سبائك الذهب إلى أملاح الكلوريد أو أكاسيد باستخدام المواد الكيميائية أو الحرارة. ثم يتم إزالة هذه المركبات الضعيفة نسبيا من السطح تاركة طبقة من الذهب الخالص وراءها.

وتنقسم المعالجات الكيميائية للحلي الذهبية ذات العيارات إلى نوعين هما: -

- المعالجة بالسيانيد.

-المعالجة بالإزالة الانتقائية (إزالة المعادن من سطح سبائك الذهبDepletion gilding). **(11)**

4-3-1- المعالجة بالسيانيد. (bombing)

في الماضي، كانت "المعالجة بالسيانيدbombing " تستخدم على نطاق واسع في كل وحدات صناعة الحلي الذهبية الصغيرة والكبيرة، ولكن في الوقت الحالي أصبح استخدامها محدود ويتم الاستغناء عنها تدريجياً لأسباب تتعلق بالصحة والسلامة. ولا يزال هناك عدد قليل من الشركات التي تستخدمها مع معدات خاصة للعمل الآمن. - والمعالجة بالسيانيد طريقة للحصول على لون مشرق موحد ويتم تنفيذها على مشغولات الحلي الذهبية بعد الانتهاء من جميع عمليات التصنيع (لحام، التشطيب الميكانيكي، وضع الحجر، وما إلى ذلك)، وتستخدم بشكل خاص في سبائك الحلي الذهبية المصبوبة.

-الطريقة تعتمد على استخدام محلول سيانيد الصوديوم (NaCN) من 15 إلى 110 جم / لتر. (سيانيد الصوديوم خطيرًا جدًا لإنه سام)، ويوصى باستخدام التركيزات الأقل منه لأسباب تقنية وأسباب تتعلق بالسلامة. حيث أن المحلول تركيز 15 جم / لتر يعمل بنفس فعالية محلول تركيزه 45 جم / لتر، وتوضع المشغولات المراد معالجتها في اناء من السيراميك أو البلاستيك ومغطاة بالمحلول الذي تم تسخينه مسبقًا إلى 80-85 درجة مئوية ثم يضاف إليه من 30 مللي الى 35 مللي بيروكسيد الهيدروجين (H2O2) لكل لتر من محلول السيانيد.

نلاحظ تكون سريع لرغوة وفيرة وبعد ثوانٍ قليلة، نسمع صوت مايشبه انفجار ضعيف.،

نضع المشغولات الذهبية التي نريد معالجتها بعد تنظيفها في مصفاة ثم نغمرها في المحلول لمدة 2 دقيقة. قم بإزالة المصفاه بالمشغولات ونغسلها بالماء الجاري الساخن جيدا ثم نضعها في محلول سيانيد ضعيف لمدة 30 ثانية تقريبًا. نغسل المشغولات الذهبية بالماء الجاري الساخن مرة أخرى ثم نجفف بالبخار. وتسمى هذه العملية أيضا بالإزالة الكيميائية.

يستخدم هذا المحلول مرة واحدة فقط ويجب التخلص منه بعد الاستخدام وسوف يتحول إلى اللون البني بعد حوالي 3 دقائق. لا يوجد أي فقد للمعادن في هذه العملية وهي مستخدمة في ازالة الألون غير المرغوب فيها من أسطح المشغولات الذهبية مثل عصابات الساعة المتصلة باللحام والمسبوكات الدقيقة، وأيضا بشكل خاص بالنسبة للذهب الذي فقد لمعانه نتيجة عمليات اللحام.

المعالجة بالسيانيد تتخلص من المعادن الأساسية المخلوطة بالذهب تاركة طبقة رقيقة من الذهب 24 قيراطاًعلى سطح المشغولات، وللحصول على أفضل نتيجة، يجب غمر الحلي الذهبية في محلول السيانيد بعد العلاج، ثم يجب غسلها جيدا وتجفيفها. يجب تكرار العملية عدة مرات لتحقيق النتائج المطلوبة، خاصة إذا تم استخدام محلول السيانيد منخفضة التركيز الأكثر أمانًا. معظم الأحجار الكريمة واللؤلؤ لا تتضرر من المعالجة بالسيانيد باستثناء أحجار العقيق والفيروز التي قد تتضرر من هذه العملية.

تحذير

، (قد يؤدي الإهمال عند استخدام السيانيد إلى أضرار خطيرة لذلك يجب الاهتمام بوجود فتحات للتهوية جيدة ولا نشرب أية مشروبات اثناء التشغيل، وغسل اليدين جيدا وكن حذرا جدا.)

- يجب الحفاظ على تركيز السيانيد ودرجة حرارة منخفضة قدر الإمكان، بما يتفق مع جودة ونجاح العملية، ولا نوصي باستخدام عملية المعالجة بالسيانيدbombing لأسباب تتعلق بالصحة والسلامة. واستخدام المعالجات التي لها نفس النتائج وغير السيانيدية.

