مراحل تطور الصناعة المعدنية وطرق تصنيعها

The stages of development of the metal industry and its manufacturing methods.

د. براهيمي فايزة [1] د. بن عاشور سالم [2]

[1] كلية الانسانية والاجتماعية، جامعة تلمسان (الجزائر) khawlaaoun@gmail.com

[2] كلية الانسانية والاجتماعية، جامعة تلمسان (الجزائر) salembenachourswass@gmail.com

تاريخ الاستلام: 2019/03/04 تاريخ القبول: 2019/08/30 تاريخ النشر: 2019/09/15

ملخص:

أدت المعادن دورا هاما و مميزا في تطوير المجتمعات البشرية لما جسدته من تطور لشتى الأشكال المعدنية عبر التاريخ .فقد ساعدت المعادن الإنسان على ابتكار أدوات جديدة تماما غير تلك التي عرفها في العصر الحجري. فاكتشاف المعادن من ذهب وفضة وقصدير وغيرها من المعادن مكنه من التحكم في التقنيات و العمليات المعقدة التي تتطلبها عملية التعدين من تعدين الفلزات إلى تعدين الحد يد و أصبح من السهل طرقها و تشكيلها, فدون هذه المادة لما توصل الانسان الى التقدم الذي نحن عليه اليوم في شتى الميادين.

الكلمات المفتاحية: التعدين , الزخرفة , التذويب, الصهر, الأفران, التشكيل.

Abstract:

Minerals played an important and distinctive role in the development of human societies due to the evolution of various mineral forms throughout history. Indeed, minerals helped man create completely new tools, other than those he knew in the Stone Age. The discovery of minerals like gold, silver, tin and others enabled him to control the techniques and complex processes required by the mining process of minerals including iron mining which became easy to hammer out and to shape. Without this mineral, man would not have achieved the progress we have reached in various fields.

Keywords: Mining, decoration, melt, melting, furnaces, forming.

المؤلف المرسل: براهيمي فايزة ، **الإيميل:** khawlaaoun@gmail.com

مقدمة:

كان اكتشاف المعادن نقطة فارقة في تاريخ البشرية وربما كانت ثورة نقلت الإنسان نقلة نوعية لا تقل أهميتها عن الثورة الصناعية أو الثورة الالكترونية فقد كان اكتشاف الإنسان للمعادن ومعرفة كيفية استخدامها قد غير من مجرى حياته ، و مكنه من تحقيق نتائج باهرة في مجال تحكمه في الطبيعة و تسخير ثرواتها لصالحه.

تاريخ اكتشاف المعادن :

تبدأ العصور التاريخية لكل شعب أو أمة بالاهتداء إلى علامات تتوصل بها إلى معرفة الأشياء. لقد طور الإنسان البدائي معيشته التي كرسها للاستطلاع ومتشوقا للاكتشافات، هذه الإرادة القوية تمثلت في اكتشافه للمعدن وتوصله إلى كيفية تحويلها و معالجتها، فأصبحت تمثل المورد الأساسي في تطوير نمط معيشته اقتصاديا و اجتماعيا.

يعود تاريخ استخدام الإنسان البدائي للمعادن إلى عصر يطلق عليه بعصر التعدين paléo métallurgie ، وهي الفترة التي تمتد بين العصر النيولوتكي و فجر التاريخ وعلى حسب الاكتشافات الحديثة فقد تم العثور على أقدم استخدام للمعدن بالعثور على قلادة نحاسية يعود تاريخها إلى حوالي 10.000ق.م بمغارة شانيدار في كردستان ،ولكن على الأرجح أن الذهب هو المعدن الأول الذي استخدمه الإنسان ثم يليه الفضة ،و النحاس نضرا لتواجدهما في حالتهما الطبيعية، أما الحديد و سبائكه ، و البرونز فتاريخ استعمالهما جاء متأخرا.

بداية تعرف الإنسان على المعدن:

إن التقديرات التي ذكرتها أنفا تختلف وفقا للمصادر ، فهي تمثل التناقضات المحتملة بين التواريخ والتي لا يمكن اعتبارها مقياسا ثابتا وشاملا في مختلف مناطق العالم وفقا للمرحلة الحضارية لكل منطقة من مناطق أسيا، و أوروبا، و الشرق الأوسط، و إفريقيا (الجدول رقم 01).

الصين	الشرق الأوسط	الشرق الأدنى	ايطاليا	أوربا الغربية و الوسطى	أوربا الشمالية	
	فتح الالكسندر	البارتينون450	الحروب البونيقية			500
	نيوخذ نصر	سليمان	تأسيس روما في 753		الحديد	1000
	الحديد			البرونزIV البرونزIII		1500
البرونز	حمورابي	الكنعانيون المتوسط	عصر البرونز المتوسط	البرونزII	البرونز	2000
	البابليون	الكنغانيون القديم		الميغالتية		2500
	ننيف بلاد الرافدين	تأسيس مدينة صور	عصر البرونز الأول القديم			3000
النحاس	ذهب ننيف	نيوليتيك العصر الحجري الحديث				3500
	الطوفان	تأسيس تل حلف				4000
العصر الحجري الحديث						4500

جدول رقم :01 :يمثل التسلسل الزمني لاستخدام المعادن عبر مختلف حضارات العالم.

فقد تطلب استخلاص المعادن وتحضيرها و تصنيفها خبرة طويلة، ويبدو أن الذهب كان أولى المعادن المصنعة لأنه المعدن الوحيد مع النحاس اللذان تواجدا في حالتهما الخام أي الطبيعية.

فقد لفت هذا المعدن انتباه الإنسان خلال أعماله في الأرض نضرا للمعانه و بريقه العاكس للأشعة ولكن ندرته لم تمكنه من لعب دور مهم،و الأمر نفسه للفضة هذان المعدنان اقتصر استخدمهما في أدوات الزينة و الحلي ،إلا أن استخدامه الصناعي غير مستبعد لأنه وجدت بالمقابر ما قبل الفترة البابلية بعض الأدوات كمقص من الذهب

غير أن أكثر المعادن انتشارا و استعمالا هو النحاس نضرا لإمكانية العثور عليه قرب سطح الأرض مختلطا بمواد يمكن صهرها بجهد يسير وتحت درجة حرارة غير عالية ، إضافة إلا انه من غير

براهيمي فايزة ، بن عاشور سالم

المستبعد أن يكون القدماء قد اهتدوا إلى استخلاص النحاس في بداية الأمر عن طريق الصدفة، أو بطريقة عفوية.وينسب اكتشاف معدن النحاس إلى عصر البرونز وتدلنا مجموعة من الآثار لبلاد مابين النهرين ومصر على إ نهم أول من استخدم النحاس في الصناعات اليدوية منذ أوائل الألف السادس 6000ق.م ، وفي بلاد فارس و الهند حوالي 3500 وفي الصين واليونان 3000ق.م ، وفي أوروبا الغربية 2500- 2000ق.م ، و نظرا لسهولة الحصول على النحاس وتذويبه ،غير انه مشوبا ببعض النقائص التي جعلت استعماله ضعيفا و محصورا فهو سيئ السبك يلحق أضرار بالقوالب المستعملة، و من جهة أخرى هو لين ولا يصلح كثيرا لصناعة العدد،والأدوات ولكن مع اشتراكه في تكوين البرونز أي بإتحاده مع القصدير يكتسب الصلابة وسهولة السبك في الوقت نفسه.

أما الانطلاقة الحقيقية لصناعة البرونز تعود إلى الألفية الثالثة قبل الميلاد، ومن المعقول أن اكتشاف القصدير جاء ليفتح عصرا جديدا في صناعة المعادن ألا هو عصر البرونز، ومن الأجدر أن اكتشاف معدن البرونز كان نتيجة الصدفة نتيجة تواجد العناصر المكونة للنحاس والعناصر المكونة للقصدير قريبة من بعضها البعض، وهذا مما مكن الإنسان من التعرف عليه عن قرب. تواجد هذا المعدن في الحضارة السومارية وإيران وأيضا عند المصريين القدامى ،وقد نتج عن الاستعمال الواسع للبرونز تغيير اقتصادي ،و اجتماعي ،على الرغم من كونه اقل صلابة من الصوان ، إلا انه أصبح شاسع الاستعمال لكونه معدن نادر وذو منفعة اجتماعية من جهة ولمظهره الذهبي اللامع من جهة أخرى ، هذا اللمعان الذي جعله مثاليا لصناعة الحلي الزينة مثله مثل الذهب الذي يسمح بإبراز السيادة و الثراء لمتلكيه .

