جماليات الخامات المعدنية الملونة كمدخل لاستحداث معلقات معدنية

مقالة بحثية

* أمانى فوزي عبد الحميد العجمي
* مدرس أشغال المعادن بقسم التربية الفنية كلية التربية النوعية- جامعة الزقازيق
البريد الإليكتروني: amanysafy@yahoo.com

تاريخ المقال:

- تاريخ تسليم البحث الكامل للمجلة: 06 أغسطس 2021
- تاريخ القرار الأول لهيئة التحرير: 16 أغسطس 2021
- تاريخ تسليم النسخة المنقحة: 26 سبتمبر 2021
- تاريخ موافقة هيئة التحرير على النشر: 11 أكتوبر 2021

الملخص:

يحاول الفنان في كل عصر عمل مشغولات معدنية تتناسب مع متطلبات وظروف هذا العصر، وقد حاولت الباحثة الكشف عن خامة معدنية جديدة في مجال تشكيل المشغولات المعدنية وهي خامة الألومنيوم المعالج بالكهربية الساكنة، لما لها من مميزات متعددة مثل إمكانياتها اللونية والحصول على درجات لونية لا حصر لها، بالإضافة إلى رخص ثمنها. ومن هنا فإن الباحثة تحاول الاستفادة من الإمكانيات الجمالية اللونية لخامة الألومنيوم وتطبيقها لاستحداث معلقات معدنية من خلال الكشف عن صيغ تشكيلية للخامات المعدنية الملونة وتوظيفها جمالياً بهدف إثراء المشغولة المعدنية برؤى تشكيلية مبتكرة تحقق أبعاداً تعليمية أفضل في مجال أشغال المعادن. فقد قامت الباحثة بتدريس مقرر أشغال المعادن وهو مقرر تطبيقي، يهدف إلى تنفيذ معلقات معدنية مستوحاة من العناصر الآدمية، وقد تم تحكيم التطبيقات من قبل أساتذة متخصصين في مجال التخصص للوقوف على صحة الفرض ونجاح تجربة البحث والتوصل إلى نتائج من بينها توظيف الخامات المعدنية الملونة في عمل مشغولات معدنية لها قيمة جمالية ووظيفية بعد أن كانت تستخدم في المجالات الصناعية كأعمال الديكور، والدعاية، والاعلان، وغيرها. الخ)، بالإضافة إلى تعدد وتنوع الخامات المعدنية وما تتضمنه من تنوع في الإمكانات التشكيلية والخبرات الفنية يمكن أن تسهم في تحسين التذوق الفني لدى عينة البحث وتحويل مهاراتهم إلى طاقة منتجة داخل المجتمع.

الكلمات المفتاحية: الخامات المعدنية الملونة، معلقات معدنية

مقدمة:

الفن يجعل الفنان يتواصل مع كل ما يحيط به من مواد وخامات يضفي طابعاً حسياً ورؤى جمالية تنتهي بفكرة إبداعية في مجال الفنون بصفة عامة ومجال أشغال المعادن بصفة خاصة، فالتنوع في طبيعة الخامات وخواصها الفيزيائية والكيميائية يقابله تنوع في الإمكانات التشكيلية، الأمر الذي يسمح للفنان الخروج من الحيز الضيق إلى حيز الابداع اللامحدود وفتح آفاق جديدة للتعبير وتوصيل المعاني بالأسلوب والخامات الحديثة التي نراها كفيلة لتحقيق الهدف.

فالعصر الحديث بأبحاثه وعلومه المتطورة قدم الكثيرمن الخامات الصناعية ذات الإمكانيات المتعددة مما جعلها مجالاً خصباً للبحث والتجريب ومنطلقاً للتطور الفني.

واستطاع الفنان في مجال أشغال المعادن أن يتعامل مع خامات كثيرة ومتعددة الأنواع والخواص، طبيعية كانت أو صناعية، كما استطاع في ظل الاتجاهات الفنية الحديثة أن يتناول كثير من الخامات غير التقليدية ويطوعها للتعبير عن رؤية تشكيلية تساير المتغيرات الفكرية، من خلال التوليف بين الخامات التقليدية والخامات الحديثة، من خلال التجديد والتطوير إلى استغلال ما هو متاح من خامات معدنية ملونة متاحة في البيئة الصناعية مع مراعاة إمكاناتها وكيفية الاستفادة من هذه الخامة وتطويعها بالشكل الذي يخدم المشغولة المعدنية.

ولذلك تعتبر الخامات المعدنية الملونة كالألومنيوم المعالج بأسلوب الإلكتروستاتيك من ضمن الخامات التي يمكن الاعتماد عليها في مجال أشغال المعادن لاستحداث طرق تشكيلية جديدة تزيد من القيمة الفنية والجمالية للمشغولة المعدنية، وذلك لما تحمله من صفات وخصائص تشكيلية تتميز بإمكانياتها في التشكيل وألوانها الجذابة التي تضفي فكر جديد من خلال ما تحمله من جماليات فنية متنوعة.

وتتأكد الرؤية التجريبية في مجال أشغال المعادن من خلال ممارسة الفنان المختلفة بالخامات المستحدثة بهدف بناء المشغولة في هيئات غير تقليدية واستحداث مشغولات معدنية برؤية معاصرة من خلال تعدد صياغات التشكيل والممارسات المعدنية.

إن الألومنيوم المعالج بأسلوب الكهربية الساكنة" الكتروستاتيك" هوعملية تغطية جافة لأسطح المنتجات المعدنية بصفة عامة والحديدية بصفة خاصة ويستخدم فيها جزيئات ناعمة جدا من الصبغات والراتنجات المشحونة كهروستاتيكيا ثم ترش على المنتجات وتلتصق الجزيئات الصغيرة المشحونة بسطح المنتج بصهرها واذابتها كطبقة متجانسة في افران المعالجة الحرارية" **(محمد العوامي وآخرون،2016).**

"وتتكون طبقات الطلاء ببودرة البلاستيك من الراتنجات الصلبة وصبغات وبعض الاضافات التي تختلط وتذوب معاً بتأثير الحرارة لتتجانس وترتبط ببعضها مكونة طبقة طلاء صلدة ومتماسكة" **(Greg Valeroand,2011)**

ووقع اختيار الباحثة على هذه الخامات المعدنية الملونة لتميزها بالعديد من المواصفات، وطواعيتها وإنتاجها على هيئة ألواح ومسطحات ذات تخانات متفاوتة ودرجات لونية متعددة يمكن من خلالها تحقيق صياغات تشكيلية متعددة مثل تعدد المستويات وتراكب المسطحات وبناء المشغولة المعدنية في هيئات متعددة.

ويمكن توظيف خامة الألومنيوم الملون برؤية تشكيلية وتعبيرية مستحدثة تتناسب مع إثراء مجال أشغال المعادن لما له من خصائص:

1. الطواعية وسهولة التشكيل.
2. الحصول على ثراء لونى واسع النطاق في ظل ارتفاع أسعار الخامات.
3. تقبل التشكيل بالأساليب التقنية المختلفة مثل (القطع – التفريغ – الحني ...الخ)
4. تتمتع بخصائص تشكيلية مميزة من حيث الثراء اللوني الناتج عن عمليات المعالجة السطحية لسطح المعدن فتعطى قيمة لونية وتعبيرية.
5. تتميز بالإيقاع اللوني مما يتيح الفرصة لتنفيذ العمل الفني بشكل جيد.
6. الصلابة وقوة التماسك مما يتيح العمل بها بشكل جيد.

مشكلة البحث:

من خلال قيام الباحثة بتدريس مقرر أشغال المعادن بقسم التربية الفنية كلية التربية النوعية وجدت الباحثة أن أعمال الطلاب تحتاج إلى إضافة اللون كقيمة جمالية بهدف إثراء المشغولات المعدنية، وقد لاحظت الباحثة ووجدت ندرة في تدريس الخامات الملونة المستخدمة في أشغال المعادن لطلاب قسم التربية الفنية بكلية التربية النوعية ، واقتصارها على مجموعة من الخامات التقليدية المحدودة، الأمر الذي استدعى معه طرح مدخل يجعلنا نخرج عن الاستخدام المألوف للخامات التقليدية واستخدام خامة الألومنيوم المعالج بالكهربية الساكنة في تقنية تجمع بين جمال الخامة وجمال اللون. فكان السبيل لتحقيق ذلك

من خلال استخدام خامات ملونة بديلة رخيصة الثمن متعددة الدرجات اللونية التي لا حصر لها، يمكن تطويعها وتشكيلها بأساليب التشكيل المعدنية اليدوية للإفادة منها واستحداث معلقات معدنية مبتكرة.

مما سبق يمكن تحديد مشكلة البحث من خلال الاجابة على التساؤل الآتي

- ما مدى إمكانية الاستفادة من خامة الألومنيوم المعالج بأسلوب الكهربية الساكنة "الكتروستاتيك" كمدخل لاستحداث معلقات معدنية معاصرة؟

فروض البحث:

تفترض الباحثة أنه:

- يمكن استحداث معلقات معدنية معاصرة بالاستفادة من جماليات خامة الألومنيوم المعالج بالالكتروستاتيك.

أهداف البحث:

- التوصل إلى معالجات يدوية لتشكيل خامة الألومنيوم الملون يدوياً والاستفادة منه في مجال أشغال المعادن.
- طرح مدخل قائم على استخدام خامة الألومنيوم المعالج الإلكتروستاتيك للطلاب يمكن الاعتماد عليها لاستحداث مشغولات معدنية معاصرة.

الخاصية	القيمة العددية
العدد الذري (Z)	13
العدد الكتلي (A)	27
الوزن الذري الغرامي (g)	26,98
نصف القطر الذري (°A)	1,43
الكتلة الحجمية (g/cm^3)	2,7
درجة الانصهار (°C)	660
درجة الغليان (°C)	2450
طاقة التأين الأولى (kj/mol)	0,578
طاقة الألفة الإلكترونية (e.v)	0,6
الكهروسلبية	1,61
الناقلية الكهربائية $(\mu ohm)^{-1}$	0,377

أهمية البحث:

- إلقاء الضوء على هذه النوعية من الخامات "الألومنيوم الملون" من خلال التجريب لمعرفة إمكانياتها التشكيلية وطرحها في الميدان التعليمي برؤية مستحدثة.

حدود البحث:

- خامة التشكيل: شرائح الألومنيوم الملون سمك 0.7مم.
- التقنية: استخدام أساليب التشكيل المعدني اليدوي في تشكيل المعلقات المعدنية.
- عمل معلقات معدنية تعتمد في تصميماتها على عناصر آدمية (وجه المرأة).
- تطبق التجربة على عينة عشوائية من طلاب الفرقة الثالثة في مقرر أشغال المعادن بقسم التربية الفنية بكلية التربية النوعية جامعة الزقازيق للعام الجامعي 2021/2020 في الفصل الدراسي الثاني.

منهجية البحث:

يتبع البحث الحالي المنهج التحليلي في الإطار النظري وشبه التجريبي في الإطار التطبيقي لإجراء التجربة الطلابية.

إجراءات البحث

الجانب النظري:

الألومنيوم وإمكانياته التشكيلية

نبذة عن خامة الألومنيوم:

كثير من الفلزات لا توجد في الطبيعة بهيئتها النقية، أو المألوفة والمتداولة بين الناس، وحتى المتداولة بين الناس أيضًا لا توجد بصورتها النقيّة الصرفة فيزيائيًا، ويرجع وجود المعدن في الطبيعة على هيئة مركب فلزيّ للمعدن ذاته، إلى النشاط الكيميائيّ لتلك الفلزات، أو المعادن، فهي عناصر في الطبيعة نشطة غالبًا؛ ولذلك توجد في الطبيعة على هيئة أكسيد الفلز **(أنور محمود،1965)**

ويوجد معدن الألومنيوم في الطبيعة على هيئة سيليكات الألومنيوم، وهي عبارة عن عنصر الألومنيوم، والسيليكا، والأكسجين، وهو من أكثر الفلزات انتشارًا في الكرة الأرضية، ويشكّل حوالي 8% من القشرة الأرضية، ونادرًا ما يوجد شبه نقيّ، إلا في الأماكن منخفضة الأكسجين، ويرمز له كيميائيًا بالرمزAl ، ووزنه الذري 13.**(زاهر أمين خيري،2007)**

جدول (1) يوضح الخواص العامة لعنصر الألومنيوم

الخواص الكيميائية للألومنيوم (سعيدعبدالغفار2014)

تفاعل الألومنيوم مع الهواء والأكسجين Reaction with air and oxygen

- يعتبر (Al)غير قابل للتفاعل مع الأكسجين لوجود طبقة الأكسيد، ولكن بإزالة هذ الطبقة يصبح نشيطاً كيميائياً وتتشكل عليه من جديد طبقة من الأكسيد.