2-3-4-المعالجة بالإزالة الانتقائية (Depletion gilding)

يعد استخدام الاحماض المعدنية في الإزالة والتنقية من الاساليب القديمة الحديثة حيث إن حمض النيتريك معروف منذ القرن الثالث عشر ولكنه لم يكن بدرجة النقاء والقوة والتركيز الموجود بها اليوم، وغالبا ما تستخدم الأحماض المعدنية النقية ساخنة وذلك يمثل مشكلة حقيقية في التهوية والسلامة.، وقد أثبتت التجارب أنه لن يتم إزالة نسبة معينة من الفضة في سبيكة الذهب والفضة بواسطة حمض النيتريك إلا إذا كانت نسبة الذهب الى الفضة في السبيكة 1 جزء من الذهب (أو أقل) إلى 3 أجزاء من الفضة عند ذلك يمكن إزالة كل الفضة بواسطة حمض النتريك .

حمض النتريك HNO3يخلط دائمًا مع الماء بنسبة 1 حمض: إلى1 ماء حجما وهو الأكثر فعالية مع سبائك الذهب التي بها أقل من25 ٪. ذهب وغنية بالنحاس، بالنسبة للسبائك المحتوية على للفضة يجب البدء في العملية باستخدام الأحماض الضعيفة ثم يضيف أحماض أقوى لتجنب فصل الذهب كمادة غروية ومعلق في المحلول وبالتالي فقدانه ويحدث نفس النتيجة عند وجود النحاس في سبائك الذهب وطبقا للمعادلات الآتية: -

$3Cu + 2HNO_3 => 3CuO + H_2O + 2NO$ $(NO + O => NO_2)$

$3CuO + 6\ HNO_3 => 2Cu(NO_3)_2 + 3H_2O$

$3Cu + 8HNO_3 => 3Cu(NO_3)_2 + 4H_2O + 2NO$ $(=>NO_2)$

عند تحضير سبائك الذهب لتطعيمها بالمينا، غالبًا ما يتم إثراء السطح لسهولة التطبيق وخاصة المينا الشفافة فإنها تبدو أفضل على أسطح الذهب الخالص .حيث يتم تسخين المشغولات وغمرها مباشرة في:

1- جزء حامض النيتريك
2- أجزاء المياه

يتكرر ذلك مع الغسيل بالماء في كل مرة باستخدام الفرشاه بعد الغسيل في كل مرة، كما يمكن استخدام حمض الكبريتيك المركز H_2SO_4 مع تسخين سبائك الفضة والذهب مع أكثر من10 ٪ محتوى الفضة، وتكون أقصى نسبة ذهب في السبيكة30٪ .والتفاعل مع حمض الكبريتيك ينتج عنه كبريتات النحاس $CuSO_4$ وكبريتات الفضة Ag_2SO_4 من تلك المعادن الموجودة في السبائك حيث يترسب Ag_2SO_4 بإضافة حمض الكبريتيك البارد والغسيل بحمض الكبريتيك مرتين أو ثلاثة ينتج عنه كبريتات النحاس $CuSO_4$ ويمكن أن تترك هذه العملية سطح السبيكة من الذهب الخالص تقريبًا التآكل الكيميائي للنحاس بواسطة حامض الكبريتيك يتبع المعادلات الآتية: -

$Cu + H_2SO_4 => CuO + SO_2 + H_2O$

then

$Cu + H_2SO_4 => CuSO_4 + H_2O$

or

$Cu + 2H_2SO_4 => CuSO_4 + SO_2 + 2H_2O$

بالنسبة للسبائك الذي تحتوي على نسبة عالية من النحاس، يمكن تخمير المشغولات لاكسدة أكبر قدر ممكن من النحاس الموجود في السطح ثم الغمر في حامض الكبريتيك المخفف H_2SO_4. ويتكرر هذا حسب الضرورة .من الممكن أيضًا استخدام مواد أقل خطورة، مثل ثنائي كبريتات الصوديوم Sodium Bisulfateوهي أقل من حمض الكبريتيك خطورة وخاصة في مشاكل التخزين، حيث يتم تخزينه جافًا ويخلط بالماء عند الحاجة.

في بعض الأحيان يستخدم حمض الهيدروكلوريك بتركيزات مختلفة حيث تسخن المشغولات وتغمر في حمض الهيدروكلوريك النقي أو بنسبة 1حمض الى 1 ماء وفي بعض الأحيان يتم استخدام محاليل من الأحماض **لمعالجة الذهب كما يلي:**

- حمض نيتريك 30 مللي
-حمض كبريتيك 1مللي
- الماء 950 مللي

أو

- حمض نيتريك 1 جزء حجما
-حمض كبريتيك 1 جزء حجما
- الماء م 2 الى 4 جزء حجما

يستخدم المخلوط السابق دافئ وأحيانا حمض الهيدروكلوريك مركز أو محلول ماء ملكي مخفف (خليط من حمض الهيدروكلوريك والنيتريك بنسبة 1:3) يستخدم لسبائك ذات العيارات العالية وأن استخدام حمض الهيدروكلوريك يمكن أن يسبب تآكل في بعض المشغولات وخاصة ذات العيارات المنخفضة.