ثم تلاه فيما بعد اكتشاف الحديد * الذي يعتبر اكبر اكتشاف عرفه الإنسان في مرحلة ما قبل التاريخ شانه شان العصر الحجري ، وعصر البرونز من الناحية التاريخية ،فقد ورد ذكر الحديد في القران الكريم:"لَقَدْ أَرْسَلْنَا رُسُلَنَا بِالْبَيِّنَاتِ وَأَنزَلْنَا مَعَهُمُ الْكِتَابَ وَالْمِيزَانَ لِيَقُومَ النَّاسُ بِالْقِسْطِ وَأَنزَلْنَا الْحَدِيدَ فِيهِ بَأْسٌ شَدِيدٌ وَمَنَافِعُ لِلنَّاسِ وَلِيَعْلَمَ اللَّهُ مَن يَنصُرُهُ وَرُسُلَهُ بِالْغَيْبِ إِنَّ اللَّهَ قَوِيٌّ عَزِيزٌ" ، فلم تعرفه الشعوب و الحضارات في زمن واحد، فاستعماله جاء في فترات متفاوتة من التاريخ ، فقد كانت المنطقة الشرقية

مراحل تطور الصناعة المعدنية وطرق تصنيعها

من إفريقيا سباقة في استعماله في حوالي 1000ق.م لكن على الأرجح انه كان معروفا من قبل بحيث لم تكن له أهمية ،فكان بمثابة مادة نجسة و أحيانا مادة ثمينة وهذا ربما إن الحديد اعتبر من المعادن الأكثر صلابة وأصعب من حيث التصنيع .

و خلال القرن الثالث عشر قبل الميلاد أصبح الحديد المحور الفاعل للتجارة وبدء الإنسان يتمركز في القرى المحصنة، كماعرف تربية البقر و الخنزير وزراعة القمح و الخضر الجافة.

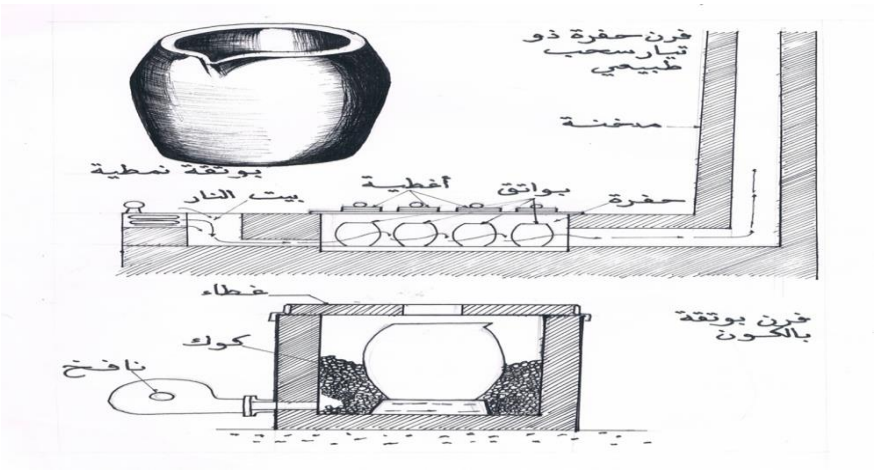
أما تاريخ استعمال المعادن في العصور الوسطى فقد تمكن فيها الإنسان من التعرف على معادن أخرى على شكل معادن غير نقية مثل الزنك و النيكل ، ومثل ذلك على أن الحدادين في القديم لم يتمكنوا من عزل محتوى الزنك عن بقية المعادن الأخرى بصفة نقية ، فقد استخدم على سبيل المثال من حجر التوتيا (calamine) لصناعة النحاس الأصفر (النحاس+الزنك). وبتطور الحياة تمكن الإنسان فيما بعد من اكتشاف 86 فلزا ، سبعة منها فقط استعملت في العصر الوسيط وهي الذهب ،و النحاس، و الفضة ،و الرصاص،و القصدير، و الحديد و الزئبق هذا الأخير استخدم في التذهيب و الزخرفة والتزين .

وهذا ما يسوقنا إلى القول بأن اكتشاف الإنسان للمعادن كان مرحلة مهمة، و التي يمكن مقارنتها بالأعمدة السبعة التي مهدت لبناء الحضارات .

1– 2 طرق التصنيع:

إن اكتساب تقنية استخراج المعادن بعد الزراعة كان خطوة حضارية كبيرة في فجر التاريخ الإنسانية. فالتوجه التدريجي للإنسان وتلك القدرات الابتكارية التي وظفها في حياته ما فتئت تتطور يوما بعد يوم من تشكيله لأدوات حجرية وصوانيه ، مع توصله إلى تقنية معالجة المعادن وتحويلها إلى أدوات و أسلحة مختلفة. فمعالجة المعادن تعد مرحلة بارزة وجادة في تطور الحضارات وهو ما يعرف بعصر التعدين ، ولم يتأتى للإنسان تهيئة المعادن وتحويلها إلا بعد سلسلة من المراحل المتتالية و المحددة حسب المعدن المستخدم ،وعلى هذا المنوال يمكن تمييز تعدين النحاس ،و البرونز والحديد كل على حدا

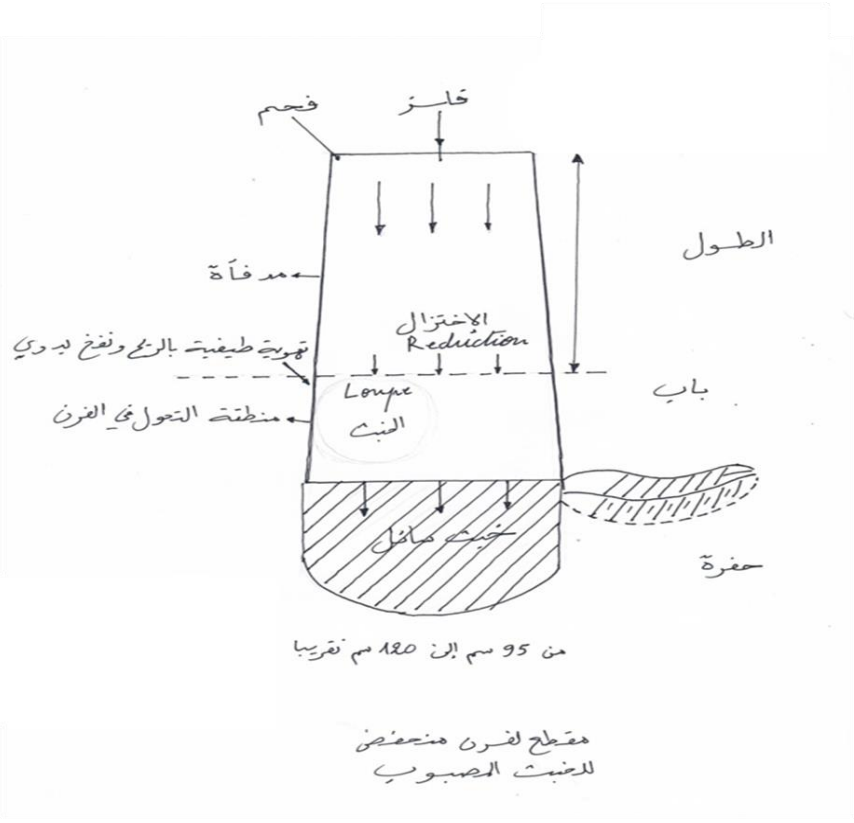
، وإذا ما وضعنا جانبا تصنيع المعادن في حالة جرم المادة الخام بالنسبة لذهب و الفضةو النحاس ،فالتحولات المعدنية الأولى كانت تتم بطرق المعدن وجعله لينا بفعل الحرارة هذه الطريقة البدائية كانت مستعملة من قبل الهنود الحمر فقد كانوا يستغلون النحاس باستخدام التطريق بالحجر حتى يأخذ شكل الأداة صنعها ، وايضا استعملوا الطريقة نفسها مع خامات الحديد التي كانوا يعثرون عليها . كما استخدمها العراقيون في العهد السوماري وفي العصور التاريخية للاحقة و عند الفراعنة كاتقنية الطرق على النحاس باردا، هذه التقنية الأولى التي استعملتها الشعوب القديمة لا يمكن اعتبارها مرحلة من مراحل التعدين* لان هذه الأخيرة تتطلب استخدام النار وكذا صهر المعدن،إذن لم يكونوا إلا نحاتي أحجار أسسوا للبوادر الأولى للصناعة المعدنية والتعدين، غير أن هذه التقنية لم تكن كافية لتذويب وصهر الكلي للمعدن وتصفيته من الشوائب ولم يتأتى هذا إلا بعد اكتشاف الإنسان للنار التي ساعدته و بشكل كبير على رفع درجات الحرارة إلى مستويات عالية12 و التوصل في التحكم في العمليات المعقدة التي تتطلبه عملية التعدين ، فابعد انتقال الإنسان من مرحلة الطرق على المعدن باردا إلى مرحلة تحويله إلى سبائك وصفائح لم يتم إلا باختراع الفرن الذي كان المصدر الحراري لتلك التفاعلات الكيمائية ولاستخلاص الفلزات.