يحترق مسحوق (Al) بشدة مع انتشار كمية من الحرارة عند التقائه مع لهب مصباح بنزن مشكلاً أوكسيد الألومنيوم Al2O3.

تفاعل الألومنيوم مع الماء Reaction between Aluminium and water

- لا يتفاعل (Al) مع الماء العادي بسبب طبقة الأكسيد السطحية والكتومة، ولكن المياه المالحة تزيل هذه الطبقة وبالتالي يستمر تآكل الألومنيوم فيها.
- أما الألومنيوم المسحوق فيتفاعل مع الماء البارد ببطء وبسرعة مع الماء الساخن.

التفاعل مع أشباه المعادن Reaction between Aluminium and non-metals

- يتفاعل (Al) مع جميع الهالوجينات مع انتشار كمية من الحرارة مشكلاً مركبات بالشكل AlX3 بتسخينه مع الكبريت والأزوت والكربون يشكل المركبات AlN Al2S3،Al4C3 على التوالي .

تفاعل الألومنيوم مع الأحماض Reaction between Aluminium and acids

- يتفاعل (Al) ببطء مع حمض كلور الماء الممدد وبسرعة مع المركز والساخن مطلقاً غاز الهيدروجين أما حمض الكبريت المركز والسا خن فيتفاعل معه بعنف.
- لا يتأثر (Al) بحمض الآزوت ويصبح غير فعال بسبب طبقة الأكسيد، ولكن بإزالة هذه الطبقة يمكن أن يستمر التفاعل بالتسخين وتتشكل نترات الألومنيوم وتنطلق الغازات وذلك حسب نوعية الحمض ممددا كان أو مركزاً. (حسن بوزيان،2017)

تفاعل الألومنيوم مع القواعد basesReaction between Aluminium and

- يتفاعل (Al) بسهولة مع الأسس القوية وينطلق غاز الهيدروجين ويتشكل مركب ألومينات الصوديوم.

الخواص الفيزيائية للألومنيوم:

- **قابل للتشكيل:** "يعتبر الألومنيوم من أكثر المعادن قابلية للطرق والسحب؛ ولذا فهو يستخدم في العديد من الصناعات التشكيليّة، كالأسلاك الكهربائية، والهياكل الدقيقة متعددة التضاريس.
- **خفيف الوزن:** معدن الألومنيوم من المعادن خفيفة الوزن نسبيًّا؛ ولذا فإنه تصنع منه محركات السيارات، وكذلك يدخل في صناعة هياكل الطائرات بنسبة كبيرة، مضافًا إليه بعض المعادن الأخرى، لرفع مقاومته لتحمل الضغط، أو درجات الحرارة المرتفعة، ولكن يظل هو متربّعًا على تلك المعادن.
- **جيد التوصيل للحرارة:** معدن الألومنيوم جيد التوصيل للحرارة، ولذلك تصنع منه أواني الطهي، والمكونات الداخلية للأفران، ويدخل في صناعة السخانات، وكذلك يضاف إلى سبائك صناعة ريداتيرات السيارات.
- **جيد التوصيل للكهرباء:** يعدّ معدن الألومنيوم من أجود المعادن توصيلًا للكهرباء، ولذلك تصنع منه الأسلاك الكهربائية، وأيضا كثيرًا من الدوائر الإلكترونية الدقيقة.
- **ذو بريق ولمعان:** يتميز معدن الألومنيوم بأنه ذو لون فضيّ لامع؛ ولذلك فهو يتميز بقدرته الفائقة على عكس الأشعة الساقطة عليه؛ ولهذا فإنه يستخدم في صناعة المرايا العاكسة، وشبات اللمبات الكهربائية.
- **قابل للانصهار:** ينصهر الألومنيوم عند درجة حرارة 660°م تقريبًا، ويغلى عند درجة حرارة 2520°م، ويتواجد دائمًا في الحالة الصلبة عند درجة حرارة الغرفة " (**Bell, Terence,2020**)

جماليات الخامات المعدنية الملونة:

"تزخر المعادن بألوانها الطبيعية سواء كان (نحاس، فضة، حديد، ألومنيوم ...الخ) إلا أن الفنان يحاول أن يجرب ويبحث في مجال أشغال المعادن ليضيف خامات لونية جديدة تتناسب مع طبيعة المجال" (**عبد العال محمد عبد العال،2013**)، فقد تنوعت المعالجات اللونية للأسطح المعدنية مثل التلوين بالمينا الحرارية والباردة، والترسيب الكهربي واللاكهربي، والأكسدة المصعدية، والأكسدة الكيميائية ومن تلك الأساليب المستخدمة هي المعالجة بأسلوب الكهربية الساكنة (الإلكتروستاتيك)، والتي تعتبر من أهم أساليب التغطية بالخامات المستحدثة وذلك لما لها من "إمكانية عالية في التغلب على الصعوبات الناشئة عند تغطية الأشكال ذات الفراغات والتجاويف وكذلك الحصول على تغطية متجانسة يبلغ سمكها من 30:20 ميكرومتر لنوعيات نمطية من المنتجات تتطلب مستوى معين من جودة التغطية قد لا يحققها أسلوب آخر"(**محمد العوامي محمد ، ياسر عيد محمد 2020**)

فيما يلي سوف نعرض طلاء الخامات المعدنية بأسلوب الكهربية الساكنة والتعرف على امكانياتها الجمالية والتقنية:

- **الكهربية الساكنة**

تعرف الكهرباء الساكنة أيضًا باسم الإستاتيكية (static)، "وهي أحد أنواع الكهرباء التي تنشأ نتيجةً لحالة من عدم التوازن بين الشحنات السالبة والموجبة في المواد، وعادةً ما تنتج الكهرباء الساكنة نتيجةً لتلامس المواد الصلبة مع بعضها البعض، ويمكن أن تتسبب الكهرباء الساكنة في العديد من المخاطر؛ كالصدمات

المؤلمة، اشتعال بعض أنواع المواد، إتلاف الأجهزة الإلكترونية " **(Zhongyan Du, 2016)**

يعد أسلوب الكهربية الساكنة من الأساليب الفنية والتقنية، تم استخدام عملية الطلاء الكتروستاتيك لأول مرة في أستراليا سنة ١٩٦٧ ولقد استخدم طبقات الطلاء منذ سنة ١٩٧٠احتي الآن، ويعود مفهوم تطبيق البوليمر العضوي على شكل مسحوق إلى أواخر الأربعينات وأوائل الخمسينات عندما كانت المساحيق ترش بالنار على الأجزاء المعدنية. خلال هذا الوقت قام الدكتور إروين جيمر , (Erwin Gemmer) وهو عالم ألماني ، بتطوير تطبيق الراتنجات الحرارية على المعدن كبديل أكثر كفاءة لرش اللهب. وقدم طلب براءة اختراع لهذه العملية الجديدة في ألمانيا في أيار/مايو 1953، وصدرت براءة الاختراع في أيلول/سبتمبر 1955"**(Dumain, E.D 1999)**

حصل هارولد رانسبيرغ على براءة اختراع اللوحة الكهروستاتيكية لأول مرة في الولايات المتحدة في أواخر الأربعينيات. أسس Harold Ransburg شركة Electrostatic Equipment Ransburg واكتشف أن الطلاء بالرش الكهروستاتيكي حقق نجاحًا فوريًا حيث أدرك المصنعون بسرعة توفير المواد الكبيرة التي يمكن تحقيقها. في الطلاء بالرش الكهروستاتيكي أو طلاء المسحوق ، "يتم تصنيع الجسيمات الصغيرة بحيث تكون مشحونة كهربائيًا، وبالتالي تتنافر وتنتشر بالتساوي عند خروجها من فوهة الرش. الكائن الذي يتم شحنه بشكل معاكس. ينجذب الطلاء بعد ذلك إلى الكائن الذي يعطي طبقة متساوية أكثر من الطلاء بالرش المبلل، كما يزيد بشكل كبير من نسبة الطلاء التي تلتصق بالجسم. تعني هذه الطريقة أيضًا أن الطلاء يغطي المناطق التي يصعب الوصول إليها. يمكن بعد ذلك تحميص الكل لربط الطلاء بشكل صحيح، يتحول المسحوق إلى نوع من البلاستيك. تعد ألواح جسم السيارة وإطارات الدراجات مثالين على استخدام الطلاء بالرش الكهروستاتيكي"**(Lafabrier, A. (2014)**)

هناك ثلاث تقنيات رئيسية لشحن(السائل أو مساحيق)

- **الشحن المباشر**: يتم غمر القطب الكهربي في خزان إمداد الطلاء أو قناة إمداد الطلاء.
- **الشحن التريبيو** :يستخدم احتكاك السائل الذي يتم دفعه عبر فوهة مسدس الطلاء. إنه يحتك بجانب البرميل ويولد شحنة إلكتروستاتيكية.
- **الشحن بعد الانحلال**: يتلامس السائل الذري مع مجال إلكتروستاتيكي في اتجاه مجرى فوهة المخرج. يمكن إنشاء المجال الكهروستاتيكي عن طريق الحث الكهروستاتيكي أو الإكليل، أو بواسطة قطب كهربائي واحد أو أكثر (حلقة قطب كهربائي، شبكة) **(Dogan, E. (2013)**

الطلاء بأسلوب الكهربية الساكنة (الكتروستاتيك):

وتعتبر هذه العملية هي " تغطية جافة لأسطح المنتجات المعدنية بصفة عامة والحديد والألومنيوم بصفة خاصة ويتم استخدام فيها جزئيات ناعمة جداً من الصبغات والراتنجات المشحونة كهروستاتيكياً ثم ترش على المنتجات وتلتصق الجزيئات الصغيرة المشحونة بسطح المنتج عن طريق صهرها وإذابتها كطبقة متجانسة مستخدماً فيها أفران المعالجة الحرارية وتتكون طبقات الطلاء ببودرة البلاستيك من الراتنجات الصلبة وصبغات وبعض الاضافات

التي تختلط وتذوب معاً بتأثير الحرارة لتتجانس وترتبط بعضها البعض مكونة طبقة طلاء تتسم بالصلادة والتماسك." **" Greg (Valeroand,2011)**

الهدف من الطلاء بأسلوب الكهربية الساكنة:

– **مقاومة التآكل الكيميائي:**

"حماية المنتجات من التآكل سواء كانت بترسيب طبقات طلاء مقاومة للتآكل أو طلائها بطبقات من مواد عازلة لحماية السطح من التأثر بمعظم البيئات المسببة للتآكل **(R. Winston Revie and Herbert2008)** وحمايتها من المقاومة العالية لتأثير الأحماض والقلويات المختلفة التي يمكن أن يتعرض لها سطح المنتج أثناء الاستخدام وتطبق عملية الطلاء والتغطية بأسلوب الكهربية الساكنة فوق أسطح المنتجات المعدنية وذلك لتحسين الخواص المظهرية الجمالية والوظيفية. فالهدف من عملية الطلاء بالكهربية الساكنة هو تغطية سطح المعدن ذو القابلية الشديدة للتآكل باستخدام التغطيات العضوية مثل الدهانات والتغطية ببودرة البلاستيك(الكتروستاتيك) واستخدام خامات بديلة مقاومة للتآكل، ويتحقق عن طريق ذلك وقاية المعدن الأصلي من التآكل.

– **معالجة لونية وتجميل للأسطح المعدنية:**

والهدف الثاني من أهداف عملية الطلاء بالكهربية الساكنة(الكتروستاتيك) هو المعالجة اللونية وتجميل سطح المعدن ويتم ذلك من خلال التغطية بطبقات تتميز بالصقل واللمعان والألوان المتعددة والجذابة التي لا حصر لها، فلمعان السطح من الأمور الضرورية لتقييم مظهر المنتج المعدني، ونجد أن معظم طبقات الطلاء المختلفة تتفاعل مع الغازات والمواد السائلة في البيئات المختلفة، ويؤدي ذلك إلى فقدان سطح المنتج للمعانه." ولتقييم مقاومة المنتجات المطلية لمقاومة فقدان اللمعة يجب أن توضع في بيئة اختبار مشابهة مثل

كبريتيد الهيدروجين" **(DOUGLAS S. RICHART 2005)** فالطلاء بالإلكتروستاتيك قد ينتج بمظهر مختلف في بعض التأثيرات مثل(اللون - الملمس – الصلابة – اللمعان) ويتم تطبيقها بسهولة بينما يصعب تحقيق ذلك مع العمليات الآخرى.