يستخدم الماء الملكي لمعالجة وتنقية سبائك الذهب الأخضر الذي يحتوي على نسبة عالية من الفضة وبعض سبائك الذهب الأبيض ذات العيار المنخفض والذي يحتوي على كميات كبيرة من الفضة يصعب ذوبانه في الماء الملكي حيث يتم تكوين طبقة غير قابلة للذوبان من كلوريد الفضة والتي تحمي السطح من استمرار التآكل ولتجنب هذه المشكلة يجب خلط السبيكة بعدة أضعاف من وزنها من النحاس أو النحاس الأصفر قبل معالجتها باستخدام الماء الملكي والذي يتكون من 4 أجزاء من HClإلى جزء واحد HNO_3 مزيج قوي مخصص **للمعالجة بالغمر وهو كالاتي: -**

-حمض هيدروكلوريك 31 جرام
-حمض نيتريك 10 جرام
-كلوريد صوديوم 20 جرام
-مياه مقطرة 40 جرام

أو

-حمض كبريتيك 1جزء حجما
- مياه 1جزء حجما

معالجة سبائك الذهب والنحاس والفضة: -

-حمض كبريتيك 1جزء حجما
-حمض نيتريك 1جزء حجما
-مياه مقطرة 1جزء حجما

أو

-حمض هيدروكلوريك 17 جرام
- كلوريد صوديوم 11.5جرام
-نترات صوديوم 23جرام
-مياه مقطرة 15 جرام

معالجة سبائك الذهب ذات العيار المنخفض

-حمض كبريتيك ساخن وعند درجة 100 درجة مئوية 1 لتر.
-حمض نيتريك 40 جرام
أو
- كلوريد صوديوم 5جرام
-نترات بوتاسيوم 25جرام

معالجة سبائك الذهب ذات العيار العالي

-حمض هيدروكلوريك 100 جرام
- كلوريد صوديوم 100جرام
-نترات بوتاسيوم 200جرام
-مياه مقطرة 50 جرام
أو
-حمض هيدروكلوريك 150 جرام
- كلوريد صوديوم 100جرام
-نترات بوتاسيوم 200جرام
أو
-حمض كبريتيك 1جزء حجما.
-حمض نيتريك 1جزء حجما.

قد يتم معالجة وحفر سبائك الذهب ذات العيارات المنخفضة بسرعة باستخدام:-

-حمض النيتريك 3.78 لتر
-حمض الكبريتيك 3.78 لتر
-أكسيد الزنك 750 جرام
- ثاني كرومات البوتاسيوم15 جرام

-يستخدم الخليط السابق في درجة حرارة الغرفة حيث إن إضافات حامض النيتريك تزيد من سرعة المحلول وتعمل ثنائي كرومات البوتاسيوم على أكسدة النحاس الموجود في السبيكة والذي يسمح بعد ذلك لحمض الكبريتيك بإذابة أكاسيد النحاس، لأن النحاس نفسه لا يتأثر كثيرًا بهذا الحمض

.في بعض الأحيان، يتم استخدام المحاليل التي تحتوي على ثاني كرومات والبوتاسيوم وحمض الكبريتيك لإزالة النحاس سريعا، والطريقة الأسهل والأقل خطورة لنفس المشكلة هي استخدام مزيج من 50٪ من محلول ثنائي كبريتات الصوديوم Sodium Bisulfateو50 ٪ محلول بيروكسيد الهيدروجين وهذا يزيل النحاس من المشغولات على الفور تقريبًا ويعمل بنفس الطريقة،

وهناك محلول آخر للمعالجة والحفر مستخدم في إزالة المعادن الأساسية وخاصة النحاس من سبائك الذهب والنحاس وهي: -

-كلوريد حديديك 480 جرام
-حمض هيدروكلوريك 120 مللي
مياه مقطرة حتى 1لتر

4-4-المعالجة الكهروكيميائية

في المعالجات الكهروكيميائي وخاصة التلميع، توضع المشغولات المراد صقلها في الأنود (القطب الموجب) في خلية كهربائيا ويتم إزالة المعدن بشكل انتقائي، لإنتاج سطح مصقول لامع. على الرغم من مميزاته، إلا أن التشطيب الكهروكيميائي محدود الاستخدام، على الرغم من استبدال المحاليل المعتمدة على السيانيد بأخرى أكثر صداقة للبيئة والتي تكون أقل ضرراً بالصحة والبيئة.

هناك العديد من عوامل الصحة والسلامة التي يجب مراعاتها أثناء عمليات المعالجة السطحية والتشطيب، حيث إن استنشاق غبار التلميع، والتعامل مع الأحماض والمحاليل القائمة على السيانيد وغيرها من المواد الكيميائية الضارة بالبيئة والإنسان.، ويجب اتباع التوصيات والإجراءات للتشغيل الآمن لأن تنفيذ ممارسات العمل الآمنة ليس اختياريًا ويجب أن تعلم الإدارة أن العاملين لديها هم الأصول الرئيسية وضمان صحتهم وسلامتهم سيعود على الشركة بجودة عمل أفضل وإنتاجية أعلى.

كما أن هناك سببين رئيسين يعود إليهما عدم انتشار المعالجات الكهروكيميائية وهما: -

1- التكلفة العالية لبعض المعدات المستخدمة في العملية.