ففي المراحل الأولى كانت تجرى عملية استخلاص المعادن في أفران بدائية تسمى أفران الحفرة Renardière حيث توضع الأوعية (البوتقة)* * في الحفرة ، ويوضع حولها الخشب* ** وبدافع تيار من

الهواء لإشعال الخشب بواسطة منفاخ أو باستخدام مدخنة ،وقد استخدمت هذه الأفران في أواخر العصور القديمة و العصور الوسطى المبكرة في أوروبا وغرب إفريقيا.

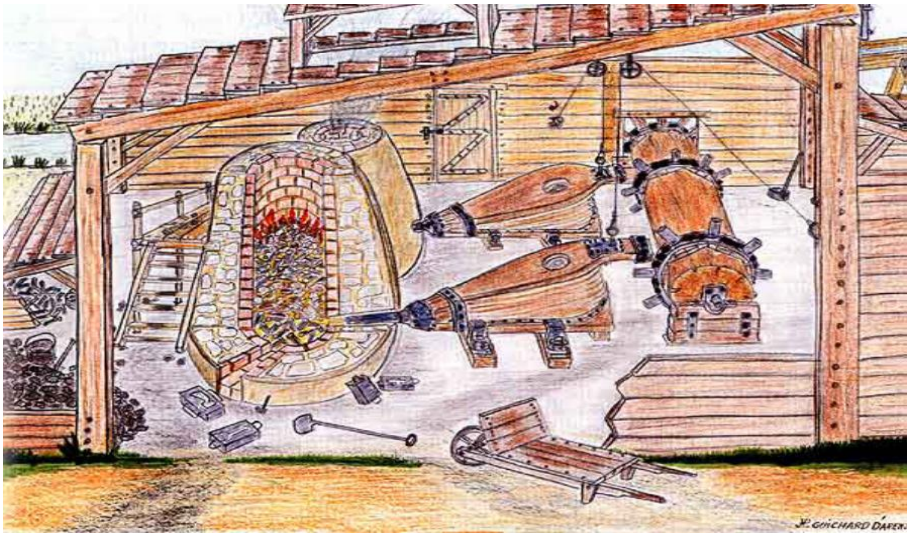
ثم تطورت هذه الأفران إلى ما يسمى بالأفران المنخفضة ،وهي أفران على غرار أفران الفخار وهي ذات احتراق داخلي لا يتجاوز ارتفاعها المترين، و هي مصنوعة من اللبن ،و الطين المشوي أو الحجارة .



حيث توضع فيها الفلزات التي تكون عادة على شكل أكسيد مع فحم الخشب المحترق، فدرجة التدفئة سوف تسمح بالقضاء على الأكسجين الموجود في الفلزات وبالتالي الحصول على معدن نقي

،هذه الأفران البدائية كان يوظف فيها استعمال الأخشاب و الحطب كوقود وتدعم بالنفخ بمنافيخ مصنوعة من جلود الحيوانات إلى غاية انفصال نسبة الشوائب ولدفع درجة الحرارة للمستوى المطلوب الذي يتطلبه كل معدن ،غير أن بنية هذه الأفران كانت لا تسمح بالصهر الكلي للمعدن منها الحديد الذي كان يتم في الطور الصلب ويتطلب درجات عالية تعادل 1535 درجة سينغراد وبالتالي لا يمكن الحصول على حديد خالي من الشوائب داخل فرن يستعمل فيه فقط الخشب والحطب كوقود.

وبسبب الصعوبات التقنية ،طور الصينيون هذه الأفران وهو ما يعرف بالأفران العالية أو أفران الصهر * الذي يسمح برفع درجات الحرارة إلى مستويات عالية ولحصول على حديد الزهر** سنة 513 ق.م، وظهرت هذه الأفران بالتحديد بالغرب وأصبحت القوة المائية توظف في إدارة حركة المنافيخ مما سمح برفع درجة الحرارة إلى غاية ذوبان الحديد . فاستخدام الأفران العالية سمح بإنتاج كميات كبيرة من المشغولات التي لا غنى عنها :كالأواني، القدور، الطباعة ، المدافع المراسي (مثبتة الدعامات) واستمرت هذه الأفران إلى بداية أوائل القرن 18م ، فقد تولدت اعتبارات عملية أخرى كبيرة سوف تحد من إنتاج الحديد والحاجة إلى إنتاج حديد الزهر** بكثرة، فكثر الطلب على إنتاج كميات من الفحم ما أدى إلى التهام غابات بأكملها و إلى جانب خطر إزالة الغابات سوف يتسبب أيضا بزوال الأنهار المتدفقة التي بفضلها تشغل الطاحونات التي تدار بالقوة المائية والتي تدعم تزويد الفرن بالأكسجين، وكانت هذه الأفران تشغل سوى لستة أشهر من السنة (من أكتوبر إلى مارس) وهي فترة فيضان الأنهار ونتيجة الصعوبات و المشاكل أجبرت صانعي الحديد على البحث عن بديل للفحم النباتي و يتمثل في الفحم الحجري * (فحم الكوك.).



الأفران العالية

لقد ضلت المعادن بمختلف أنواعها تتمتع بازدهار منقطع النضير بين جميع الشعوب وفي مختلف العصور ، ومع بزوغ النهضة الأوروبية التي جاءت أعقاب الثورة الفرنسية وعليه تطلبت هذه المرحلة كميات كبيرة جدا من المعادن خاصة الحديد ، و الفولاذ مما دفع الكثير من العلماء إلى ابتكار طرق جديدة لإنتاج المعادن وصهرها بكميات كبيرة وبسرعة اكبر وهكذا أصبح للمعادن علم قائم بذاته.

2-أدوات الصنع و الزخرفة:

لقد تطلب لصناعة شتى أنواع الفنون المعدنية طرق و تقنيات عديدة، لذا تطلب لصناعتها دقة و مهارة وجهد كبير من الصانع اقتنى معظمها في بداية الأمر من الطبيعة كاستعماله للحجر في طرق المعدن ،ثم ستعنى بعد ذلك بأدوات متعددة و مختلفة كالمطارق والأزميل ، و المخارز والقوالب، بالإضافة إلى أدوات القياس وغيرها.