المعدات والأجهزة التي يجب توافرها في ورشة الإلكتروستاتيك:

قامت الباحثة بدراسة ميدانية لبعض الورش الخاصة بالطلاء بمنطقة العاشر من رمضان بالشرقية وذلك بهدف: مناقشة الحرفيين والتعرف على كيفية الطلاء.

- التعرف على الشكل العام للورشة ومكوناتها.
- معرفة العدد والآلات والأجهزة المستخدمة في عملية الطلاء.
- كيفية تطبيق الطلاء على الأسطح المعدنية وخاصة الألومنيوم.

وتتمثل الأجهزة والمعدات التي يجب توافرها في ورشة الطلاء الإلكتروستاتيك:

- مسدس طلاء البودر الالكتروستاتيكي
- كابينات الطلاء الالكتروستاتيكي.
- أفران تجفيف الطلاء الالكتروستاتيكي.
- مسدس طلاء البودر الالكتروستاتيكي

شكل (1) يوضح ورشة الطلاء الإلكتروستاتيك من الداخل

مسدس الطلاء الذي يحتوي بداخله على قطع إلكترونية ومنظمات للهواء، وينظم تدفق الفولتية والامبيرية، يتم برمجته للأوضاع المخصصة للطلاء "تستخدم هذه الأجهزة ضغط الهواء وضغط السوائل من 300 إلى 3000 رطل لكل بوصة مربعة (2100-20700 كيلو باسكال) لتحقيق الانحلال للطلاء. يوفر هذا الجهاز نقلًا عاليًا وسرعة تطبيقًا متزايدة وغالبًا ما يستخدم مع تطبيقات الخطوط المسطحة في ورش المصنع(**محمد محمد هلال،2009)** يتم توفير ضغط السوائل بواسطة مضخة هوائية، مما يسمح برش مواد أثقل بكثير مما هو ممكن باستخدام مسدس رش الهواء. يتم إدخال الهواء المضغوط في البخاخ عبر فوهة هواء (تسمى أحيانًا غطاء هوائي) مماثلة لمسدس الرش التقليدي. تعمل إضافة الهواء المضغوط على تحسين صفاء الانحلال.

– كبائن الطلاء والرش الالكتروستاتيكي

كابينات الطلاء تكون مثبتة على الأرض بشكل مباشر والهدف منها التحكم في الرش المفرط والحد من المذيبات وتحسن الجسيمات بالانتشار الكبير للطلاء والرش الالكتروستاتيكي في الوقت الحالي، لاسيما في التطبيقات الصناعية الكبيرة في كبائن التشغيل الآلي واليدوي. وتعتمد هذه العملية على تغذية متنوعة من مسحوق البودرة والمكونات المصنوعة من مواد ترابية تؤدي لظهور الرش بشكل متناسق وبطريقة مباشرة وغير مباشرة والحد من الإفراط في الرش وتقليل النفايات.

في حالة ارتفاع درجة الرطوبة النسبية بشدة، ستتوقف آثار الشحنة الالكتروستاتية وسيتأثر التصاق الرش الخارجي وستكون هناك حاجة لمزيد من معدلات تدفق الرش العالية لعمل التشطيب ذاته. وفي حالة انخفاض نسبة الرطوبة النسبية، تتأثر خصائص مسدس رش الطلاء ومن ثم لا يخرج المسحوق بطريقة صحيحة، وتنخفض كفاءة النقل بين مسحوق البودرة والأشياء التي يتم طلاؤها مما يؤدي إلى وجود طبقة رقيقة غير متناسقة وحدوث أثار للمجال المغناطيسي. وتزداد التكاليف ويقل الفاقد. كما أن الرطوبة النسبية المنخفضة قد تؤدي إلى احتمالية حدوث قوس كهربي، بالنسبة للطلاء والرش الالكتروستاتيكي عند 20-25 درجة مئوية، تُعد الرطوبة النسبية بين درجة 45-60% أمرًا مثاليا .

شكل (3) يوضح كابينة الطلاء

– أفران تجفيف الطلاء الالكتروستاتيكي

تستخدم أفران الطلاء في معالجة المسحوق على الركائز المعدنية، مثل حجوم الألومنيوم، وفلز الألواح، وأشكال هندسية معدنية مختلفة، فعندما يتعرض مسحوق الثيرموسايت لدرجة حرارة مرتفعة، يبدأ في التدفق للخارج، ثم يتفاعل كيميائياً لتكوين بوليمر ذي وزن جزيئي أعلى في بنية تشبه الشبكة.

الهيكل: يتكون من الجسم والعزل والغطاء والمسخن، يستخدم الغاز لتوليد الطاقة من خلال المروحة الدوارة، لجعل درجة الحرارة في الفرن ترتفع بشكل موحد.

"يوضع المعدن المطلي في الفرن، تحت تأثير درجة حرارة ثابتة، يتم تسخين الجزء وبلمرة الطلاء، ثم بعد ذلك يتم دمج الجسيمات لتشكيل فيلم، ثم تصلب ويتم التبريد، تستغرق العملية حوالي 15-30 دقيقة، حيث يعتمد وقت المعالجة على حجم المنتج ونوع الفرن. يتم الاحتفاظ بدرجة الحرارة في غرفة البلمرة في حدود 150-200 درجة مئوية وتعتمد على نوع الطلاء، فنجد أن المسحوق المصهور قادر على ملء جميع الكرات الدقيقة، مما يعطي التصاق جيد بسطح المعدن. يتلقى الطلاء جميع الخصائص الضرورية في مرحلة التصلب: القوة والمظهر والحماية، يجب أن يبرد المنتج لمدة 15 دقيقة. خلاف ذلك قد يتلف الطلاء، وسوف يلتصق الغبار والأوساخ به"(**محمد مجدي عبدالله2005**).

شكل (4) يوضح فرن الطلاء الالكتروستاتيكي

العمليات التي يجب مراعاتها قبل عملية الطلاء:

ما قبل المعالجة للمنتج وتعتبر أطول وأكثر عملية شاقة، إن عملية إعداد السطح للطلاء ينطوي على إزالة أي شوائب، إزالة الشحوم والشوائب من أجل زيادة الالتصاق، وكذلك حماية المعدن من التآكل.

يمكن تنظيف السطح المراد معالجته ميكانيكياً أو كيميائياً، في حالة التنظيف الميكانيكي: يتم استخدام فرش الصلب، وتنظيفيها مع قطعة قماش نظيفة مبللة مع المذيبات، أما فيما يتعلق بالمعالجة الكيميائية: يتم ذلك باستخدام مواد حمضية أو قلوية أو محايدة ومذيبات يتم اختيارها تبعاً لدرجة التلوث والمواد والحجم ونوع السطح المراد معالجته وعوامل أخرى.

" ويتحقق تنظيف الكشط بمساعدة الجسيمات الدقيقة (النار والرمل)، والحديد الزهر أو الكريات الصلب، والتي يتم تسليمها إلى السطح بسرعة عالية عن طريق الهواء المضغوط أو قوة الطرد المركزي. هذه الجسيمات كسر أجزاء من المعدن مع مقياس الصدأ أو غيرها من الملوثات، مما يزيد بشكل كبير من التصاق الطلاء.

الحفر هو إزالة أكاسيد الصدأ والملوثات الأخرى باستخدام محاليل تعتمد على الهيدروكلوريك، الكبريتيك، النيتريك، الأحماض الفوسفورية أو الصودا الكاوية.

المرحلة النهائية من إعداد السطح هو التخميل علاج الجسم مع مركبات نترات الصوديوم والكروم، ويتم التخميل من أجل منع حدوث التآكل الثانوي في أي مرحلة من إعداد السطح بعد إزالة الشحوم. بعد الشطف وتجفيف الجزء في الفرن تكون جاهزة لتطبيق الطلاء مسحوق"**(Puig, M., Cabedo 2014)**

مكونات بودرة الطلاء الالكتروستاتيكية المتماسكة بالحرارة:

إن النجاح الساحق لأي بودرة طلاء، يعتمد على قياسات المعدات، وطبيعة البودرة، وتركيبها، وحالتها. فهناك مجموعة متنوعة من البودرة، التي يمكن الاختيار من بينها وسوف يعتمد الاختيار النهائي، على متطلبات الاستخدام النهائي للسطح المطلي.

في الأنظمة المتماسكة بالحرارة يكون البوليمر عبارة عن أنواع أوزان جزيئية منخفضة تذوب وتتدفق أثناء الانصهار، وتجتاز على الفور أي تحول كيميائي لأي حالة معالجة أو متماسكة بالحرارة وبمجرد الوصول لهذه الحالة لا يمكن إعادة إذابتها إلى أي حالة بلاستيكية كما هو الحال مع التركيبات الملدنة بالحرارة.

"يحدث تفاعل التصلب في البودرة المتماسكة بالحرارة، بين مجموعات الأجزاء المعدنية المتخصصة (المتفاعلة) للراتنجات، ومجموعات الأجزاء المعدنية الخاصة بعامل المعالجة، وللحصول على طبقة ناعمة يجب أن يتحول البوليمر إلى طبقة ناعمة قبل بدء عملية المعالجة.

إن بودرة الطلاء هي مكون متناسق حيث تتوازن درجة حرارة التبطين مع خواص اللزوجة أو الانصهار وسرعة التصلب، وكما هو الحال مع الطلاءات التي تقوم على المذيبات يمكن تركيب البودرة المتماسكة بالحرارة، لإنتاج طلاءات الديكور، والمؤثرات الخاصة للألومنيوم، والبرونز، والميتاليك، والملمس المميز لها"، والتأثيرات والتشطيبات القوية، قليلة وفائقة اللمعان **(electrostatic-painting)**

تركيب البودرة:

تتمثل المكونات الأساسية للبودرة المتماسكة بالحرارة في: البوليمرات عامل صلابة، أو مساعدة، أو ربط، أو معالجة مواد إضافية للتحكم في التدفق.

ويؤثر اختيار المكونات في الخواص الآتية:

خواص الفيلم مثل: اللمعان، واللون، والصلابة، والمرونة، والتماسك، ومقاومة الكيماويات، طريقة الاستخدام، زمن المعالجة، ودرجة الحرارة.

البوليمرات

تُستخدم الدرجات الصلبة للراتنجات مع بودرة الطلاء ويعتبر اختيار الدرجات المناسبة أمرًا في غاية الأهمية، كخواص التحكم هذه مثل: خواص طبقة الطلاء، والتسوية، والتدفق، ونقطة الذوبان. تستخدم الراتنجات التي تحظى بنقطة تليين تتراوح بين 70-110 درجة مئوية. وتتسم بنقطة ذوبان منخفضة بميل حقيقي " للتعجن" أثناء التخزين، وتحظى بدرجة مميزة من التدفق عند المعالجة، ولذلك يتم الحصول على درجة منخفضة من تغطية الأطراف الحادة، وعلى النقيض قد تحظى تلك الراتنجات التي تتمتع بنقطة تليين أعلى بتدفق غير كافٍ عند المعالجة، وتميل إلى إظهار تأثير القشور البرتقالية، لكن تغطية الأطراف الحادة، تكون جيدة".**(Thomas M, Roders,1993)**

الصبغات

إن الصبغات المستخدمة حالياً في طلاءات الأسطح التقليدية التي تحمل المذيبات، يمكن استخدامها مع بودرة الطلاء بشرط أن تكون خاملة كيمائيًا، وسريعة المقاومة للضوء والحرارة.

يُستخدم ثُنائي أكسيد التيتانيوم في تصنيع الألوان البيضاء، ويستخدم الكربون الأسود لتصنيع الألوان السوداء والرمادية، وللحصول على طلاءات ملونة بدرجة عالية تستخدم مجموعة متنوعة من الصبغات العضوية وغير العضوية، وتستخدم بودرة الألومنيوم والبرونز لتوفير تأثيرات الميتاليك.