2-قلة المعلومات التقنية المتاحة للعمليات الكهروكيميائية، ويؤدي السبب الأخير في كثير من الأحيان إلى استخدام العملية بشكل عشوائي مع كثير من الحلي الذهبية، وهذا يجعل العملية في بعض الأحيان غير اقتصادية وتستغرق وقتًا طويلاً. (2)

-والواقع أن عملية التذهيب الكهروكيميائي كانت بديلاً متوقعًا منذ فترة طويلة لاستبدال عملية التذهيب الزئبقي الخطير للغاية على الصحة. تم حظر هذا الأخير بسرعة، قد تكون سمك طبقة الطلاء بالذهب صغير جدًا (من 0.2 الى0.5 ميكرون) وتكون متجانسة وليست مسامية، على عكس فيلم التذهيب الزئبقي قد يكون كبيرًا كما هو مطلوب، ويتمثل العيب الرئيسي في عملية التحليل الكهربائي في السمية العالية لمحاليل الذهب التي تتكون غالبًا من مركبات السيانيد، ولكن العمليات الحديثة تميل إلى استبدال محاليل السيانيد بأخرى جديدة، مثل محلول الكبريتيت (Na3Au (SO3) 2) أو الثيوسلفات (Na3Au (S2O3) 2). **(13)**

-وتنقسم العمليات الكهروكيميائية لمعالجة الحلي الذهبية لتحسين مظهر السطح إلى عدة أساليب منها:

-الطلاء الكهربي للذهب النقي

-الطلاء الكهربي للبلاتين

-الطلاء الكهربي للروديوم

-التلميع الكهروكيميائي

4-4-1التلميع الكهروكيميائي

يمكن استخدام التلميع الكهروكيميائي كخطوة وسيطة قبل أو بعد التلميع الميكانيكي، أو كعملية تشطيب كاملة.

وتعتمد عملية التلميع الكهروكيميائية على الازالة الانتقائية بالمعالجة الأنودية لطبقات من السطح، حتى يتم الحصول على سطح أملس ولامع حيث إن الآلية الدقيقة التي يحدث بها ذلك معقدة وتتضمن تكوين طبقات لزجة من المعدن تترسب في المحلول.

ولهذه العملية العديد من المزايا مثل:

- سرعة الاداء
- القدرة على تلميع المشغولات بأعداد كبيرة مع المحافظة على الشكل والتفاصيل الدقيقة
- سهولة استرداد الذهب المذاب.

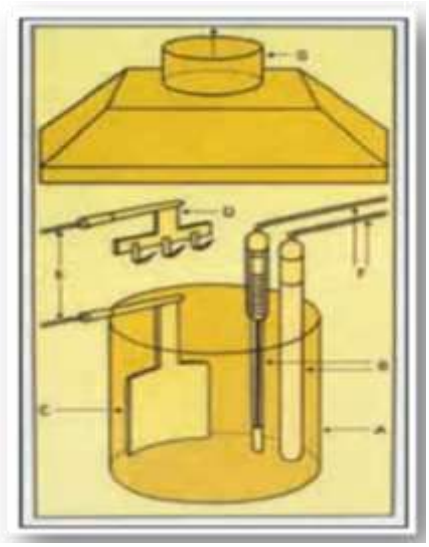
العيوب مثل: -

- صعوبة تلميع الأشكال المعقدة.
- العملية فعالة لإزالة العيوب الدقيقة (حجم العيب حوالي 1-2 ملم)، ولكن غير فعالة لإزالة العيوب الكلية.

يمكن الحصول على نتائج مميزة في الحلي الذهبية المصبوبة، عند تطبيق التلميع الكهروكيميائي قبل التلميع الميكانيكي.

وتعد معدات التلميع الكهروكيميائي بسيطة وهي كالاتي كما بالشكل (5)

- مصدر تيار مستمر (.d.c) يعمل بقوة تيار من 6 إلى 15 فولت، لتوفير كثافة تيار من 100 ال ى150 امبير /ديسيمتر المربع.
- محلول الكتروليتي
- نظام التحكم في درجة الحرارة، وتسخين المحلول حتى 80 درجة مئوية
- نظام التحريك المحلول.
- أقطاب الطلاء، ويفضل أن تكون مصنوعة من التيتانيوم، والتي يتصل بها القطع المراد صقلها.
- جهاز لحركة أقطاب الأنود (القطب الموجب)؛
- كاثود (القطب السالب)، مصنوع عادة من الصلب المقاوم للصدأ، بمساحة سطح أكبر عشر مرات على الأقل من المساحة الكلية للقطع المراد صقلها.
- مجموعة من الأحواض للغسيل.



شكل (5) لتوضيح أهم عناصر عملية التلميع الكهروكيميائي

-عملية التلميع الكهروكيميائي للذهب تستخدم المحاليل المعتمدة على السيانيد، وهذا يتطلب الحذر بسبب سمية السيانيد.، حيث تم تطوير معدات تستخدم محاليل صديقة للبيئة لا تشكل خطراً على الصحة. هذه المحاليل منخفضة الحموضة وتعتمد على أحماض غير عضوية ومركبات عضوية وإضافات لتنشيط للسطح.