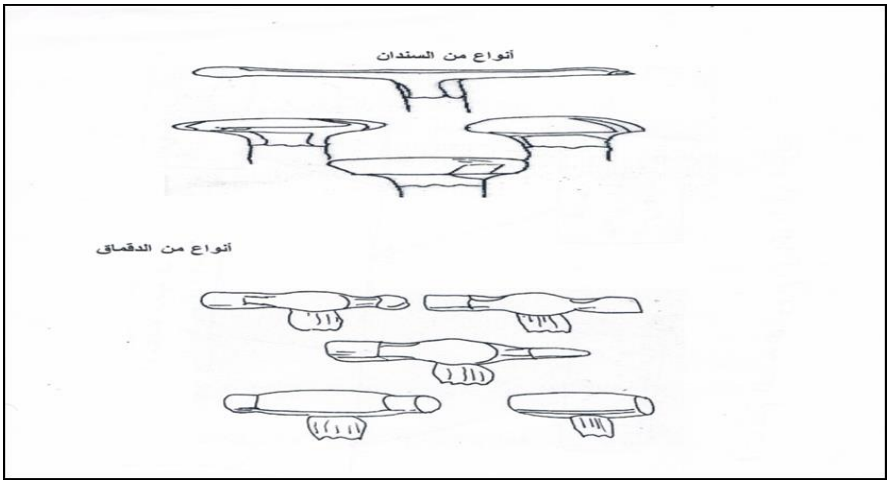
2- 1 السندان:

وهو عبارة عن قطعة حديدية مختلفة الأنواع و الأشكال وهذا حسب التحفة المراد تشكيلها وتتم فوقه عملية الطرق، و لتحويل المعدن إلى أشكال متعددة وهو على عدة أشكال مختلفة:

سندان وتدي براسين يستخدم فيه كل رأس على حدي خاصة في أعماق الأشغال المفرغة الكبيرة الحجم ، إلى جانب سندان تسوية مدبب الذي يستعمل في تشغيل المسطحات الصغيرة و المخروطية ، كما نجد سندان مربع السطح و الذي يتخذ سطحا لامعا وقاعدة وتدية ثقيلة مقوسة احد طرفيه و يستعمل في تقويس الحافات العليا للأضلاع المستديرة ، بالإضافة أيضا إلى مطارق حديدية ذات لشكل المربع و المستطيل و المثلث و الدائري وهذا حسب متطلبات الطرق و التصفيح و الزخرفة.

2-2 المطارق:

وتسمى كذلك الدقماق وهي أداة معدنية استعملت أساسا لطرق و تصفيح السبائك التي توضع على الجهة المسطحة من السندان ويطرق عليها بشكل عمودي باستعمال المطرقة كما تختلف أشكالها باختلاف طريقة استخدامها فهناك المطرقات الصغيرة لتسوية الصفائح وتعديلها نتيجة الضربات التي نجمت عن ضربات المطرقة،كما انه هناك أنواع أخرى غير معدنية مصنوعة من الخشب و تمتاز بعدم قابليتها لتشقق ومقاومتها لصدمات . وتستعمل للطرق على الأزميل لإحداث زخارف على سطح الآنية.



2-3 الأزاميل :

عبارة عن قطع معدنية مدببة الرأس وهي أنواع كثيرة، منها الأزاميل القاطعة ،و أزاميل التقبيب و أزاميل الحز، التي هي مخصصة لفتح التجاويف و إبراز الزخارف على سطح الآنية .

و يتم ذلك بالطرق عل رأس الأزميل بواسطة مطرقة متبعة خطوط الزخارف المراد الحصول عليها.و ذلك بنقش وحفر الأشكال الزخرفية عن طريق وضع نماذج بارزة .

2-4الملاقط و المقاطع:

بعد عملية التذويب و الصهر ، يحتاج الصانع إلى وسيلة ليمسك بها البوتقة، لذا يستعمل عادة الملاقط ، أو أنواع من الكماشات ، كما تعتمد في استخدامات أخرى كالتلحيم أو لتمديد وجذب الخيوط .

أما بالنسبة للمقاطع : وتستعمل في قطع و إتمام عمليات الإصلاح والتشطيب، وهي تتكون من الرأس والساق وحد قاطع، كما تستعمل المقاطع في تنحية أجزاء المعدن حيث يتم في الأول حز المعدن بواسطة الحد القاطع فتظهر عليه بروزات وكلما زاد حد القاطع تمزق المعدن كما تستعمل في تسوية السطوح المستوية .

2-5المقص و المبارد:

تستعمل المقصات لقص الصفائح المعدنية و تحويرها إلى أشكال مختلفة كقصها على شكل دائري، أو على شكل مربع ، و المثلث ،بالإضافة إلى تصحيح الحواف وهذا بعد تعيين الحدود الخارجية عن طريق المدور إذا كان بصدد صناعة أطباق.ومن أنواع المقصات (الكلابة) وضيفتها قص الخيوط، و الأسلاك أما المبارد هي أداة من الصلب متوسطة أو صغيرة الحجم ، تستعمل في شتى مراحل الصناعة تفيد في صقل وتهذيب الزوائد الناتجة عن القص و التلحيم .

3-التقنيات الصناعية :

لعبت التحف المعدنية دورا كبيرا في حياة الإنسان، فابرع في شتى الفنون و الصناعات وطورها وأنتج منها تحفا فنية راقية لما تحمله من قيم حضارية و دينية، إضافة إلى ما تحمله من تميز في طرق الصنع و الزخرفة. ومن اجل الوصول للشكل النهائي للتحفة الفنية فان صناعتها تتطلب المرور عبر مراحل عديدة.

ومنه تعامل الإنسان عبر العصور مع المعادن فجعله يكتشف جل خصائصها، وباكتشافه لذلك تعامل و بشكل أكثر احترافية فاستطاع التحكم في درجة نقائها و مقاومتها ،إذن فالمعدن أو بالأحرى المعادن هي تلك المواد الصلبة التي تتمتع بالمتانة العالية و اللدنة، و الناقلية العالية للحرارة، و الكهرباء وإمكانية اللحام . فا الدورة التي تمر بها مرحلة التصنيع لأي تشكيل معدني فهي تقريبا متطابقة والتي يمكن تقسيمها إلى ثلاث مراحل:

مرحلة الحصول و استخراج الفلزات، مرحلة تحويل الفلز إلى معدن، وأخيرا تشكيل المعدن.

تعد المرحلة الأولى لاستخراج الفلزات بالتنقيب عن المعادن في المناجم إما بحفر حفر مفتوحة أو بحفر أبار عمودية ،أو مائلة ضيقة و سطحية يتبع فيها عملية بروز النتؤات و العروق الدالة للفلزات، فيتم تفجير الصخرة بالتسخين وطرقها و تفكيكها بواسطة أداة:تفكك بواسطة معول خشبي مصنوع من قرن الأيل، ومن عظم كتف الثيران التي استخدمت كمعاول و لتكسير الحجارة.معظم الأدوات التي استعملت في استغلال المناجم الأولى هي من النحاس و بنسب أعلى من مادة الصوان،ومن ثم بدأت تظهر الأدوات المصنوعة من المعادن كالمعاول و المطرقات .

أما عملية تشكيل المعدن و كيفية تنفيذها فقد وجدت ثلاث طرق هي القولبة ،و النحاسة (صفائح معدنية) و الحدادة.

3-1القولبة Moulage

من بين التقنيات المستعملة في تشكيل المعادن القولبة التي استخدمت فيها قوالب مصنوعة سواء من مادة الطين ،أو البرونز، أو الحجارة، فقولبة النحاس سمحت بصنع أجسام بكميات أكثر وأحجام اكبر من قالب واحد فقط. فحين القوالب المصنوعة من الطين المشوي هي أفضل من الناحية الفنية لما تمتاز به من متانة و امتصاص للغازات و تحملها للحرارة ، ولكن ما يقال أيضا عنها هي اقل ما تحفظ ،لان بمجرد

استخدمها يتم تكسيرها لسحب المعدن المشكل وتستخدم هذه التقنية إما بطريقتين الأولى تتم بطريقة التذويب بالرمل أو الطين والثانية بواسطة التذويب با الشمع المفقود.