المواد الإضافية للتحكم في التدفق

"بعد اختيار الراتنجات المناسبة عامل الصلابة ونظام الصبغات يلزم إدخال تعديلات على التركيب، وذلك لتعديل خواص طبقة الطلاء والتدفق لتتناسب مع ظروف التطبيق والمعالجة، ومن الضروري دمج عوامل التحكم في التدفق والتي بدونها تميل مساحيق الطلاء إلى التثقب أو الانحراف والتجويف أثناء المعالجة.

وتقوم عوامل التحكم في التدفق على تقليل ميل الراتنجات إلى الانحراف، من خلال تقليل اضطراب السطح وتعزيز التدفق الذي ينتج عنه طبقات أكثر نعومة. (Grigoriev**, A.Y., A.V 2013**)

مساحيق الثرموستينج:

هي الي تذوب وتتجانس بالحرارة، ولكن قد يتغير تركيبها الكيميائي نتيجة تفاعلها مع بعض المكونات الداخلة في التركيب ولا يعاد صهرها إذا تعرضت للحرارة مرة أخرى"(**Zeno W. Wicks,2007**) ومن أمثلتها:

Epoxy	ايبوكسي
Hybrid	هيبريد
Polyester	البولي إستر
Acrylic	اكريلك
Fluorocarbon	الفلوروكربونات

جدول (3) يوضح مساحيق الثرموستينج للطلاء

بودرة الإيبوكسي يمكن تركيب هذه البودرة لتوفير طلاءات ناعمة وعالية اللمعان ذات تماسك ومرونة ومقاومة ممتازة للعوامل الكيميائية، ويتمثل العيب الرئيسي فيها هو الميل البارز إلى اللون الأصفر عند درجات الحرارة المرتفعة، أو عند التعرض لضوء النهار، ومع ذلك فإن سلامة طبقة الطلاء على الأسطح الخارجية تكون ممتازة، ولا وجود فيها لمواد متطايرة، تنبعث أثناء التسخين.

بودرة البولي استر تتمتع هذه البودرة بقوة تحمل خارجية ممتازة، مصحوبة بمقاومة عالية للاصفرار تحت تأثير الأشعة فوق البنفسجية، ويجب تسخينها لفترات طويلة وبدرجات حرارة مرتفعة مقارنة ببودرة الإيبوكسي، كما أن مقاومة بودرة البوليستر للعوامل الكيميائية تكون أقل بقليل من بودرة الإيبوكسي.

بودرة خليط البوليستر والإيبوكسي هذه البودرة عبارة عن فئة من البودرة المتماسكة بالحرارة، يتم استخدامها على نطاق واسع، وتمثل فيها راتنجات الإيبوكسي عاملاً معالجًا لراتنجات البوليستر، وبناءً على اختيار الراتنجات ونسبها تجمع خواص بودرة الخليط بين الإيبوكسي والبوليستر الخالص ويترك وجود هذا النوع من راتنجات الإيبوكسي والبوليستر معرضة للتجيير على الأسطح الخارجية.

مساحيق الثرموبلاستيك:

"هي المواد التي تلين وتذوب بالحرارة وتظل لها نفس التركيب الكيميائي بعد أن تبرد وتجف بالإضافة إلى أنه يمكن إعادة صهرها مرة أخرى بتعريضها للحرارة ومن أمثلتها:

Polyethylene	البولي اثيلين
Poly vi	البولي فينيل كلورايد
Polypropylene	البولي بروبلين
Nylon	نايلون

جدول (4) يوضح مساحيق الثرموبلاستيك للطلاء

تقوم بودرة البولي ريثان على خواص البودرة التي تحتوي على الهيدروكسي الذي يتفاعل مع الإيزوسيانات وتوفر هذه البودرة خواص كيميائية ومادية متكاملة، بالإضافة إلى قوة تحمل خارجية جيدة.

شكل (5) بودرة الطلاء المعادن

نقلاً عن: http://zwmmaterials.ae/product.htmlkrghW

شكل (6) بعض الدرجات اللونية على سطح المعدن نقلاً عن:
https://www.superiorglove.com/blog/electrostatic-spray-painting

تطبيق الطلاء الالكتروستاتيك:

عند الانتهاء من المعالجة المسبقة يتم وضع المعدن في غرفة الرش حيث يتم تطبيق الطلاء المسحوق مباشرةوالغرض الرئيسي من هذا هو التقاط جزيئات مسحوق التي لا تستقر على المنتج وإعادة تدوير الطلاء، ومنعها من دخول الغرفة. وقد تم تجهيز هذه الغرفة مع نظام من المرشحات، وسائل التنظيف وأنظمة الشفط.

شكل (7) يوضح مسدس الرش الخاص بالطلاء

تتم التغطية بالمسحوق عن طريق مجال كهربي بين المشغولة ومسدس الرش "وتحدث هذه العملية عند ضغط عالي ما بين

(100:90ك/ف) ويتم الانصهار عند درجة حرارة 150-220 درجة مئوية لمدة 15-30 دقيقة، حيث يتم اندفاع لجزيئات المسحوق على خطوط المجال الكهربي مباشرة في اتجاه المشغولة المراد تغطيتها، وبعد الانتهاء من الرش يتم تسخين المنتجات حتى يذوب المسحوق مكوناً طبقة متجانسة يتم تبريدها إلى طبقة طلاء صلدة ومن الشائع تسخين المنتجات قبل عملية الرش ليساعد الطبقة النهائية على التجانس فوق سطح المنتج "

(محمد العوامي محمد، ياسر عيد محمد،2016) وعندما يتم تطبيق الطلاء بالفعل على المنتج، يتم توجيهه إلى المرحلة التالية وهي تشكيل طلاء يتضمن ذوبان طبقة الطلاء، والحصول على طلاء الفيلم، وعلاجه وتبريده.

تتم التغطية بالمسحوق عن طريق مجال كهربي بين المشغولة ومسدس الرش "وتحدث هذه العملية عند ضغط عالي ما بين (100:90ك/ف) ويتم الانصهار عند درجة حرارة 150-220 درجة مئوية لمدة 15-30 دقيقة، حيث يتم اندفاع لجزيئات المسحوق على خطوط المجال الكهربي مباشرة في اتجاه المشغولة المراد تغطيتها، وبعد الانتهاء من الرش يتم تسخين المنتجات حتى يذوب المسحوق مكوناً طبقة متجانسة يتم تبريدها إلى طبقة

طلاء صلدة ومن الشائع تسخين المنتجات قبل عملية الرش ليساعد الطبقة النهائية على التجانس فوق سطح المنتج " **(محمد العوامي محمد، ياسر عيد محمد،2016)** وعندما يتم تطبيق الطلاء بالفعل على المنتج، يتم توجيهه إلى المرحلة التالية وهي تشكيل طلاء يتضمن ذوبان طبقة الطلاء، والحصول على طلاء الفيلم، وعلاجه وتبريده.

وقد" أثبتت عملية التغطية الكاملة بالكهربية بلون واحد نجاحاً كبيراً "وأمكن التوصل إلى تطبيق ألواناً متعددة وفقاً لتصميم المنتج، من خلال عزل المناطق غير المطلوب تغطيتها لتحديد مناطق محددة للطلاء"**(نبيل مصطفى،1985)**، حيث إن عملية الطلاء تطبق فوق أسطح المنتجات الحديدية والألومنيوم لتحسين كل من الخواص الجمالية اللونية والخواص الوظيفية.

شكل (8) يوضح تغطية سطح المعدن ببودرة الطلاء

شكل (9) رسم توضيحي لمراحل تطبيق الطلاء

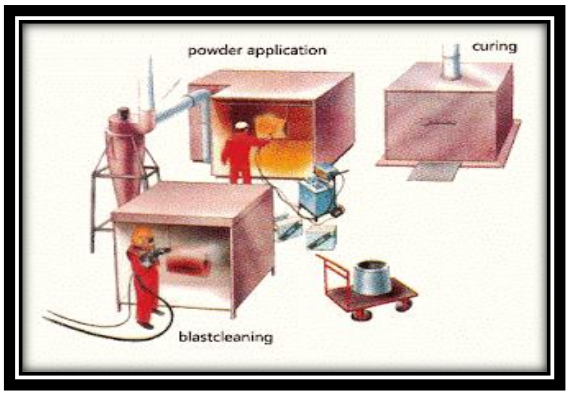
نقلاً عن:-http://mitraikhtiar.blogspot.com/2013/03/powder-coating-teknik-pengecatan.html

خامة الألومنيوم الملون وإمكانياتها الجمالية والتقنية:

لكل خامة من الخامات الطبيعية أسلوب تشكيل ويمكن التعرف على الأساليب التشكيلية للخامات من خلال التجريب " فالتجريب هو أسلوب علمي يتميز بالبحث عن المشاكل ومحاولة إيجاد الحلول لهذه المشكلات، ولذا فقد أصبح التجريب هو أقرب الاتجاهات الحديثة للتعايش مع خواص التجربة العلمية في مجال الفن "**(عز الدين عبد المعطي،1989)** ويرى الفيلسوف الفرنسي (آلان)" أن المرء لا يبتكر ولا يبدع إلا حين يعمل ويجرب، فالفنان هو صانع قبل أن يكون فناناً، فالفنان ليس لديه أفكاراً محددة وإنما تأتيه الأفكار كلما توغل في الإنتاج "**(زكريا إبراهيم،1996)**.

وتتمتع خامة الألومنيوم الملون بالعديد من المميزات التي ترى فيها الباحثة من العوامل التي تجعل منها خامة لونية مناسبة بديلة عن الخامات التقليدية، ويمكن عرض مميزاتها التشكيلية فيما يلي:

- ذات ملمس ناعم وتنتج على هيئة ألواح مسطحة، مقاومة للخدش والاحتكاك ومقاومة للتآكل الكيميائي.
- طواعيتها وقابليتها للقطع أو القص يسمح بإجراء أسلوبي الحذف أو الإضافة، "فالحذف" يتم لجزء داخلي بالمشغولة المعدنية مما ينتج عنه فراغات يمكن توظيفها جمالياً.
- قابليتها للطي والثني وامكان تشكيلها بسهولة بطرق وأساليب متنوعة مما يحقق العديد من الصياغات التشكيلية.
- رخيصة الثمن قليلة التكلفة مما يسمح للطالب بممارسة التدريب المتواصل دون تحمل أعباء مالية عالية وأقل تكلفة من الطلاء بمواد أخرى.
- بساطة الطريقة والتوفير في الطاقة والخامة.
- ذات مظهر متميز وألوان متعددة بالإضافة إلى ثبات اللون وتجانس ألوان أسطح جميع القطاعات.



شكل (10) قرط للفنان Roben Aronson منفذ بخامة الألومنيوم الملون

نقلاً عن: https://multicoloranodizing.blogspot.com/2011/09/anodized-aluminum-jewellery-by-florida.html

شكل (11) قلادة للفنان Roben Aronson منفذ بخامة الألومنيوم الملون
نقلاً عن: https://www.pinterest.com/pin/570620215294914917/

تقنيات معالجة الأسطح المعدنية باستخدام خامة الألومنيوم الملون:

المعالجات اللونية:

هي تلك المعالجات التي يستخدم فيها بعض الخامات التي تضيف قيماً لونية للمشغولات المعدنية وهذه الخامات كثيرة ومتنوعة. وتري الباحثة أن للون أهمية كبيرة في أي عمل فني لا يمكن أن يدرك بدونه ومن المعالجات التي تضيف قيماً لونية للمشغولة المعدنية التي تعتبر أساس البحث الحالي هي خامة الألومنيوم الملون بأسلوب الكهربية الساكنة (الالكتروستاتيك) وهي خامة لها خواص تشكيلية تتمثل في سهولة إجراء أساليب التشكيل اليدوية عليها وسهولة طيها وثنيها، وتأتي في صورة ألواح مختلفة السمك، ولها العديد من الدرجات اللونية المتعددة، وتستخدم كعازل حراري وتدخل في صناعات الأثاث.

المعالجات الملمسية:

يعرف الملمس بأنه المظهر المميز لأسطح المواد كالخشب والمعادن والذي ينشأ من ترتيب جزيئاتها أو مقوماتها الأساسية " (**WEBSTER, Noah,1996**) فهناك فرق بين ملامس الأسطح والمعالجات الملمسية، لأن معظم التصنيفات الخاصة بالملامس تدمج بين ما هو ملمس وما يؤدي إلى الإحساس بالملمس.