وعند تطبيق التيار الكهربي بقوة تيار عالية فيلاحظ تصاعداً كثيفاً للغاز عند الكاثود، وبذلك تصبح العملية سريعة جدًا ويكون التحكم فيها صعبًا، ومن العوامل التي تؤثر في العملية، **أهمها:**

- نوع سبيكة،
- تكوين المحلول،
- درجة الحرارة،

- كثافة التيار وقوة التيار،
- زمن العملية،
- تحريك وتنشيط المحلول،
- شكل وحجم المشغولات والمسافة من الكاثود،
- وزن المعدن المذاب. **(2)**

تكوين المحلول الالكتروليتي للتلميع

-سيانيد البوتاسيوم 65 جم / لتر

-حامض الفوسفوريك 18 جم / لتر

-طرطرات الصوديوم البوتاسيوم 15 جم / لتر

-هيدروكسيد الأمونيوم 2.5 مل / لتر

يجب استخدام قوة التيار من 8-10 فولت ودرجة حرارة 50-60 درجة مئوية. يجب توخي الحذر الشديد من خلال هذه العملية حيث يمكن إزالة كمية كبيرة من الذهب في فترة زمنية قصيرة.

4-4-2الطلاء الكهربي بالذهب النقي (عيار 24)

الذهب معدن أصفر نادر نسبياً. غالبًا ما يوجد في حالته النقية منفردا، وهو الأكثر مرونة في جميع المعادن. إنه مقاوم ممتاز للتآكل الكيميائي ولكنه يذاب بالماء الملكي، محلول سيانيد البوتاسيوم وفي محلول مائي من بروم الهالوجين واليود. لا يشكل المعدن طبقات أكسيد متماسك على سطحه حتى في درجة حرارة عالية جدًا، وبالتالي فهو يتمتع بمقاومة احتكاك ضعيفة جدًا.

ان عملية الطلاء الكهربي بالذهب في الغالب للحصول على معالجات جمالية ذات عمر استخدامي طويل وفي بعض الحالات لتحسين التوصيل الكهربي والحراري للسطح.

يرسب الذهب من المحاليل القلوية أو الحمضية او المتعادلة بتركيز معدن قليل بسبب ارتفاع سعر الذهب.

يتم تسخين المحلول إلى 50 درجة مئوية إلى 70 درجة مئوية للحصول على سرعة ترسيب مناسبة، و

كفاءة الكاثود تعتمد على تركيز المعدن ودرجة الحرارة ولون طبقات الذهب يعتمد عند درجة حرارة التشغيل، وكثافة التيار وتركيز المعادن وكذلك على تكوين المحلول حيث يتم الحصول على الطبقات الصفراء الرقيقة بكثافة تيار منخفضة ودرجة حرارة منخفضة وتركيز معدني عالٍ.

يتم الحصول على لون فاتح أيضًا عن طريق إضافة أملاح النيكل بينما يتم ترسيب الذهب الأحمر من المحاليل التي تحتوي على النحاس حيث يتكون الأنود من شرائح ذهبية نقية جدًا، أو في بعض الأحيان كربون غير قابل للذوبان وفي الحالة الأخيرة، يجب الحفاظ على التركيز بإضافة ملح معدني. **(14)**

تطبيق العملية

يتم تعليق المشغولات على قطب الكاثود في محلول الطلاء حيث تتم عملية الطلاء. يتكون الأنود من معدن الذهب النقي (القطب). ثم يمررالتيار المستمر بين الأنود والكاثود، وبالتالي تبدأ عملية الطلاء. يعتمد وقت الطلاء على سمك الطبقة المطلوبة.

إعداد المحلول:

لتحضير محلول الطلاء بالذهب، يجب أولاً تنظيف حوض الطلاء المبطن بالبلاستيك PVC بحامض مخفف ساخن وغسله وملؤه إلى ثلث سعته بالماء المقطر. يتم رفع درجة حرارة الماء إلى 60 درجة مئوية ويضاف ببطء الوزن المطلوب من سيانيد الذهب والبوتاسيوم وكبريتيت البوتاسيوم. تحريك الخليط جيد حتى يتم إذابة جميع الأملاح. ثم ملء المحلول حتى يصل إلى المستوى النهائي المطلوب ويجب ترشيح وتنقية المحلول النهائي لإزالة آثار الشوائب المعدنية.

ويكون تكوين المحلول كالاتي: -

- سيانيد البوتاسيوم – 12جرام /اللتر.
- سيانيد الذهب البوتاسيوم - 18 جرام /اللتر..
- هيدروكسيد البوتاسيوم- 12 جرام /اللتر..
- كبريتات البوتاسيوم - 5 جرام /اللتر..
- درجة الحرارة - 120 فهرنهايت إلى 180 فهرنهايت
- كثافة التيار- 2 - 6 أمبير / متر مربع. قدم.
- قوة التيار- 1.5 - 2 فولت. (15)

4-4-3-طلاء الروديوم

-يعد الروديوم أشهر معدن في مجموعة البلاتين والمنتشر بشكل كبير في طلاء المعادن حيث يستخدم طلاء الروديوم في الحلي الذهبية ذات العيارات والحلي والأواني الفضية نظراً لأنه يتمتع بدرجة لمعان وبريق عالٍ جداً وبخصائص عديدة مثل مقاوم لفعل البيئات الكيميائية ومقاوم للاحتكاك وله مقاومة ممتازة للتآكل وفقدان اللمعان، وهو ذو صلادة عالية جداً وموصل جيد للكهرباء.