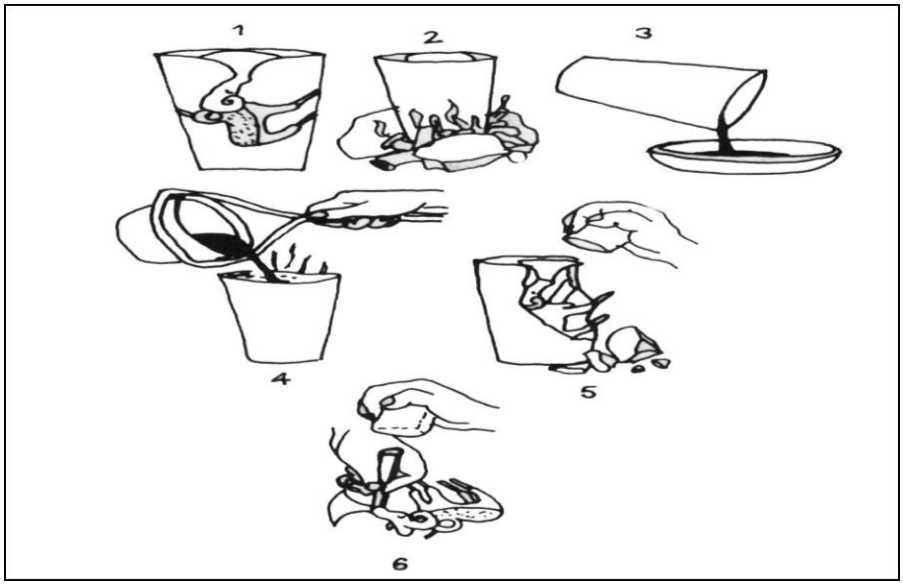
الطريقة الأولى:

إن تقنية الصهر تعد العملية الأساسية لشتى أنواع الصناعات المعدنية ، فيبدأ بتحضير المادة المعدنية بوضعها في البوتقة لعملية الصهر ، كما تحضر القوالب المبصومة بنماذج مختلفة و التي ترتكز أساسا على إنتاج قوالب من الصلصال الرملي أو من الطين تكون فيها القوالب مهيأة إما مملوءة أو فارغة، فإذا كان باطن التحفة مملوءا يجب أن يترك باطن القالب فارغا، وإذا كان باطن التحفة فارغا يجب أن يكون التلبيس مزودا بنواة ذات شكل مماثل لشكل القالب الداخلي، ولكن بحجم أصغر ليبقي الفراغ بين التلبيس والنواة ، ولكن إذا كان شكل التحفة معقدا، ولا يسمح بعملية الصب بسهولة، يستلزم هذا تحضير قالب مجزأ يتكون من مجموعة من القطع، يمكن تفكيكها وتجميعهاوتكون هذه الأخيرة مصنوعة من الرمال ، وتجميعها فيما بينها وبعدها يفكك القالب بفصل أجزائه ثم يمر إلى الأعمال النهائية (البرد ، الصقل و التنظيف).

الطريقة الثانية:

طريقة التذويب بالشمع *المفقود Cire perdu هي طريقة استعملت طوال فترة فجر التاريخ واستخدمت هذه الطريقة لأول مرة لإنتاج الأشكال الصغيرة الحجم في حوالي3000 ق.م ولا تزال تستخدم هذه الطريقة إلى يومنا هذا . و بهذه التقنية التي تعتمد على استخدام الشمع أصبح من الممكن تصنيع نماذج مصمتة أو مجوفة ، أو حتى مختلطة بالصب ففيها يكون الفاصل بين التلبيس والنواة مخصص لصب المعدن المنصهر،والذي يكون في الوقت نفسه المساحة الخارجية للتحفة، وتتم بتحضير قالب مفرغ على حسب مقاييس و سمك التحفة ويشكل غشاؤها على عكس التحفة المراد صبها، وإذا كان القالب من عدة أجزاء، تجمع وتوضع فيها النواة المعدة من الفخار ، وتكون النواة مشدودة بمسامير معدنية، بعدها يوضع القالب تحت تأثير الحرارة ، ومنه يحرق الشمع ، وبذوبانه ينتج فراغ بين النواة

والقالب ، فيملأ هذا الفراغ بالمعدن المنصهر،وببرودته يكسر القالب الفخاري ويفرغ الفراغ المكون للنواة ،هذه الطريقة في الغالب تكون خطرة إذ تتسبب في الكثير من الأخطار وتتطلب الحذر في حالة إذا ما بقي جزء من الشمع واختلط مع المعدن المنصهر سيولد انفجارا قويا .



الشكل رقم 06 طريقة التذويب بالشمع المفقود في القوالب نقلا عن Les fiches pédagogiques, op.cit5

3-2النحاسة : chaudronnerie:

استعمل الصانع في الفترة القديمة كل من البرونز والنحاس ليتحصل على الصفائح المعدنية و التي عادة ما تكون ذو حجم متواضع مطلية و ملتحمة ببعضها البعض لتأخذ شكل خوذات ودروع، و قدور مختلفة الأشكال. قبل الشروع في أي عمل معدني يجب القيام بعمليتين ضروريتين وهما التخمير*والتنظيف، الأولى تستلزمها كل المصنوعات المعدنية،لأنها تكسبها طراوة وليونة ،خاصة في عملية الطرق، وهذا ما يستلزم تخمير كل أجزاء الآنية المراد تشكيلها، حتى تتم وتتشكل، وتترك بعد ذلك لتجف، لكن النحاس الأحمر على عكس المعادن الأخرى، الذي يستلزم عناية كبيرة عند الأخرى إلى درجة الاحمرار ثم يترك ليبرد تدريجيا.

أما المرحلة الثانية هي مرحلة التنظيف التي تستخدم لإزالة أثار الحرق و الأكسدة المتراكمة على سطح الصفيحة المعدنية ، وتتم بوضع محلول ساخن من كبريتيد البوتاسيوم بمعدل معين أو حامض النتريك المخفف مع الماء وظيفته إضفاء لمعان على النحاس وهذا لمدق قصيرة خوفا من تأكلها وتفاعلها ثم تغطس فية القطعة النحاسية.و للوقوف على المراحل التطبيقية و الأساليب المستخدمة في الصناعة المعدنية إتباع الخطوات الآتية:

3-2- 1 التخطيط: Tracage

تعد عملية التخطيط من أولى العمليات التي يقوم بها الصانع في الصفيحة النحاسية المعدة للإنجاز، وذلك بتقسيمها طوليا إلى أجزاء متساوية،وبعدها يلجأ إلى تخطيطها باستعمال البر كار أو المدور الحديدي.

3-2-2 التقطيع :Découpage

بعد إتمام تقنية التخطيط، تأتي عملية التقطيع، وذلك بقطع الصفيحة النحاسية في حالتين

الحالة الأولى في عدم التخطيط،أين يستعمل مقص خاص يتماشى وسمك المعدن، وذلك بقطع قطعة تلو الأخرى، أما في الحالة الثانية عند تخطيط الصفيحة بصورة كلية يبدأ الصانع في قطع الواحدة ويغير الاتجاه عندما يلتقي بتخطيط ملاصق للأول ، وتتم إلى آخر جزء من الصفيحة ، وبهذا يتحصل الصانع على عدة قطع من صفيحة واحدة، ثم يبدأ في تقطيع وتخطيط كل جزء على حدة لتفادي تعرضه إلى جروح أو خدوش في يده .

3-2-3 الطرق : Martelage

استخدم صناع المعادن أسلوب السحب و الطرق و هي من الطرق الأكثر استعمالا بعد عمليتي الصهر و التسبيك ، فبعد عملية التليين بعد التسخين تسحب المعادن على سندات ويتم الطرق عليها بواسطة مطرقة معدنية و يكون الطرق متواصلا حتى يتحصل عل الشكل المراد انجازه .