وتري الباحثة أن الملمس من الخصائص الهامة المميزة للمعالجات السطحية للمشغولة المعدنية، فيرتبط تأثير الملمس بالوظيفة الاستخدامية والوظيفة الجمالية للمنتج، ويتم إدراك الملمس من خلال البصر واللمس فتتنوع التغطيات ذات الملامس المختلفة ويمكن الحصول على أنواع مختلفة من الملامس من خلال تقنية (زخرفة السطح بالتفريغ، التفريغ باستخدام منشار الاركت، التثقيب، أسلوب الدفع من الخلف(الريبوسيه)، الحفر، أسلوب الطي والثني)

الزخرفة وتزيين السطح

تم اختيار زخارف نباتية، هندسية، خطية لمعالجة سطح المشغولة المعدنية ووضع الزخارف على سطح الخامات المعدنية التقليدية وخامة الألومنيوم الملون وتم استخدام أكثر من أسلوب تشكيل من أساليب التشكيل المعدني ومن التقنيات المستخدمة:

- **التفريغ باستخدام منشار الاركت:** وهي أحد أساليب القطع المستخدمة في الألواح والشرائح المعدنية بهدف إحداث فراغات زخرفية، وحيث أن سلاح المنشار هو أداة القطع الحقيقية لذا فإن اختيار الأسلحة في عملية النشر ضرورية وهامة، كذلك سمك المعدن وصلابته والفراغات التي تحصل عليها بالأركت لا تحتاج إلى عمليات برد.
- **التشكيل بأسلوب النشر:** هي إحدى عمليات القطع سواء في المعادن أو غيرها، ويعتبر التفريغ بالنشر من العمليات التي لا تحتاج إلى تشطيب إلا بقدر بسيط.
- **أسلوب الضغط (الدفع من الخلف)**

هي إحدى طرق التشكيل على الأسطح بالبارز والغائر وفيها تستخدم أقلام الضغط والتشكيل المناسبة لعمل تأثيرات ملمسية بارزة وغائرة على مسطح الرقائق من خلال الدفع من الخلف أو من الأمام.

- **الحفر الكيميائي (الحفر بالأحماض):**

هو أن تتفاعل مع المعدن مؤثرة فيه إما بالتآكل أو بتغيير لونه، وما يهمنا هو عملية التآكل أو الحفر.

أساليب الوصل: يتم اختيار أساليب الوصل المناسبة على أساس:

- - سمك المعدن (الألومنيوم الملون) والخامات المعدنية الأخرى
- - نوع المشغولة ووظيفتها
- - الهيئة العامة للمشغولة

عملية البرشمة: تعتبر عملية وصل الألومنيوم الملون مع النحاس بالبرشام من أهم عمليات الوصل وتستخدم في حالة تثبيت شريحتين من المعدن، وفيها يتم عمل ثقبين متقابلين في شريحتي المعدن ثم يتم وضع المسمار على أن يتم الطرق عليه من الجهة الأخرى.

المحور الثاني: الجانب التطبيقي:

اعتمدت الباحثة في هذا الجزء على المنهج شبه التجريبي، حيث يتعلق التجريب بمدى الإفادة من الخامات المعدنية الملونة

المتواجدة في البيئة الصناعية بهدف الوصول إلى صياغات تشكيلية مبتكرة كمدخل لاستحداث معلقات معدنية معاصرة.

أولاً: التجربة الطلابية:

الأساس الفكري لبناء التجربة الطلابية:

- القاء الضوء على أهمية الخامات المعدنية الملونة الحديثة في البيئة الصناعية كمدخل تصميمي ابتكاري والإفادة من جمالياتها لاستحداث معلقات معدنية معاصرة.
- طرح منهج تجريبي يدعم فرص التجريب والإفادة من جماليات الخامات المعدنية الملونة وإبراز دورها في تنمية الوعي الثقافي والفني للطلاب.

أهداف التجربة الطلابية:

- تحقيق صحة فرض البحث عن طريق إجراء بعض الممارسات التطبيقية على الطلاب (عينة البحث) وذلك من خلال الإفادة من الخامات المعدنية الملونة في البيئة الصناعية بهدف الوصول إلى صياغات تشكيلية مبتكرة كمدخل شبه تجريبي لاستحداث معلقات معدنية معاصرة.
- تحقيق العديد من القيم التشكيلية واللونية في المعلقات المعدنية من خلال الإفادة من الخامات المعدنية الملونة.

ثوابت التجربة:

عينة البحث:

اختارت الباحثة عينة من طلاب الفرقة الثالثة بقسم التربية الفنية بكلية التربية النوعية جامعة الزقازيق في العام الدراسي 2021/2020 خلال محاضرات مادة أشغال المعادن حيث بلغ عدد أفراد العينة 100طالب مقسمين إلى مجموعات بواقع 10 طلاب لتنفيذ مشغولة معدنية واحدة، حيث قامت الباحثة بتنفيذ الأعمال في شكل معلقات معدنية متعددة المستويات وذلك لكي تعطى المساحة الكافية التي تسمح باستخدام أكثر من تقنية وأكثر من خامة وكذلك لتوفير فرصة العمل داخل جماعة والبعد عن العمل الفردي.

تقتصر التجربة الطلابية على:

- الخامات المعدنية الملونة (الألومنيوم المعالج بالكهربية الساكنة) والخامات المعدنية التقليدية (النحاس الأحمر والأصفر ورقائق النحاس).
- الاستلهام من العناصر الآدمية (وجه المرأة).
- يتحدد نوع المشغولات المعدنية في (معلقات معدنية معاصرة لها قيمة جمالية ونفعية).
- استخدام مختلف العمليات التصميمية في تنفيذ المعلقات المعدنية من خلال (التراكب، التجاور، الحذف، الإضافة).
- تقتصر الأساليب الأدائية المستخدمة في تنفيذ المعلقات المعدنية على أسلوب القطع (التفريغ باستخدام منشار الاركت، التشكيل بالشق، التشكيل بالحفر الكيميائي) أسلوب الضغط على رقائق النحاس التشكيل بالبارز والغائر.

مداخل التجربة الطلابية:

- **عنصر اللون**: وما يحققه من ثراء لوني وجمالي للمشغولات المعدنية، وذلك من خلال استخدام الخامات المعدنية الملونة بألوانها المتعددة مثل ألواح الألومنيوم الملون المعالج الإلكتروستاتيك، وشرائح النحاس الأحمر والأصفر.
- **عنصر الملمس**: وما يعكسه من دلالات جمالية ناتجة عن إضافة بعض الزخارف (النباتية، والهندسية، والخطية) وعمل تأثيرات ملمسية من خلال زخرفة سطح المعلقات المعدنية بأساليب التشكيل المعدني المتنوعة.

ثانياً: الأدوات المستخدمة في التجربة الطلابية:

- الأدوات اليدوية: منشار اركت، مقص معادن، أقلام الضغط على رقائق النحاس.
- الأدوات الميكانيكية: مثقاب كهربائي.

ثالثاً: مراحل التجربة الطلابية:

مرحلة التصميم: الإفادة من العناصر الآدمية وخاصة وجه المرأة كمنطلق تصميمي ابتكاري وذلك بهدف الوصول إلى صياغات تشكيلية مبتكرة كمدخل لاستحداث معلقات معدنية معاصرة، وذلك من خلال استخدام الأسس والعمليات التصميمية مثل (التراكب، التجاور، التداخل، الحذف، الإضافة) مع ضرورة مراعاة القيم الفنية في التصميم (وحدة، إيقاع، اتزان ...الخ) حيث قام طلاب كل مجموعة من (عينة البحث) بإعداد تصميمات تصلح لتنفيذ معلقة معدنية من خلال تجريد وإضافة زخارف ومعالجات ملمسية متنوعة واختيار أفضل التصميمات لتحقيق حلول تشكيلية مبتكرة للمشغولة المعدنية..

- **مرحلة التجريب:** يتم في هذه المرحلة اعطاء الطلاب الوقت الكافي للتجريب في طبيعة الخامات المعدنية الملونة وعمل بعض الممارسات التجريبية من خلال استخدام الأساليب التقنية المراد الطالب أن يتقنها مثل (التفريغ بالأركت، والحفر الكيميائي، وأسلوب الضغط).
- **مرحلة التنفيذ**: تعد هذه المرحلة من أهم المراحل حيث يتم تطويع جماليات العناصر الآدمية (وجه امرأة) والمتواجدة في

التصميم الذي تم اختياره، وكذلك الإفادة من جماليات الخامات المعدنية الملونة الحديثة المستخدمة في التنفيذ مثل الألومنيوم المعالج الكتروستاتيك والنحاس الأحمر والأصفر مع تحديد تخانات مختلفة من ألواح الألومنيوم الملون 0.7مم، النحاس الأحمر 0.6مم، النحاس الأصفر0.6مم.

يتم طبع التصميم كاملاً على المعدن وتنزيل كل جزء على الخامة المعدة له واختيار أساليب التشكيل المعدني الملائمة لكل شكل.

- **مرحلة الوصل:** من العمليات اللازمة لإتمام عمليات التشكيل، حيث يمكن تجميع أجزاء المشغولات وتوحيد هيئتها، وعمليات الوصل إلى جانب أنها تجمع الأجزاء، فإنها تزيد من متانة المشغولة والحفاظ علي هيئتها، بل يمكن استخدام عمليات الوصل بشكل زخرفي كما هو الحال في استخدام الوصل بالبرشمة بأشكال مختلفة و بتوزيعات متنوعة.
- **مرحلة التشطيب:** وتهدف هذه العملية إلى إخراج هيئة المنتج المعدني في أحسن صورة والحفاظ علية من تأثير العوامل الطبيعية

رابعاً: العرض والتحليل الفني للمعلقات المعدنية ناتج التجربة الطلابية:

وتستعرض الباحثة فيما يلي بعض المشغولات المعدنية التي قام الطلاب بتنفيذها والتي يمكن من خلالها إيجاز أهم الصياغات التشكيلية التي حققها التجريب من خلال استخدام خامة الألومنيوم الملون كخامة حديثة مع الخامات المعدنية التقليدية:

- **تعدد المستويات وتراكب المسطحات** من خلال وضع أحد المسطحات المعدنية فوق المسطح المعدني الأساسي حيث تعمل على إخفاء جزء منها وظهوره في مستوى أعلى محققاً عدة أنواع من التراكب (كلى او جزئي او تام).
- **تحقيق الفراغ:** من خلال حذف أجزاء من المسطح المعدني المتمثلة في الزخارف المتنوعة م0.7 مم حققاً فراغاً تم معالجته تشكيلياً من خلال تقنية التفريغ اليدوي لإحداث معالجات ملمسية وتأثيرات جمالية.

- **التجسيم في المسطح المعدني:**

من خلال التشكيل بالحني والتواء جزء من المسطح المعدني وبروزه عن الأرضية مما يحدث تجسيماً ويحقق فراغاً واقعياً بين الشكل والأرضية.

- **تحقيق عنصر اللون:** من خلال استخدام مجموعة مختلفة من الدرجات اللونية مثل الأبيض، الأزرق، السماوي، الأسود، البنفسجي، الوردي، الأخضر، البرتقالي مما ساعد على تحقيق الثراء اللوني في المعلقة المعدنية.
- **تحقيق عنصر الملمس:** من خلال زخرفة سطح المعدن بالزخارف النباتية والهندسية والكتابية وإبراز التأثيرات الملمسية بأساليب التشكيل المعدني مما يعطي الإحساس بالحركة وجذب انتباه المتلقي للعمل.
- **تحقيق القيم الجمالية:** (إيقاع، وحدة، تناغم، توازن) وذلك من خلال التنوع في الأساليب الأدائية المستخدمة في تنفيذ المشغولة المعدنية وكذلك التنوع في الدرجات اللونية المستخدمة وتعدد المستويات.