-على الرغم من أنه قد تم اقتراح العديد من المحاليل الإلكتروليتية المختلفة لطلاء الروديوم، فإن المحاليل الأكثر استخداما لتحقيق الأهمية الاقتصادية هي: -

(أ) محاليل الفوسفات للطبقات البيضاء الشديدة الانعكاس.

(ب) محاليل الكبريتات للحلي الذهبية العامة والطبقات الصناعية.

(ج) محاليل كبريتات الفوسفات المختلطة للطبقات الجمالية العامة.

-على الرغم من أن كلا من محاليل الفوسفات والكبريتات أعطت طبقات بيضاء لامعة، إلا أن محلول الفوسفات كان مفضلًا للحلي الذهبية ذات العيارات المنخفضة.

-لقد استخدم محلول كبريتات الفوسفات لأن البعض عدَّ اللون أفضل ودرجة لمعان عالية وإن طبقة الروديوم النموذجية على الحلي الذهبية الثمينة تتراوح بين 0.000002 و0.000005 بوصة. ويتم إنتاجها في 20 ثانية إلى دقيقة واحدة في حوالي 6 فولت **في المحاليل التالية: -.**

محلول فوسفات الروديوم

-فوسفات الروديوم، 2 جرام / لتر

- حمض الفوسفوريك [85 ٪ نقاء] من 40 الى80 مل / لتر
- الأنودات، البلاتين أوتيتانيوم مطلي بلاتين بنسبة 1: 1
- درجة الحرارة، 40-50 درجة مئوية
- تحريك المحلول، يمكن عدم التحريك أو التحريك ببطء
- كثافة التيار، 2-10 امبير/ ديسيمتر مربع

محلول كبريتات الروديوم

- كبريتات الروديوم من 1.3 الى 2 جرام / لتر

-حامض الكبريتيك (درجة نقاء 95 ٪) من 25 الى 80 مل / لتر

-الأنودات، البلاتين أو تيتانيوم مطلي بلاتين بنسبة 1: 1

- درجة الحرارة، 40-50 درجة مئوية

- تحريك المحلول، يمكن عدم التحريك أو التحريك ببطء

-كثافة التيار، 2-10 امبير/ ديسيمتر مربعاً

محلول كبريتات وفوسفات الروديوم

-فوسفات الروديوم، 2 جرام / لتر

-حامض الكبريتيك (درجة نقاء 95 ٪) من 25 إلى 80 مل / لتر

-الأنودات، البلاتين أو تيتانيوم مطلي بلاتين بنسبة 1: 1

- درجة الحرارة، 40-50 درجة مئوية

- تحريك المحلول، يمكن عدم التحريك أو التحريك ببطء

كثافة التيار، 2-10 امبير/ ديسيمتر مربع. **(16)**

4-4-4الطلاء بالبلاتين Platinum Plating

- محاليل الطلاء الكهربائي لترسيب البلاتين تشبه عمومًا تلك المستخدمة في طلاء البلاديوم؛ ومع ذلك، وخاصة في المحاليل القلوية ومن المفيد غالبًا فصل الأنود في حلول الطلاء الكهربائي من هذا النوع.

-يستخدم البلاتين بشكل واضح في طلاء الحلي والمجوهرات وطلاء الأدوات والأواني الفضية

وكذلك منتشر الاستخدام في الأجهزة العلمية والأجهزة الكهربية.

من أهم استخداماته أيضا هو طلاء التيتانيوم لإنتاج تيتانيوم مطلي بالبلاتين لاستخدامه كآنود في طلاء الذهب والروديوم وخاصة في المحاليل المحتوية على الكلوريد.

المحلول الأول (حمض كلوروبلاتيني) ويتكون من: -

-بلاتين كحمض كلوروبلاتيني H2PtCl6، 20 جرام / لتر

-حمض الهيدروكلوريك، 300 جرام / لتر

-درجة الحرارة، 65 درجة مئوية

-كثافة التيار، 0.1الى 2 أمبير /ديسيمتر المربع

-الأنودات البلاتين

المحلول الثاني (حمض كلوروبلاتينيك، الأمونيا) ويتكون من: -

- بلاتين كحمض كلوروبلاتيني H2PtCl6، 10 جرام / لتر

- فوسفات الأمونيوم، 60 جم / لتر

-هيدروكسيد الأمونيوم لضبط الحامضية 7.5-9

- درجة الحرارة، 65-75 درجة مئوية

-كثافة التيار، 0.1الى 1 أمبير /ديسيمتر المربع

- الأنودات، البلاتين

يمكن تطبيق الصيغة القلوية مباشرة على السبائك القائمة على النيكل بدون استخدام طبقات أولية، كل من المحاليل الحمضية تتطلب طبقة اولية، ويفضل الذهب، على معظم المعادن الأساسية. **(17)**