وثمة طريقة أخرى تعتمد هي الأخرى على الطرق و هي تقنية التقبيب يعمد إليها بعد انجاز الصفائح المسطحة، ويتم هذا الأسلوب في السطح الداخلي للمعدن المراد تشكيله فتوضع الصفيحة داخل مكعب التقبيب ثم يطرق عليها بطرقات خفيفة ، تبدأ من الحافة إلى المركز حتى تتطابق التقوسات القاعدية مع القوالب الخشبية. ويشترط تخمير المعدن بين الحين والآخر واستطالته ليسهل تمديده وترافق هذا الأسلوب لتعميق الآنية حسب التحفة المراد تشكيلها، والتي تتم على قوالب خشبية مختلفة الأشكال .

3-2-4-التدوير :Tournage

ترتكز هذه العملية على إعطاء الشكل المرغوب فيه ، وذلك للقيام بحركة الدوران عليها بواسطة مخرطة ، و تنزع الأجزاء الزائدة بواسطة أدوات قاطعة عند الانتهاء من العملية تزخرف القطعة بقص الكتل بواسطة ازميل .

3-2-5التلحيم: soudure :

هي إحدى الوسائل لوصل معدن بأخر بواسطة سبيكة تنصهر عند درجة حرارة منخفضة ،وهو بطبيعة الحال من نفس أصل المعدن المراد تلحميه أو أن يكون ممزوجا بمواد أخرى تجعله قابلا للذوبان تحت درجة اقل من تلك الذي يذوب فيها المعدن نفسه مع إضافة مادة البوراكس *

Borax المساعدة في عملية التلحيم. تعد عملية البرد و الصقل بعد عملية التلحيم و القص جد مهمة لإزالة الزوائد و الشوائب العالقة ويستعمل لهذا الغرض أنواع مختلفة من المبارد أوالمصقلة لتكسب سطح المشغولات نعومة وبريقا .

3-2- 6 التدسير(البرشمة): Rivetage :

تتم هذه التقنية في وصل أو ربط الأجزاء المعدنية ببعضها البعض بالتسخين أو هي باردة وهي طريقة بسيطة ورفيعة، ويوضع البرشام من الحديد والنحاس والألمنيوم ويستعمل دائما في برشمة معدن من

النوع نفسه، وهذا ليكون هناك تناسق في الشكل، وتتم عملية البرشمة بثقب اللوح العلوي بعدة ثقوب وثقب واحد فقط في اللوح السفلي ثم يبرشم اللوحان معا بمسمار برشام واحد في الثقب الذي تم ثقبه في اللوحتين ، ثم تليها الثقوب الأخرى ، بعد أن تتم محورة الثقوب كلها بدقة متناهية،وبعدها يقوم بضرب أو طرق المسامير بمطرقة، ويجب أن توزع الضربات على محيط المسمار بالتناوب، ولا يجب زيادة أو تشديد الضرب على الشاكوش، عن اللازم حتى لا يتصدع معدن مسمار البرشام يستمر الصانع في الضرب حتى يختفي المسمار داخل الثقب، ثم يتمدد الجزء العلوي من المسمار على سطح القالب ويصبح صالحا للاستعمال بعد إتمام هذا يحدث الصانع ثقبين في جانبي القطعة المراد إضافتها، ويغرز مخرزا آخر في الإناء ليحدث ثقبا آخر عندها يدخل الصانع المسمار بواسطة مطرقة ويطرق في طرفيه حتى يسحق ويتسطح في جانبيه حتى لا يبقى فراغا بين القطعتين ، وتستعمل هذه التقنية في برشمة بعض الأعمال مثل المرجل و الأسطال و القدور ، أما مايعيب طريقة البرشام بروز زوائد المسامير الحاصلة عن الثني التي تسبب تشويه شكل المعدن أحيانا

3-2-7 البرد و لصقل :raffinement

كما أن عملية البرد لا تقتصر فقط على المراحل الأخيرة من الانجاز بل تستعمل عند كل عملية تلحيم.أما الصقل فيعمد إليه إلا في المراحل الأخيرة من الانجاز لإزالة التشوهات و الخدوش التي يسببها المبرد سواء با المساحيق أو استعمال حجارة الصقل .

3-3 الطرق (الحدادة) : Forge

قبل العصور الوسطى عرف على الحديد انه لم يسبك في قوالب ونادرا ما اعتمد فيه تقنية التصفيح هذا راجع لأسباب التي ذكرنها أنفا ،في عدم تمكن الإنسان من الحصول على معدن الحديد بشكل متماسك يمكن تشغيله بسهولة كالنحاس ، و الرصاص ،و القصدير ، فهذا المعدن يحتاج إلى تسخين وطرق و تسخين متعدد حتى يصل إلى الوضع الملائم للاستخدام . فهو يحتاج إلى تقنية جد

خاصة وقوة عضلية، وهذا بعد صهره فيتم التقاط الكتلة المعدنية بملقاط ثم يطرق بمطرقة على سندان مثبت

.4–تقنيات الزخرفة:

إن معظم التحف المعدنية تحتاج في أخر مرحلة من مراحل تصنيعها إلى تقنيات زخرفية تعتمد على تلك الأساليب التي تختلف حسب الزخارف المراد تشكيلها و كذا أدوات الصنع المعدة لتنفيذها ومن الأساليب التي استخدمت في إحداث الزخارف على القطع المعدنية فيمكن دراستها على النحو التالي :

4– 1 التطريق : Repoussage

هو احد الأساليب الفنية لزخرفة الأسطح المعدنية ، وغالبا ما تكون المادة من النحاس الأحمر أو الأصفر، وتكون زخارفها بارزة، نفذت بواسطة منقاش أو مطرقة، وفي معظم الأحيان تتقن بعملية الحز، ويتم هذا الأسلوب بتحضير خليط من الزفت والصمغ المذاب ثم يصب هذا المزيج على لوحة تكون هيئة طبقة سميكة نوعا ما، ولما تبرد هذه الطبقة توضع فوقها الصفيحة التي ينبغي زخرفتها، وينتظر حتى يتصلب الزفت تمام،لتكون أعمال الزخرفة ملائمة لنقش عليها و لكي لا تشكل عائقا أمام ارتفاع البروزات ، وهنا يبدأ الفنان بالنقش على المعدن، وذلك بالطرق على المنقاش، وتظهر بذلك الزخارف بارزة .

4–2 اللصق: Gaufrage

هي تشبه الطريقة السابقة، غير أن الاختلاف يكمن في الطريقة المستعملة، حيث يتم بطبع الرسوم المرغوب فيها بالضغط على قوالب، فتنتج عنه زخارف بارزة فوق سطح المعدن .

4–3 النقش: Gravure

من أكثر الأساليب الزخرفة ثراء في الصناعات المعدنية، ونظرا لتميزها بالدقة في تنفيذ الوحدات الزخرفية بأكثر من مستوى ،هي الطريقة التي تعتمد على عملية الحفر بفتح تجاويف على سطح المعدن بأقلام صلبة أو بواسطة أزميل يهدف من ورائه إزالة جزء من المعدن لتكوين ثقوب في الشيء المراد زخرفته ، وتعتبر هذه الطريقة من أسهل الطرق التي تستخدم في أغلب الأحيان في زخرفة الأواني ذات الاستعمال اليومي، وخاصة من معدن الحديد والنحاس أو الصفر .

4-4 الحز: Ciselage:

تصلح هذه الطريقة لجميع المعادن التي تقبل إحداث الزخارف عليها، بواسطة آلة مدببة مثل إزميل صغير ذو الرأس المدبب . كما يعتبر هذا الأسلوب من أقدم الطرق المستخدمة في زخرفة المعادن، ويجب أن يكون فيها سمك المعدن مناسبا حتي يتحمل عملية الحز ، وتتم هذه العملية عند الفراغ من عملية الضغط ويرفع الصفيحة بحز حول الزخارف لكي تبدوا واضحة، كما تحز التفاصيل الدقيقة التي يصعب حفرها في القالب الخشبي، وبعد ذلك تملأ الشقوق الناتجة من الحز بمادة سوداء تعرف بالنيلو،لكي تحدد معالم الزخرفة

4-5 التخريم: décor ajoure

تسمى الزخرفة التي تجرى بشكل ثقوب و التي يستخدم فيها الصانع معدات التخريم و التقطيع على التحف المعدنية، برسم النقش المطلوب فوق سطح طبقة المعدن المراد تفريغه .