المحور الثالث: (تحكيم المشغولات المعدنية والمعالجات الإحصائية):

يتطلب البحث تقييم إجرائي موضوعي للمعلقات المعدنية ناتج التجربة الطلابية، حيث قامت الباحثة بإعداد مجموعة من البنود التي ترتبط ارتباطاً وثيقاً بموضوع البحث، حيث قامت الباحثة بعرض المشغولات المعدنية المنفذة (نتائج التجربة الطلابية)، على بعض الأساتذة المتخصصين في مجال أشغال المعادن والتربية الفنية، وذلك لتحكيمها من خلال المعيار الذي أُعد من أجل ذلك الغرض، ويعرض هذا الجانب من البحث النتائج التي توصلت إليها الدارسة ومناقشتها في ضوء فرض البحث التي تحددت فيما يلي:

وللتحقق من صحة الفرض جاء المحور الأول من استمارة تحكيم التطبيقات بعنوان مدى الإفادة من الخامات المعدنية الملونة واشتملت على ثلاثة بنود لقياس درجة تحقيق ذلك الفرض في التجربة التطبيقية للطلاب، وبحساب المتوسط الحسابي لبنود المحور الأول لدي جميع المحكمين نجد انها جاءت بنسبة 90% مما يؤكد نجاح التجربة التطبيقية للبحث في تنفيذ المشغولة المعدنية الذي تحقق فيها الإفادة من هذه الخامات المعدنية الملونة الغير تقليدية في العملية التعليمية والتجديد وثراء القيمة الجمالية والوظيفة وهذا يعني قبول فرض البحث وتحققه كما هو موضح بجدول (7)

- وللتحقق من صحة المحور الثاني من استمارة تحكيم التطبيقات بعنوان المعالجات السطحية والتقنية في

المشغولة المعدنية اشتملت على ثلاثة بنود لقياس درجة تحقيق ذلك الفرض في التجربة التطبيقية للطلاب، وبحساب المتوسط الحسابي لبنود المحور الثاني لدي جميع المحكمين نجد انها جاءت بنسبة 90% مما يؤكد نجاح التجربة التطبيقية للبحث في تحقيق المعالجات السطحية والتقنية من خلال أساليب التشكيل المعدني وهذا يعني قبول فرض البحث وتحققه كما هو موضح بالجدول السابق

- وللتحقق من صحة المحور الثالث من استمارة تحكيم التطبيقات بعنوان مدى تحقيق جماليات التصميم في المعلقة المعدنية المنفذة في المشغولة المعدنية واشتملت على ثلاثة بنود لقياس درجة تحقيق ذلك الفرض في التجربة التطبيقية للطلاب، وبحساب المتوسط الحسابي لبنود المحور الثالث لدي جميع المحكمين نجد انها جاءت بنسبة **90%**، مما يؤكد نجاح التجربة التطبيقية للبحث في تحقيق جماليات التصميم وتنوع جماليات اللون، وهذا يعني قبول فرض البحث وتحققه كما هو موضح بالجدول السابق
- وللتحقق من صحة المحور الرابع من استمارة تحكيم التطبيقات بعنوان مدى تحقيق القيم الفنية والجمالية في المعلقة المعدنية واشتملت على ثلاث بنود لقياس درجة تحقيق ذلك الفرض في التجربة التطبيقية للطلاب وبحساب المتوسط الحسابي لبنود المحور الرابع لدي جميع المحكمين نجد انها جاءت بنسبة **92.6%** مما يؤكد نجاح التجربة التطبيقية للبحث في استجابة الطلاب وتحقيق القيم الجمالية والفنية للمشغولة المعدنية.

يتضح من نتائج تحكيم المشغولات المعدنية والعمليات الإحصائية تحقيق أهداف التجربة، وقد جاءت النسب المئوية للبنود كما يلي:

- **البند الأول: تحقق بنسبة 90٪**
- **البند الثاني: تحقق بنسبة 92٪**
- **البند الثالث: تحقق بنسبة 88٪**
- **البند الرابع: تحقق بنسبة 94٪**
- **البند الخامس: تحقق بنسبة 88٪**
- **البند السادس: تحقق بنسبة 88٪**
- **البند السابع: تحقق بنسبة 96٪**
- **البند الثامن: تحقق بنسبة 86٪**
- **البند التاسع: تحقق بنسبة 94٪**
- **البند العاشر: تحقق بنسبة 90٪**

كما جاءت نسبة تحقيق البنود في كل مشغولة كالتالي:

- **العمل الأول: تحقق فيه البند بنسبة 89.3٪**
- **العمل الثاني: تحقق فيه البند بنسبة 100٪**
- **العمل الثالث: تحقق فيه البند بنسبة 93.1٪**
- **العمل الرابع: تحقق فيه البند بنسبة 92.2٪**
- **العمل الخامس: تحقق فيه البند بنسبة 92.2٪**
- **العمل السادس: تحقق فيه البند بنسبة 90.6٪**
- **العمل السابع: تحقق فيه البند بنسبة 88.3٪**
- **العمل الثامن: تحقق فيه البند بنسبة 91.6٪**
- **العمل التاسع: تحقق فيه البند بنسبة 86.5٪**
- **العمل العاشر: تحقق فيه البند بنسبة 91.3٪**

النتائج والتوصيات:

النتائج: توصلت الباحثة إلى:

- الكشف عن إمكانيات الخامات المعدنية الملونة كخامات تعليمية جديدة تشجع الطلاب على البحث عن خامات جديدة يمكن الاستفادة منها.
- تناول الخامات المستحدثة التي أفرزتها التكنولوجيا الحديثة والتعرف على إمكاناتها التشكيلية تتيح الفرصة لابتكار حلول تشكيلية متعددة للمشغولة المعدنية.
- تعدد وتنوع الخامات المعدنية وما تتضمنه من تنوع في الإمكانات التشكيلية والخبرات الفنية يمكن أن تسهم في تحسين التذوق الفني لدى عينة البحث وتحويل مهاراتهم إلى طاقة منتجة داخل المجتمع.
- أمكن للباحثة التوصل إلى توظيف الخامات الملونة في عمل مشغولات معدنية لها قيمة جمالية ووظيفية بعد أن كانت تستخدم في المجالات الصناعية كأعمال الديكور، والدعاية، والاعلان، وغيرها. الخ).

التوصيات:

- البحث الدائم في الخامات الملونة الصناعية المتوفرة محلياً للوقوف على إمكانياتها واستخدامها في تحقيق أهداف فنية للمشغولة المعدنية المعاصرة.
- التفاعل الفني مع الخامات المستحدثة (الألومنيوم الملون) وتناولها بالبحث والتجريب لفتح آفاق جديدة لاستحداث مشغولات معدنية تواكب العصر.
- إجراء المزيد من البحوث والدراسات العلمية في الخامات المعدنية الملونة للإفادة منها في مجال التشكيل المعدني

مراجع البحث:

أولاً: الكتب العلمية

(1) **أنور محمود عبد الواحد**: قصة الألمونيوم، المكتبة الثقافية، الثقافة والإرشاد القومي، الدار المصرية للتأليف والترجمة،1965

(2) **زكريا إبراهيم**: فلسفة الفن في الفكر المعاصر، القاهرة، مكتبة مصر ،1996، ص135

(3) **سعيد عبد الغفار:** تكنولوجيا الألومنيوم، ترجمة أنور عبدالواحد، الأهرام، القاهرة،2014، ص150

(4) **محمد مجدي عبد الله واصل:** كيمياء البوليميرات، دار الفجر للتوزيع، القاهرة،2005

ثانياً الرسائل والأبحاث العلمية:

(5) **السيد محمد مزروع:** المتغيرات اللونية للبقايا المعدنية وتوظيفها في فن الحلي "المؤتمر العلمي السنوي العربي الخامس - الدولي الثاني -الاتجاهات الحديثة في تطوير الاداء المؤسسي والأكاديمي في مؤسسات التعليم العالي النوعي في مصر والعالم العربي، المجلد الرابع، جامعة المنصورة - كلية التربية النوعية،2010.

(6) **إيمان فكري عبد الرحمن**: جماليات الجمع بين المينا والترسيب لتحقيق رؤي تعبيرية مستحدثة على الأسطح المعدنية، رسالة دكتوراة، غير منشورة، كلية التربية الفنية جامعة حلوان، 2015

(7) **حسن بوزيان**: دراسة كيميائية تحليلية مفصلة لعناصر الجدول الدوري، الجزء الأول، إبريل 2017، الجزائر.

(8) **خالد أبو المجد آدم:** الترسيب الكهربي كمدخل تجريبي للجمع بين الخامات المعدنية والغير معدنية في صياغات مستحدثة، رسالة دكتوراه غير منشورة، كلية التربية الفنية، جامعة حلوان، القاهرة، مصر،2003.

(9) _____: ورق الذهب كوسيط موصل للتشكيل بالترسيب الكهربي على الخامات الغير معدنية، المجلة العلمية لجمعية إمسيا التربية عن طريق الفن المجلد الخامس، العدد السادس، ابريل2016

(10) **زاهر أمين خيري:** تأثير المعالجة بالطلاء الكهربي جمالياً على مظهر سطح الألومنيوم في العمل المعدني"، المجلة المصرية للدراسات المتخصصة، المجلد الأول، العدد الرابع، ابريل 2007

(11) **عاصم عبد الرحمن جعفر**: تلوين الألومنيوم ودوره في إثراء قيم الشكل، مجلة علوم وفنون – دراسات وبحوث، المجلد السابع الطبعة الثالثة جامعة حلوان ،1995.

(12) **عبد العال محمد عبد العال، السيد أنور الملقي وآخرون**": الدور التعبيري للون في الأشكال المعدنية ثلاثية الأبعاد، عدد32، مجلة التربية النوعية، جامعة المنصورة، أكتوبر ،2013.

(13) **عز الدين عبد المعطي:** تحديد العوامل المؤثرة في تدريس مشغولات الحلي لطالبات كلية التربية الفنية، رسالة دكتوراه، غير منشورة، كلية التربية الفنية، جامعة حلوان ،1989.

(14) **محمد العوامي محمد، ياسر عيد محمد:** الطلاء ببودرة البلاستيك " الإلكتروستاتيك " وأثره على زيادة العمر الافتراضي للمنتجات الحديدية، المؤتمر الدولي الرابع لكلية الفنون التطبيقية في الفترة من ٢٩-٢٨فبراير ٢٠١٦م

(15) _____: توجيه المصمم لاختيار الطريقة الملائمة لمعالجة وإنهاء سطح المنتج المعدني مجلة العمارة والفنون والعلوم الإنسانية، المجلد الخامس، العدد التاسع عشر،2020.

(16) **محمد محمد هلال:** سلوك بودر دهانات الأثاث المعدني أثناء التشغيل الآلي، مجلة علوم وبحوث، كلية الفنون التطبيقية، جامعة حلوان، أكتوبر 2009، القاهرة،ص140

(17) **نبيل مصطفى الظن:** دراسة الأساليب المختلفة لتغطية المعادن دراسات وبحوث، المجلد الثامن، العدد الخامس ،1985.

ثالثاً المراجع الأجنبية:

(18) **Bell, Terence**. "Aluminum Properties, Characteristics, and Applications." ThoughtCo, Oct. 29, 2020

(19) **coatings**: science and technology- John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey- Third Edition

(20) **DOUGLAS S. RICHART and D.S. Rechart Associates**-2005- Coating Methods, Powder Technology Volume 5.

(21) **Dumain, E.D., Agawa, T., Goel, S., et al.** (1999) Cure Behavior of Polyester-Acrylate Hybrid Powder Coatings. Journal of Coatings Technology, 71, 69-75.

(22) **Dogan, E. and Acar, A.E. (2013)** The Use of Anhydride Linkages to Increase the Glass Transition Temperatures ofPolymers Containing Carboxyl End Groups: A Perspective in Powder Coatings. *Progress in Organic Coatings*,**76**,513

(23) **Greg Valeroand Reginald E. Tucker**-2011- Organic Finishing Guidebook- 360 Park Avenue South,New York, -, Elsevier. INC

(24) _____: Organic Finishing Guidebook-- 360 Park Avenue South, New York,2011, Elsevier. INC

(25) **Grigoriev, A.Y., Kavaliova, I.N., Kupreev, A.V., *et al.* (2013**) Friction and Wear of Polyamide-6 Powder Coatings Gradient-Filled by Metal Nanofilms. Journal of Friction and Wear, 34, 107-113.