لطلاء البلاتين مباشرة على التيتانيوم لتصنيع الأنودات، يستخدم محلول سلفات دينيتروبلاتنايت: -

- بلاتين سلفات دينيتروبلاتنايت H2Pt (NO2) 2SO4 5 جرام/اللتر
- حمض الكبريتيك إلى الرقم الهيدروجيني 2
- درجة الحرارة، 40 درجة مئوية
- كثافة التيار، 0.1الى 1 أمبير /ديسيمتر المربع
- الأنودات، البلاتين

محاليل اخرى لطلاء البلاتين على السبائك الذهبية: -

البلاتين (داى أمينو داى نيترايتو) diamino dinitrito 10 جم / لتر

نترات أمونيوم	100 جم / لتر
نترات صوديوم	10 جم / لتر
هيدروكسيد أمونيوم	50 ملل / لتر
الحرارة	90 إلى 100 ˚م
التيار	30 إلى 100 أمبير
الآنود	بلاتين نقى

أو محلول آخر: -

كلوريد بلاتين	62.5 جم / لتر
نترات أمونيوم	62.5 جم / لتر
نترات صوديوم	62.5 جم / لتر
هيدروكسيد أمونيوم	10 مللي / لتر
الحرارة	95 ˚م
التيار	من 20 إلى 55 أمبير. **(15)**

- وهكذا يجب دائمًا اختيار المعالجة النهائية التي سيتم استخدامها وتحسينها وفقًا لنوع المنتج والكمية التي سيتم إنهاؤها ومظهر السطح المطلوب في السوق. يجب أن نضع في اعتبارنا أن التشطيب مرحلة مهمة في إجمالي عمليات إنتاج الحلي الذهبية.

- عادة، يتم تخصيص 25 إلى 30 ٪ من وقت الإنتاج والفنيين لعملية الانهاء(للتشطيب)، وبالتالي يمكن أن تمثل نسبة كبيرة من إجمالي تكلفة الإنتاج.

لذلك، من المهم أن يتم تنفيذ كل مرحلة من مراحل التصنيع بطريقة تمكن من الحصول على أعلى مستوى من جودة السطح وتقليل تكلفة وزمن العمل المطلوب في مرحلة التشطيب مما يؤدي إلى تحقيق الجودة النهائية في المنتج.

-، يجب أن تتناسب سرعة عملية التشطيب مع معدل إنتاج الحلي والمجوهرات. على سبيل المثال، إذا كان المنتج عبارة عن سلسلة ذهبية، يتم تصنيعها بسرعة عالية، فمن المستحسن التفكير في استخدام التلميع الكهروكيميائي، وهي عملية ذات إنتاجية عالية، والانتهاء من التشطيب لا يتطلب سوى تلميع يدوي نهائي قصير. **(2)**

5-أهم النتائج:

5-1- الذهب النقي أحد المعادن الثمينة ذات لون أصفر ومقاوم للتآكل وهو الأكثر مرونة وممطولية بين معظم المعادن النبيلة أو الثمينة لذلك يتسابك مع العديد من المعادن لتحسين خواصه الميكانيكية.

5-2- تتكون سبائك الذهب المستخدمة في صناعة الحلي ذات العيارات من عدة معادن أهمها الذهب والنحاس والنيكل والفضة ومنها العيارات ذو نسبة ذهب عالية (عيار 21 و22) وأخرى منخفضة العيار (18 و14 و10 و9).

5-3- تظهر الحلي الذهبية ذات العيارات المنخفضة بعضًا من التغير في مظهر السطح نتيجة التعرض للبيئات المحتوية عل الكبريت. والاملاح الناتجة في العرق(Sweat) وطبيعة تكوين السبيكة.....وغيرها، والتي تسبب العديد من العيوب في سبائك الحلي الذهبية مثل مقاومة فقدان اللمعان والتآكل الكيميائي وأكسدة السطح.

5-4- تنقسم طرق تحسين مظهر سطح الحلي ذات العيارات الى نوعين هما: - المعالجة بالإزالة (التلميع والليزر والمعالجة بالسيانيد والتذهيب بالا ستنزاف الانتقائي)، المعالجة بالإضافة (الطلاء الكهربي والترصيع بالأحجار والتغطية بالمينا).

5-5- تستخدم العمليات الميكانيكية في تشطيب الحلي الذهبية لتقليل القوى العاملة إلى حد كبير واختزال التكاليف اللازمة للإنتاج مقارنة بعمليات التشطيب بالليزر، كما يمكن استخدام أنواع مختلفة من المعدات ووسائط التشطيب في العملية الميكانيكية، ويتم اختيارها وفقًا لنوع المنتج الذي سيتم الانتهاء منه..

5-6- المعالجات الكيميائية للحلي الذهبية ذات العيارات المنخفضة تنقسم الى نوعين هما، المعالجة بالسيانيد (Bombing) والتذهيب بالازالة الانتقائية (Depletion gilding).

5-7- يجب الحفاظ على تركيز السيانيد وخفض درجة حرارة قدر الإمكان، بما يتفق مع جودة السطح ونجاح العملية، ولا نفرط في استخدام عملية المعالجة بالسيانيدbombing لأسباب تتعلق بالصحة والسلامة. واستخدام المعالجات التي لها نفس النتائج وغير السيانيدية.