بعد ذلك تأتي المرحلة الثانية والتي يتم فيها ثقب في وسط المجال المعدني، للسماح بإدخال مبرد أو منشار التفريغ و يستخدم المنشار في إزالة المساحات الكبيرة من المعدن، ثم يمر إلى الشطب بواسطة مبارد صغيرة يستخدم هذا الأسلوب في زخرفة أدوات كالقناديل و المباخر المواقد.

4-6التكفيت: Incrustation:

يطلق هذا الفن أو الأسلوب على تطعيم معدن بنوع أخر من المعادن يكون من نفس النوع أو مختلف عنه في اللون ،بمعنى يتم حشو الفجوات أو مكان الزخارف المرسومة على سطوح المعدن بمعدن مغاير له يكون أكثر قيمة من المعدن الذي صنعت منه التحفة سواء كان من الذهب أو الفضة أو غيرها. بالرغم من تحريم الإسلام لاستخدام المعادن النفيسة في أواني الأكل غير انه نجده على التحف الفنية خلال العصور الإسلامية.

إن استخدام أسلوب التكفيت في الزخرفة يستند في ملا الفجوات بأسلوب الحفر حيث تنزع الأجزاء بواسطة قلم خاص يدق عليه بمطرقة خشبية وتسمى هذه العملية بالشق ثم تملأ الشقوق بعد

ذلك بواسطة أسلاك رقيقة ويطرق عليه بمطرقة خشبية حتى تثبت ولزيادة التباين يضاف إليها مادة النيلو السوداء وتسمى الآن بالتعشيق و تستخدم في سوريا و بلاد المغرب ومصر.

4-7الزخرفة بالنيلو:Niellage

الملا أو الحفر بالنيلو قد استخدم على نطاق واسع في فن المعادن ، ووفقا للطرح الذي يقدمه Arseven فربما تكون هذه الكلمة Savat لها علاقة بالكلمة التركية yalak او savak التي تعني المجرى او الحفر الذي استخدم على نطاق واسع في فنون المعادن في أواسط أسيا .

تتمثل هذه العملية تفريز مواد زجاجية تموه بها سطوح المعادن، وقبل ذلك يتم تقسيم القطعة إلى خانات التي تشكل الرسوم الزخرفية، ثم يوضع المسحوق على هذه الزخارف حسب الألوان المطلوبة ثم تحرق في درجة حرارة منخفضة ، وبعد تفاعل المينا جيدا يتم إخراج القطعة من الفرن ويكون عندها المينا قد اتخذ شكل طبقة زجاجية لماعة، ويعرف هذا آلمينا في المعادن باسم " النيلو" أو المينا السوداء"، وهو مسحوق مكون من الرصاص و النحاس و الكبريت وملح النشادر تخلط معا ويتكون منها سائل يصب وهو ساخن في الأماكن المحفورة على التحفة، وإذا ما برد لونها الأسود تلمع .

واهم الأكسيدات المعدنية لتكوين مادة الميناء هي:

أكسيد الكروم يتحصل على اللون الأخضر الغامق الشفاف.

أكسيد الكوبالت يتحصل على اللون الأزرق الشفاف.

كرومات الرصاص يتحصل على اللون الأصفر المعتم .

بيوكسيد النحاس يتحصل على اللون الأخضر الفاتح الداكن .

وتنفذ هذه التقنية على المعادن بأسلوبين :

4-8 الترصيع Incrustation

يستعمل هذا النوع من الزخرفة في الحلي لتلبيسها بأنواع الأحجار الكريمة، وبعض التحف الفضية رصعت بالمرجان، وتتم هذه العملية، بوضع المرجان في أطر عميقة مقعرة،وتحفر هذه الأطر بالنقاش على المعدن بدون إزالة أي جزء منه

4-9الزخرفة الخيطية :

تتمثل في صناعة وتشكيل خيوط معدنية ، هذه التقنية تعتمدعلى بتثبيت الخط المعدني بواسطة كلابة ويكون بها الشكل الذي يرغب فيه، ويواصل التشكيل بالطريقة نفسها حتى يتحصل على عدة قطع، ثم يقوم بتلحيم وجمع تلك القطع بعضها البعض ، وهذا بواسطة بقايا من الفضة المذوبة، وهي تمكن الفنان من الحصول على زخرفة تشبه الدنتيلا، ويصنع بها عدة تحف مثل علب التبغ والمرايا ...

4-9 التغليف و التذهيب : placage et la dorure

يمكن تغطية الأعمال الفنية النحاسية و البرونزية و الفضية بتغليفها بالذهب تطبق إما بالأساليب الكيمائية و إما بطرق الميكانيكية و يمكن تغطية التحفة كلها بالذهب أو أجزاء منها فقط .

الهوامش

1 Daniel (D), matériaux analogue archéologique et corrosion ,Andra, Agence nationale pour la gestion des déchets radio actifs, p15.

[1] حسان حلاق، مقدمة في تاريخ العلوم و التكنولوجيا ،ص.79

1 Daniel(D), op.cit, p 11.

1 j.AMauduit mare Nostrum, collection naissance des civilisations ,ed du mont blanc 1966 p 40.

[1] محمد حسين جودي ، فنون و أشغال المعادن ،دار الميسرة للنشر و التوزيع ، الطبعة الأولى ،2007،ص7 .

1 Daniel(D), op.cit, p 11.

1 نصر الدين بن طيب، تاريخ الفن من العصر الحجري إلى الفن الغوطي ، منشورات الريشة الحرة، 2008 ، ص 44.

* يتميز الحديد على غرار البرونز ، بكونه يستخلص من معادن منتشرة بكثرة.

[1] سورة الحديد الآية 25.

1 Daniel (D), op cit, p18.

[1] les cahiers de la fonderie<<, Les métaux, au fiL de l'histoire>> ,C N.A.S,p21.

1 Daniel(D) ,op.cit, p18

[1] اولكر ارغين صوى، ،تطور فن المعادن الإسلامي منذ البداية حتى نهاية العصر السلجوقي.،ترجمة الصفصافي احمد القطورى، المجلس الأعلى للثقافة القاهرة ،ص.64

1 vega (E), Altération des objets ferreux archéologique du site Glinet, thèse de doctorat, université de technologie de Belfort montheliard, 2004,AnnexesA1/4-A2/4.

* التعدين: هو مجموعة من الوسائل و العمليات المستخدمة لاستخلاص المعدن من فلزاته بفعل تلك التفاعلات الكيميائية التي تتطلب درجة حرارة عالية تسمح بفضل مختلف العناصر من الشوائب للمزيد من التفاصيل انظر:

Nicole Meyer, caroline relier, conservation site et du mobilier archéologique principe et méthodes, UNESCO et document sur le patrimoine culturel, 1987, p 60.

1Vega(E), anexe 2op cit.

** هي وعاء يستعمل في إذابة المعادن وصهرها، ذو شكل نصف بيضوي ، كان الصائغ في القديم يصنعه بنفسه من مادة الطين الممزوج بقليل من شعر الماعز، وذلك لقاومة التشقق ولكن سرعان ماكانت تلك البوتقات تنكسر بعد عملية او اثنين من التذويب . . ينظر: معرض قصر الثقافة، الحلي الجزائرية، الجزائر، المؤسسة الوطنية للفنون المطبعية 1990، ص 17.