(26) **Lafabrier, A., Fahs, A., Louarn, G., *et al.* (2014)** Experimental Evidence of the Interface/Interphase Formation betweenPowder Coating and Composite Material. *Progress in Organic Coatings*, **77**, 1137-1144

(27) **Puig, M., Cabedo, L., Gracenea, J.J., *et al.* (2014)** Adhesion Enhancement of Powder Coatings on Galvanised Steel byAddition of Organo-Modified Silica Particles. *Progress in Organic Coatings*, **77**, 1309-1315.
(28) **R. Winston Revie and Herbert H. Uhlig**-2008-Corrosion and Corrosion Control- An Introduction to CorrosionScience and Engineering- A JOHN WILEY & SONS, INC.- Hoboken New Jersey- FOURTH EDITION
(29) **Kuroda ،Seiji; Kawakita, Jin**; Watanabe, Makoto; Katanoda, Hiroshi (2008). "Warm spraying—a novel coating process based on high-velocity impact
(30) **Thamas M,Roders:**Handbook of Practical Electroplating, Univ Pub House,1993
(31) **W.R Lethaly**(1702):"The Artistic Craft . Handson" London ,p.p 315,320
(32) **WEBSTER, Noah**,(1996):"The New Lexicon wester Dictionary of the English language .U.S.A)
(33) **Zeno W. Wicks, Jr., Frank N. Jones**, S. Peter Pappas; consultant, Douglas A. Wicks-2007. Organic
(34) **" Zhongyan Du, Shaoguo Wen ,** The Review of Powder Coatings ,Journal of Materials Science and Chemical Engineering, 2016, 4, 54-59

رابعاً مواقع الانترنت:

(35) http://zwmmaterials.ae/product.htmlkrghW
(36) http://zwmmaterials.ae/pvdf-aluminum-panel.html
(37) https://multicoloranodizing.blogspot.com/2011/09/anodized-aluminum-jewellery-by-florida.html
(38) https://www.pinterest.com/pin/570620215294914917/
(39) http://mitraikhtiar.blogspot.com/2013/03/powder-coating-teknik-pengecatan.html
(40) https://electropainting.com/electrostatic-painting

مقارنة بين أساليب التغطية اللونية للأسطح المعدنية:

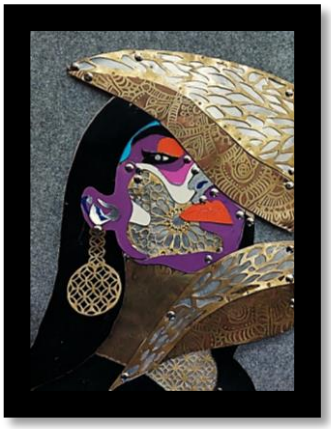
	الطلاء بالترسيب الكهربي	الترسيب بالهجرة الكهربائية	الطلاء بالتحويل الكيميائي	رش المساحيق بالكهربية الساكنة (الالكتروستاتيك)
المعالجات اللونية	تعتمد هذه الطريقة على ترسيب طبقة من معدن على آخر. ومن المعادن المترسبة بهذه الطريقة (الذهب - الفضة - النيكل - النحاس - القصدير – الألومنيوم -الزنك -الكروم.)" **(زاهر أمين خيري،2007)**	تعتمد هذه الطريقة على الجمع بين الطلاء الكهربي والدهانات العضوية، وتتم عن طريق غمر المنتج في محلول مائي يحتوي على مستحلب للطلاء ثم يطبق التيار الكهربي الذي يتسبب في ترسيب طبقة الطلاء عليه، من المعادن المعالجة بهذه الطريقة (النحاس، الألومنيوم، القصدير، الزنك، الحديد) **(نبيل مصطفى الظن،1985)**	تتم معالجة المعدن بالغمر أو بالدهان بمحلول كيميائي بحيث يتم التفاعل بين المحلول الكيميائي والمعدن فتتكون مادة جديدة شديدة الالتصاق بالمعدن نفسه ومن طرق الطلاء بالتحويل الكيميائي: الأنودة: وهي من أشهر عمليات الطلاء بالتحويل الكيميائي ويقصد بها تقوية طبقة الأكسيد على سطح الألومنيوم وسبائكه، من خلال إضافة صبغة إلى حمام ساخن يوضع فيه الألومنيوم ويتم إكسابه اللون بعد أكسدة سطحه من المعادن المعالجة بهذه الطريقة (الألومنيوم الحديد)" **(عاصم عبد الرحمن جعفر،1995).**	هي عملية تغطية جافة لسطح المنتجات المعدنية ويستخدم فيها جزيئات ناعمة جدا من الصبغات والراتنجات المشحونة كهروستاتيكيا ثم ترش على المنتجات، وتلتصق الجزيئات الصغيرة على السطح من خلال صهرها وإذابتها كطبقة متجانسة في أفران المعالجة الحرارية. (**محمد العوامي ،2016)**

مراحل التجربة الطلابية

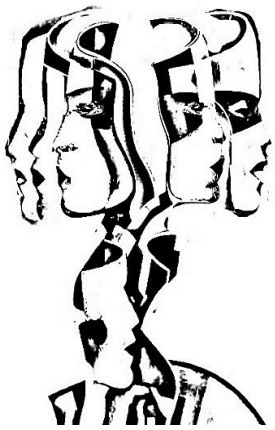
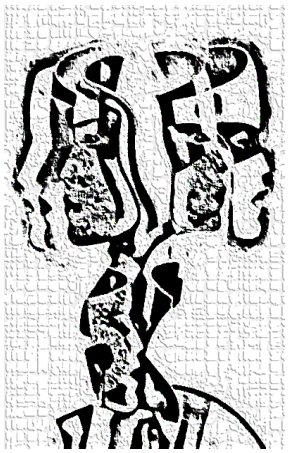
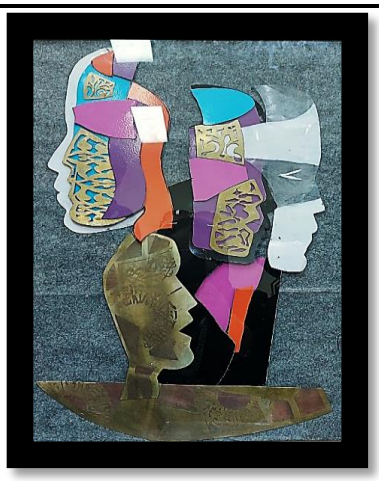
التصميم قبل المعالجة

التصميم بعد المعالجة الملمسية للسطح من خلال استخدام الزخارف الهندسية المتمثلة في ملابس المرأة، والزخارف النباتية المتمثلة في زخارف الوجه ، والزخارف الخطية من خلال الكتابات التي تظهر في عنق المرأة

التطبيق الأول معلقة معدنية ابعادها 40×60سم الخامات المستخدمة : نحاس أصفر0.6 مم رقائق نحاس أحمر، ألومنيوم ملون0.7 مم (أسود، وردي، برتقالي) التقنيات المستخدمة: التشكيل بالتفريغ ، الشق، الحفر الكيميائي. القيمة الجمالية للمظهر السطحي الناتج: مساحات لونية مختلفة وتأثيرات ملمسية متنوعة.

التصميم قبل المعالجة	التصميم بعد المعالجة الملمسية للسطح من خلال استخدام الزخارف الهندسية المتمثلة في الأشكال الدائرية، والزخارف الخطية المتمثلة في شكل عنق المرأة ،والزخارف النباتية المتمثة في القرط	التطبيق الثاني معلقة معدنية، ابعادها 40×60سم الخامات المستخدمة : نحاس أصفر0.6 مم رقائق نحاس أحمر، ، رقائق ألومنيوم ، ألومنيوم ملون0.7 مم (سماوي، بنفسجي، شرائح ملونة من علب الكانز) التقنيات المستخدمة: التشكيل بالتفريغ ، البارز والغائر، الحفر الكيميائي، الإضافة . القيمة الجمالية للمظهر السطحي الناتج: مساحات لونية مختلفة وتأثيرات ملمسية متنوعة.
		
التصميم قبل المعالجة	التصميم بعد المعالجة الملمسية للسطح من خلال استخدام الزخارف الهندسية المتمثلة في الوجه والقرط والصدر والزخارف الخطية المتمثلة في شكل عنق المرأة، والزخارف النباتية المتمثلة في ورق الشجر.	التطبيق الثالث معلقة معدنية ابعادها 40×60سم الخامات المستخدمة : نحاس أصفر0.7 مم ، ألومنيوم ملون0.7 مم (بنفسجي،برتقالي، أسود، رمادي، وردي) التقنيات المستخدمة: التشكيل بالتفريغ ، الحفر الكيميائي، الإضافة . القيمة الجمالية للمظهر السطحي الناتج: مساحات لونية مختلفة وتأثيرات ملمسية متنوعة.

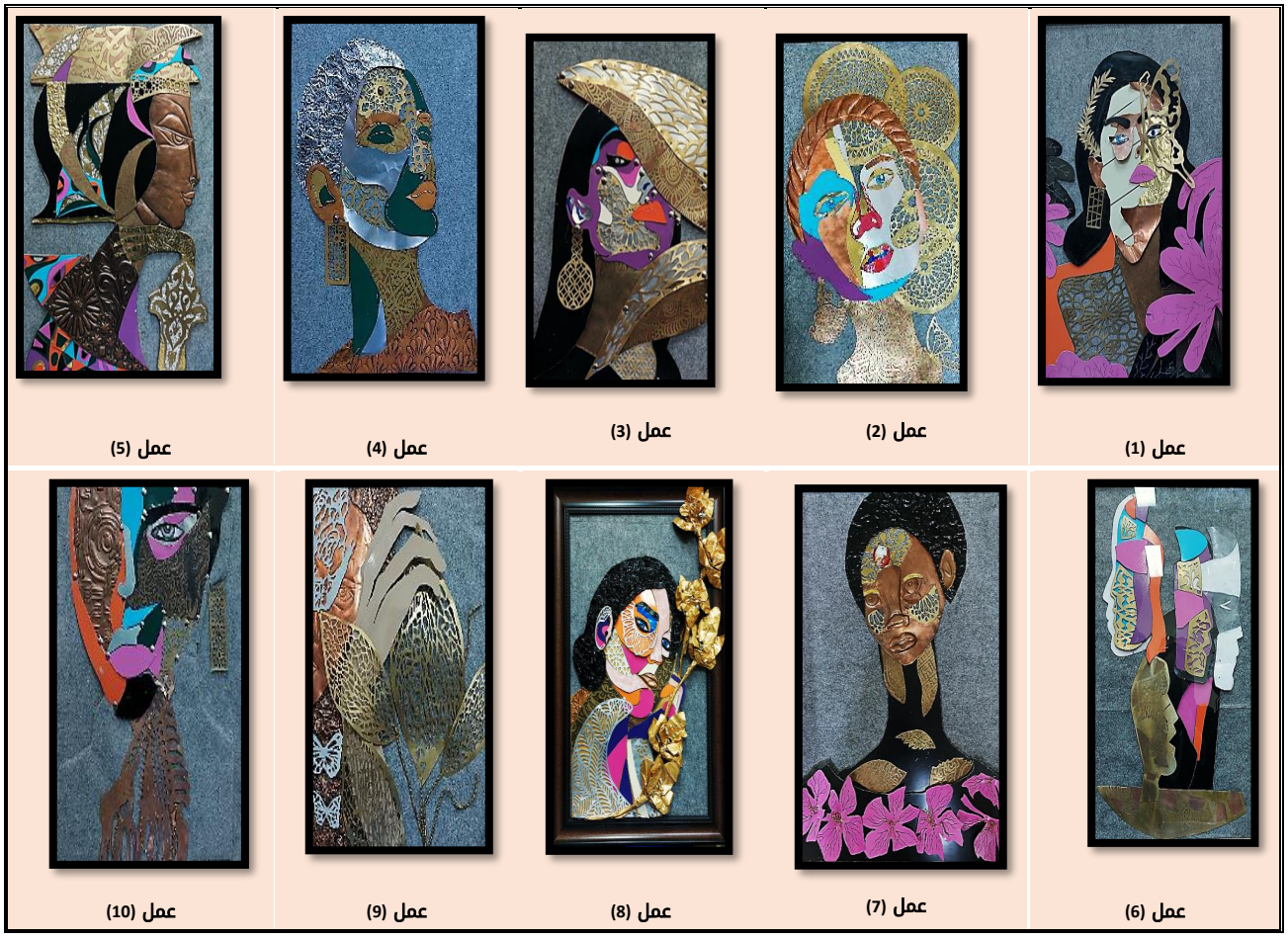
التصميم قبل المعالجة	التصميم بعد المعالجة الملمسية للسطح من خلال استخدام الزخارف الهندسية المتمثلة في الوجه والقرط والزخارف الخطية المتمثلة في شكل عنق المرأة، والزخارف النباتية المتمثلة في الملابس.	التطبيق الرابع معلقة معدنية ابعادها 40×60سم الخامات المستخدمة : نحاس أصفر0.6 مم ، رقائق ألومنيوم ، رقائق نحاس أحمر، ألومنيوم ملون 0.7 مم (أخضر، برتقالي) التقنيات المستخدمة: التشكيل بالتفريغ ، الحفر الكيميائي، البارز والغائر. القيمة الجمالية للمظهر السطحي الناتج: مساحات لونية مختلفة وتأثيرات ملمسية متنوعة.
التصميم قبل المعالجة	التصميم بعد المعالجة الملمسية للسطح من خلال استخدام الزخارف الهندسية المتمثلة في الملابس، والزخارف الخطية المتمثلة في غطاء الرأس ، والزخارف النباتية المتمثلة في الشعر والملابس.	التطبيق الخامس معلقة معدنية ابعادها 40×60سم الخامات المستخدمة : نحاس أصفر0.6 مم ، رقائق نحاس أصفر، ألومنيوم ملون0.7 مم (أخضر، وردي،سماوي ، بنفسجي، أسود، برتقالي) التقنيات المستخدمة: التشكيل بالتفريغ ، الحفر الكيميائي، البارز والغائر، الإضافة. القيمة الجمالية للمظهر السطحي الناتج: مساحات لونية مختلفة وتأثيرات ملمسية متنوعة.