5-8-تعد عملية التذهيب بالإزالة الانتقائية (Depletion gilding) بديلاً ملائماً ومميزاً للمعالجة بالسيانيد لأنها تستخدم المحاليل الحمضية والأملاح غير السيانيدية في معالجة أسطح الحلي الذهبية ذات العيارات المنخفضة.

5-9- تعتمد عملية التلميع الكهروكيميائي على الإزالة الانتقائية بالمعالجة الأنودية لطبقات من أسطح الحلي الذهبية ومن مميزاتها سرعة الأداء وتلميع المشغولات بأعداد كبيرة وسهولة استرداد الذهب المذاب.

5-10- أن معالجة الحلي الذهبية بعملية الطلاء الكهربي تتم للحصول على معالجات جمالية ذات عمر استخدامي طويل ولتحسين مظهر السطح ومن اهم المحاليل: محاليل الطلاء بالذهب النقي ومحاليل الطلاء بالروديوم.

5-11- أن المعالجات بالمحاليل في بعض الحالات ذات تأثير تآكل أكثر من المعالجات الميكانيكية، ولكن بالنسبة لسبائك الذهب ذات العيارات المنخفضة، يمكن للمعالجة الكيميائية أن تحدث تغييرات في اللون، خاصة عند استخدامها في أكثر من مرحلة للتشطيب.

6- التوصيات

-في حالة التصنيع الشامل للحلي الذهبية ذات العيارات، نوصي بدراسة التشطيب الكيميائي بتفصيل أكثر، على الرغم من الاعتراف بأن التشطيب اليدوي ما زال له مكانة عند العديد من الصناع. ولكن التشطيب الكيميائي والكهروكيميائي يكتسب قبولاً متزايداً ويرجع سبب هذا الاهتمام لارتفاع مستوى الجودة وكذلك الاقتصاد في القوى العاملة التي يمكن تحقيقه، وذلك سوف يؤدي إلى انخفاض كبير في التكاليف.

7- أهم المراجع

1- Amelia Carolina Sparavigna- Depletion Gilding: An Ancient Method for Surface Enrichment of Gold Alloys--Department of Applied Science and Technology, Politecnico di Torino, ItalyMechanics, Materials Science & Engineering-2016. pp.99-105
2- Dr Valerio Faccenda- HANDBOOK ON FINISHING in Gold Jewellery Manufacture-World Gold Council, London-1999-pp.11,12-23,33
3- Prem Kumar Kothari-Goldsmith Frame Maker-Jewellery Skill Council of India-New Delhi-2017-pp.23-29
4- Philip A. Schweitzer, P. E.- METALLIC MATERIALS Physical, Mechanical, and Corrosion Properties- Marcel Dekker, Inc.- 2003-pp.537-558.
5- Alan Revere-Barry Blau-George McLean- Professional Jewelry Making-Academy of Jewelry Arts. - Hong Kong-(2011) --pp.6-18.
6- Richard S. Jackson- An Improved 9 Carat Yellow Gold Casting Alloy- The University of Aston in Birmingham, England- Department of Metallurgy and Materials-1977-pp.88-92
7- Gunnar Hultquist- Surface Enrichment of Low Gold Alloys- Gold Bulletin-1985 - - pp.53-57
8- WS Rapson- Tarnish Resistance, Corrosion and Stress
Corrosion Cracking of Gold Alloys- Gold Bulletin 1996, 29(2)-pp.60-67
9- Cristian Cretu and Elma van der Lingen-Coloured Gold Alloys-Gold Bulletin-Randburg, South Africa-1999--pp.115-125
10- www. Stuller.com .6-11-2-19
11- Plazas, Clemencia and Falchetti de Saenz, Anna Maria, " Technology of Ancient Columbian Gold&quot, Natural History, 88, No. 9, 37, 1979
12- Rapson, W. S. and Groenwald, T., Gold Usage, Academic Press, London, New York, San Francisco, 1978- pp 28-29
13- Evelyne DARQUE-CERETTI1, Marc AUCOUTURIER2- GILDING FOR MATTER DECORATION AND SUBLIMATION. A BRIEF HISTORY OF THE ARTISANAL TECHNICAL KNOW-HOW- INTERNATIONAL JOURNAL
OF CONSERVATION SCIENCE- Volume 4, Special Issue*-2013, pp: 647-660
14-www.msmediahmedabad.gov.in-12-10-2019
15- Mordechay Schlesinger and Milan Paunovic-Modern Elctroplating – New Jersey-Canada- John Wiley & Sons, Inc. 2010 -pp.120-130
16- ALFRED M. WEISBERG- RHODIUM PLATING-metal finishing-76th Guidebook and Directory Issue-New York-USA-2010-pp.251-253
17- RONALD J. MORRISSEY- PLATINUM PLATING-metal finishing-76th Guidebook and Directory Issue-New York-USA.2011-pp.250
18- Ctherine M.Cotell –ASM Handbook V.5 Surface Engineering –United States of America-The Materials information Society. 1994.