***: ثم استجدت تقنيات أخرى كا فحم الكوك ، و الزيت ، او الغاز كوقود بدل من الحطب. .جميع المواد غير الحديدية يمكن صهرها في أفران الحفرة باستخدام فحم الكوك ، كما يمكن صهر حديد الزهر و الصلب في الحفرة باستخدام الزيت و الغاز و قد استخدمت هذه الطريقة في عمل سيوف دمشق الشهيرة. للمزيد من التفاصيل ينظر: التهامي جاب الله و اخرون ، أساسيات سباكة المعادن.سلسلة الكتاب التقني .منشورات الثانوية الفنية طرابلس 2007 ليبيا.ص .286

1 : Dossier enseignant, << le fer et l'acier Voyage en industrie >>. cap science 2006, p1

1 cahier de fonderie, op cit, pp 32-33

1 Julie Wood, le livre de la préhistoire l'âge de la pierre polie, Italie 1990, p.65

[1]احمد سقيف الخطيب، و يوسف سليمان خير الله، الموسوعة العلمية الشاملة ،مكتبة لبنان للنشر، ط1،سنة1998،ص.402.

1Ledebur (A) , Manuel théorique et pratique de la métallurgie du fer, V. 2, Traduit de l'allemand par Barbary (L) , ed. LPBC, Paris, 1895, p.185.

* يصل ارتفاع هذه الأفران إلى حوالي خمسة أمتار،ويكون الحوض فيها بشكل اسطواني وهو مبني من الداخل من الأجر لمقاومة الحرارة ويغطى بدرع مشكل من روافد معدنية ينظر :

رفعت معدرابي، منشورات المكتبة العصرية للطباعة و النشر،صيدا بيروت، 1956ص.9

**هو معدن سريع الكسر يذوب في درجة حرارة تتراوح مابين 1100°-1255° مئوية يحتوي على كمية من الفحم تتراوح نسبتها من 2الى 6 بالمائة.

1 Dossier enseignant, op cit, p2.

* يمكن للفرن العالي أن يلتهم أكثر من 200هكتارمن الغابات وهذا في غضون ستة أشهر ،علاوة انه يتطلب أسبوعين إلى ثلاثة أسابيع لصناعة الفحم.لان عملية حرق الفحم تكون بطيئة جدا وهذا لتجنب الحصول على الرماد فقط ، فعملية حرق ألف كيلو من الخشب تتحصل فقط على 250كيلو من الفحم.

[1] cahier de la fonderie, op.cit, p 34

* فحم الكوك تم استعماله لأول مرة بانكلترا بدءا من سنة 1709، وقود يستخلص من كربنة أو تقطير الفحم وبعبارة أخر يتحصل عليه من الكربون النقي عن طريق القضاء عن القطران للمزيد من التفاصيل ينظر :

Jerry mark, émission de l'industrie du métal،annexe4, 2006, p 2

[1] محمد احمد زهرا ن فنون و أشغال المعادن و التحف ، مكتبة أنجلو المصرية القاهرة ،1965،ص .18

[1] محمد حسين جودي ،المرجع السابق ،ص.20

1 Camps (F), Bijoux berbères d'Algérie ,edisud France , 1990 ,p30

[1] محمد احمد زهران ،المرجع السابق ،ص.18.

[1] Camps(F), op.cit ,p30

[1] محند نورية، صناعة الحلي الفضية للقبائل الكبرى منطقة بني يني انموذجا، رسالة لنيل شهادة الماجستير ،كلية الآداب و العلوم الإنسانية و الاجتماعية ،قسم الثقافة الشعبية ، 2002 ،ص .71 .

[1]محمد احمد زهران المرجع السابق ,ص35.

1 Camps(F), op. cit ,p30

1 Ibid, p30

[1]الإدارة العامة لتصميم و تطوير المناهج ،تقنية مدنية خواص اختيار المواد المملكة العربية السعودية،دت،ص .72

1 Les fiches pédagogiques <<, naissance de la métallurgie>>, musée des antiquités nationales ,p3

1 Ibid, p5.

[1]محمد احمد زهران، المرجع السابق، ص ص .208-209

1 Arseven C. E les arts décoratifs turcs, ankara .s.d ,p.122.

*يتميز الشمع بأنه مادة مرنة سهلة التشكيل تتجاوب مع أي ضغط كما تتميز بالدونة و قوة الشد، و الثبات، وتتركب عادة هذه الشموع من تركيبات عضوية و معدنية و الأصماغ مثل شمع البرافين و وشمع النحل، و شمع دمار .للمزيد من التفاصيل ينظر:

وفاء انور ، تشكيل المعادن، 2006، ص13

1 Les fiches pédagogiques .. op.cit, p 5.

[1] اولكر ارغين صوى، المرجع السابق ،ص.113

[1] Arseven C. E, op. cit,128

[1I]bid ,p.5

*وهوا عادة تبلور حبيبات المعدن ليستعيد الليونة المطلوبة لعملية التشكيل مع ملاحظة التخلص من التعرجات التي تنشا في حافة القطعة المعدنية كلما تكونت.

[1] محمد حسين جودي، المرجع السابق، ص ص.58-60

[2]شريفة طيان، الفنون التطبيقية الجزائرية في العهد العثماني، رسالة لنيل شهادة الدكتوراه في الآثار الإسلامية، معهد الآثار، جامعة الجزائر، 2008، ص ص.105-.106

[1] شريفة طيان، المرجع السابق، ص. 106

[1] اولكر أرغين صوى، المرجع السابق، ص .105

[1]محمد جودي حسن، المرجع السابق، ص. 23

[1] نفسه ،ص.23

[1] شريفة طيان ،المرجع السابق ،ص. 109

*البوراكس:مادة البورات ملح الصوديوم المستخدمة في اللحام ، تنتج في بلاد ايران و الهند ، لها حاصية انها تزيد من سرعةذوبان، و مقاومة ضد المؤثرات الخارجية (الوقاية عند الأكسدة)

[1]. احمد زهران، المرجع، السابق، ص. 106

[1] محمد حسين، جودي المرجع السابق، ص. 48

[1] احمد زهران، المرجع لسابق ،ص .94 -97

[1]شريفة طيان، المرجع السابق ،ص .113

[1] اولكر أرغين صوى ،المرجع السابق،ص.11

[1]محمد جودي حسن، المرجع السابق ، ص 62

[1] نفسه، ص 83.

1 Fiche pédagogique, op cit p6

[1] Arseven C.E., op. cit, p.131.

1 Ibid, p131

منى كامل العسوى، من التراث الشعبي المشعولات المعدنية ،عين الدراسات و البحوث الإنسانية و الاجتماعية 2008، [1] ص122.

[1] اولكر أرغين صوى ،المرجع السابق، ص127

1 Arseven C.E , op.cit, p 129

[1] محمد عبد العزيز مرزوق ، الفنون الزخرفية الإسلامية في العهد العثماني ،الهيئة المصرية القاهرة، 1987،ص. 149

[1]ر بيع حامد خليفة، الفنون الإسلامية في العهد العثماني، مكتبة زهراء الشرق، القاهرة، 2001، ص 44.

[1] سعاد ماهر، الفنون الإسلامية، مطابع الهيئة العامة المصرية، 1986، ص. 132.

[6]6:ولكر أرغين صوى ،المرجع السابق ،ص144

[7]6احمد زهران ،المرجع السابق ،ص. 217

[1]أ ولكر أرغين صوى ، المرجع السابق ،ص 144

[1]سعاد ماهر، المرجع السابق، ص 124

[1] أحمد الطايش ، الفنون الزخرفية الإسلامية المبكرة ، مكتبة زهراء الشرق القاهرة ،2000.ص56

[1] ولكر ارغين، المرجع السابق، ص. 153

[1]:بختيش نعيمة،حلي المرأة و زينتها في المغرب الإسلامي،مذكرة ماجستير في الآثار ا لإسلامية معهد الاثار، جامعة الجزائر،2012 ص154.

[1] احمد الطايش، المرجع السابق، ص 56

[1] منى كامل العيسوي ، المرجع السابق، ص134

[1]Camps(F),op.cit, p 26

[1] رشيل ورد، المرجع السابق، ص 42.

[1] Arseven C. E., op, cit, p.145.

[1] ولكر أرغين صوى ،المرجع السابق ،ص ص.163 -164