		
التصميم قبل المعالجة	التصميم بعد المعالجة الملمسية للسطح من خلال استخدام الزخارف الهندسية المتمثلة في الوجوه المتقابلة ، والزخارف النباتية المتمثلة في أجزاء من الوجه السفلي.	التطبيق السادس معلقة معدنية ابعادها 40×60سم الخامات المستخدمة : نحاس أصفر0.6 مم ، ألومنيوم ملون 0.7 مم (وردي، سماوي ، بنفسجي، أسود، برتقالي، أبيض) التقنيات المستخدمة: التشكيل بالتفريغ ، الحفر الكيميائي، الاضافة. القيمة الجمالية للمظهر السطحي الناتج: مساحات لونية مختلفة وتأثيرات ملمسية متنوعة.
التصميم قبل المعالجة	التصميم بعد المعالجة الملمسية للسطح من خلال استخدام الزخارف الهندسية المتمثلة في الوجه، والزخارف الخطية والنباتية المتمثلة في أجزاء من العنق.	التطبيق السابع معلقة معدنية ابعادها 40×60سم الخامات المستخدمة : نحاس أصفر0.6 مم ، ،رقائق نحاس أحمر، ألومنيوم ملون0.7 مم (وردي،أسود) التقنيات المستخدمة: التشكيل بالتفريغ ، الحفر الكيميائي، الشق، البارز والغائر. القيمة الجمالية للمظهر السطحي الناتج: مساحات لونية مختلفة وتأثيرات ملمسية متنوعة.

التصميم قبل المعالجة	التصميم بعد المعالجة الملمسية للسطح من خلال استخدام الزخارف الهندسية المتمثلة في أجزاء من الوجه ، والزخارف النباتية والخطية المتمثلة في أجزاء من الملابس.	التطبيق الثامن معلقة معدنية ابعادها 40×60سم الخامات المستخدمة : نحاس أصفر0.6 مم ، شرائح ألومنيوم ، رقائق نحاس أحمر، ألومنيوم ملون0.7 مم (وردي، أزرق ، أسود، برتقالي) التقنيات المستخدمة: التشكيل بالتفريغ ، الحفر الكيميائي، الاضافة. القيمة الجمالية للمظهر السطحي الناتج: مساحات لونية مختلفة وتأثيرات ملمسية متنوعة.
التصميم قبل المعالجة	التصميم بعد المعالجة الملمسية للسطح من خلال استخدام الزخارف النباتية المتمثلة في أوراق الشجر وجزء من البورتريه .	التطبيق التاسع معلقة معدنية ابعادها 40×60سم الخامات المستخدمة : نحاس أصفر0.6 مم ، رقائق نحاس أحمر، ألومنيوم ملون 0.7 مم (أبيض، بيج) التقنيات المستخدمة: التشكيل بالقطع والتفريغ ، البارز والغائر، الاضافة. القيمة الجمالية للمظهر السطحي الناتج: مساحات لونية مختلفة وتأثيرات ملمسية متنوعة.

التصميم قبل المعالجة	التصميم بعد المعالجة الملمسية للسطح من خلال استخدام الزخارف الهندسية المتمثلة في أجزاء من الوجه والقرط ، والزخارف الخطية المتمثلة في أجزاء من االوجه.	التطبيق العاشر معلقة معدنية ابعادها 40×60سم الخامات المستخدمة : نحاس أصفر0.6مم، شرائح ألومنيوم0.6 مم، رقائق نحاس أحمر، ألومنيوم ملون 0.7 مم (وردي، سماوي، أسود، برتقالي، أخضر) التقنيات المستخدمة: التشكيل بالتفريغ ، الحفر الكيميائي، الإضافة، البارز والغائر. القيمة الجمالية للمظهر السطحي الناتج: مساحات لونية مختلفة وتأثيرات ملمسية متنوعة.

عرض لصور الأعمال الفنية ناتج التجربة الطلابية جدول (5)



معيار للتقييم من درجة واحدة إلى خمس درجات حسب الجدول التالي

ضعيف	مقبول	جيد	جيد جداً	ممتاز
1	2	3	4	5

شارك في تحكيم المشغولات المعدنية (نتائج التجربة الطلابية) كلاً من الأساتذة:

جدول رقم (6) يوضح أسماء السادة لمحكمين

م	الاســـــم	الوظيفـــــــــــــة
1	أ.د/ زاهر أمين خيري	أستاذ أشغال المعادن بكلية التربية النوعية، جامعة عين شمس
2	ا0د/عبد الرحمن محمد ربيع	استاذ أشغال المعادن بكلية التربية النوعية، جامعة عين شمس.
3	ا.م.د/محسن محمود محمد صالح	أستاذ أشغال المعادن المساعد، كلية التربية الفنية – جامعة حلوان.
4	ا.م.د/ علام محمود علام	أستاذ أشغال المعادن المساعد كلية التربية النوعية، جامعة القاهرة
5	ا0م0د/احمد عبد العزيز	أستاذ أشغال الخشب المساعد بكلية التربية الفنية، جامعة حلوان
6	ا0م.د/ ايمان محمد وجدي عزت قاسم	استاذ الأشغال الفنية المساعد بكلية التربية النوعية، جامعة أسوان.
7	ا.م.د/ أحمد عبد العظيم حسين	أستاذ التصميم المساعد، كلية التربية النوعية – جامعة الزقازيق
8	ا.م.د/ماجد حماد محمد	أستاذ الاشغال الفنية المساعد كلية التربية النوعية، جامعة القاهرة
9	د/ أمل محمد خيري	مدرس أشغال الخشب بكلية التربية النوعية، جامعة الزقازيق

جدول (7) يوضح استخلاص نتائج استمارة تحكيم المشغولات المعدنية (المتوسط والنسبة المئوية والعمليات الإحصائية)

	بنود الاستمارة	المتوسط	النسبة	التقدير
	المحور الأول			
1	مدى الإفادة من الخامات المعدنية الملونة كمدخل لإثراء المشغولة المعدنية	4.4	90%	ممتاز
2	ملائمة الفكرة للجانب الوظيفي	4.6	92%	ممتاز
3	تحقيق المعاصرة من خلال رؤي جديدة غير تقليدية	4.4	88%	ممتاز
	المحور الثاني			
4	توافر إمكانات التشكيل بأساليب يدوية متعددة مثل التفريغ والنشر والحفر الكيميائي والتقبيب لإبراز جماليات خامة الألومنيوم الملون.	4.7	94%	ممتاز
5	مدى الإفادة من طواعية الخامة (الألومنيوم الملون) واستغلال إمكاناتها التشكيلية من خلال أسلوب التفريغ والحفر والتقبيب	4.4	88%	ممتاز
6	توظيف المعالجات السطحية بما يتلاءم مع المدلول والإطار الوظيفي والجمالي للمشغولة	4.4	88%	ممتاز
	المحور الثالث			
7	تحقيق الابتكار والتجديد في التصميمات المنفذة	4.8	96%	ممتاز
8	ملائمة التصميم والتقنيات المستخدمة في مقابل إمكانات الخامة.	4.4	88%	ممتاز
9	التنوع في عناصر ومفردات العمل من حيث الشكل والمساحة والحجم.	4.3	86%	ممتاز
	المحور الرابع			
10	مدى تحقيق الثراء اللوني الناتج من استخدام خامة الألومنيوم الملون مع خامة النحاس	4.7	94%	ممتاز
11	مدى تحقيق القيم الملمسية من خلال تعدد المستويات وزخرفة السطح بأساليب التشكيل المعدني.	4.5	90%	ممتاز
12	مدى تحقيق القيم الجمالية في المعلقة المعدنية (إيقاع، اتزان،نسبة،وحدة)	4.7	94%	ممتاز

جدول (8) يوضح نتائج العمليات الإحصائية للتجربة الطلابية

بنود الاستمارة	نتائج العمليات الإحصائية										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	المتوسط
الأول	٪92	٪88	٪90	٪92	٪92	٪86	٪90	٪92	٪88	٪90	٪90
الثاني	٪80	٪88	٪96	٪100	٪96	٪92	٪96	٪96	٪84	٪96	٪92
الثالث	٪90	٪94	٪94	٪88	٪90	٪88	٪80	٪88	٪80	٪88	٪88
الرابع	٪90	٪98	٪95	٪96	٪95	٪93	٪92	٪95	٪94	٪95	٪94
الخامس	٪90	٪94	٪94	٪88	٪90	٪88	٪80	٪88	٪80	٪88	٪88
السادس	٪90	٪94	٪94	٪88	٪90	٪88	٪80	٪88	٪80	٪88	٪88
السابع	٪98	٪96	٪96	٪95	٪92	٪98	٪100	٪95	٪96	٪95	٪96
الثامن	٪90	٪94	٪94	٪88	٪90	٪88	٪80	٪88	٪80	٪88	٪88
التاسع	٪80	٪80	٪85	٪88	٪90	٪95	٪88	٪88	٪80	٪88	٪86
العاشر	٪90	٪98	٪95	٪96	٪95	٪93	٪92	٪95	٪94	٪95	٪94
الحادي عشر	٪92	٪88	٪90	٪92	٪92	٪86	٪90	٪92	٪88	٪90	%90
الثاني عشر	٪90	٪98	٪95	٪96	٪95	٪93	٪92	٪95	٪94	٪95	%94
المتوسط	٪89.3	٪100	٪93.1	٪92.2	٪92.2	٪90.6	٪88.3	٪91.6	٪86.5	٪91.3	

جدول رقم (9) يوضح استمارة تقييم المعلقات المعدنية (ناتج التجربة الميدانية)

م	بنود التقييم	درجة التقييم				
		1	2	3	4	5
	المحور الأول: الخامات المعدنية الملونة					
1	مدى الإفادة من الخامات المعدنية الملونة كمدخل لإثراء المشغولة المعدنية					
2	ملائمة الفكرة للجانب الوظيفي					
3	تحقيق المعاصرة من خلال رؤي جديدة غير تقليدية					
	المحور الثاني: المعالجات السطحية والتقنية في المشغولة المعدنية					
4	توافر إمكانات التشكيل بأساليب يدوية متعددة مثل التفريغ والنشر والحفر الكيميائي والتقبيب لإبراز جماليات خامة الألومنيوم الملون.					
5	مدى الإفادة من طواعية الخامة (الألومنيوم الملون) واستغلال إمكاناتها التشكيلية من خلال أسلوب التفريغ والحفر والتقبيب.					
6	توظيف المعالجات السطحية بما يتلاءم مع المدلول والإطار الوظيفي والجمالي للمشغولة.					
	المحور الثالث: مدى تحقيق جماليات التصميم في المعلقة المعدنية					
7	تحقيق الابتكار والتجديد في التصميمات المنفذة					
8	ملائمة التصميم والتقنيات المستخدمة في مقابل إمكانات الخامة.					
9	التنوع في عناصر ومفردات العمل من حيث الشكل والمساحة والحجم.					
	المحور الرابع: مدى تحقيق القيم الفنية والجمالية في المعلقة المعدنية					
10	مدى تحقيق الثراء اللوني الناتج من استخدام خامة الألومنيوم الملون مع خامة النحاس					
11	مدى تحقيق القيم الملمسية من خلال تعدد المستويات وزخرفة السطح بأساليب التشكيل المعدني.					
12	مدى تحقيق القيم الجمالية في المعلقة المعدنية (إيقاع، اتزان،نسبة،وحدة)					