شكر وتقدير

يشرفنى أن أتقدم بوافر الشكر وخالص التقدير إلى أستاذى الفاضل

الأستاذ الدكتور / سمير عبد اللطيف شوشان أستاذ ورئيس قسم النحت. كلية الفنون الجميلة. جامعة الإسكندرية لما بذله من وقت غالٍ، وفكر ثاقب، وتوجيه سديد دائم، ومعاونة صادقة، مما كان له بالغ الأثر فى إنجاز هذا البحث.

كما أتقدم بخالص الشكر والتقدير إلى **الأستاذ الدكتور/ درويش البراوى** أستاذ بقسم النحت. كلية الفنون الجميلة. جامعة الإسكندرية لمعاونته وتوجيهه الهادف وإرشاداته العلمية البناءة.

كما أسجل شكرى وتقديرى إلى كل من **الأستاذة/ أسماء** لما قدمته من عون صادق وجهد وافر فى إخراج هذا البحث بالشكل اللائق.

وأسجل شكرى أيضاً إلى **المهندس/ أحمد الرشيدى** لما بذله من مساعدة فى إخراج الأعمال التطبيقية فى هذا البحث.

وأولاً وأخيراً ودائماً أتقدم خالصة بالشكر والحمد لله تعالى فهو ولينا وهو نعم النصير.

والله تعالى الموفق

الباحثة

جامعة الإسكندرية
كلية الفنون الجميلة
قسم النحت

تقنيات السبك بالطرد المركزي و استخدامها في فن الميدالية

Techniques of centrifugal casting and its uses in the medal Art

مقدمة من

كرمه علي الدين الحكيم حسن

للحصول على درجة
الماجستير

تحت إشراف

أ.د / سمير عبد اللطيف شوشان
أستاذ و رئيس قسم النحت بكلية الفنون الجميلة – جامعة الإسكندرية

أ.د/ درويش مصطفى البراوي
أستاذ بقسم النحت بكلية الفنون الجميلة جامعة الإسكندرية

2008

تقنيات السبك بالطرد المركزي واستخدامها في فن الميدالية

رسالة علمية

مقدمة إلى الدراسات العليا بكلية الفنون الجميلة – جامعة الأسكندرية

إستيفاء للدراسات المقررة للحصول على درجة

الماجستير

في الفنون الجميلة

قسم النحت – تخصص النحت العام

مقدمة من

كرمه على الدين الحكيم حسن

2008

تقنيات السبك بالطرد المركزي واستخدامها في فن الميدالية

مقدمة من

كرمه على الدين الحكيم حسن

للحصول على درجة

الماجستير في الفنون الجميلة

قسم النحت – تخصص النحت العام

لجنة المناقشة والحكم على الرسالة	**موافقون**
أ.د / جابر عبد المنعم حجازي **أستاذ غير متفرغ بقسم النحت بكلية الفنون الجميلة – جامعة الأسكندرية**	.....
أ.د/ سمير عبد اللطيف شوشان **أستاذ و رئيس قسم النحت بكلية الفنون الجميلة ـ جامعة الأسكندرية**	.....
أ.د/ الشاذلي عبد الله السيد **أستاذ و رئيس قسم النحت بكلية الفنون الجميلة ـ جامعة المنيا**	.....
أ.م.د/ درويش مصطفى البراوي **أستاذ مساعد بقسم النحت بكلية الفنون الجميلة ـ جامعة الأسكندرية**	.....

تاريخ: / /

لجنة الإشراف

أ.د/ سمير عبد اللطيف شوشان .....
رئيس قسم النحت بكلية الفنون الجميلة
جامعة الأسكندرية

أ.د/ درويش مصطفى البراوي .....
أستاذ مساعد بقسم النحت بكلية الفنون الجميلة
جامعة الأسكندرية

الفصل الأول

أنواع ماكينات السبك بالطرد المركزي المستخدمة في سبك الميداليات

تتعدد المجالات التي يمكن من خلالها تناول تقنيات السبك بالطرد المركزي ، حيث أنها تستخدم علي نطاق واسع وحققت الكثير من الإنجازات في المجالات الفنية خاصة في أنواع السبك الدقيق والمعقد مثل سبك الميدالية و الحلي ، كما تم استخدام هذه التقنية في المجال الصناعي لإنتاج مسبوكات كبيرة الحجم مثل المواسير والألواح المعدنية والقضبان والتروس المعدنية.

وهناك العديد من الماكينات التي تقوم فكرة عملها علي دفع المعدن المنصهر بقوة الطرد المركزي ، و سنتحدث في هذا الفصل عن الأنواع المستخدمة في مجال الأعمال الدقيقة و بالأخص في الأعمال الفنية من ميداليات ، و نحت بارز صغير الحجم ، و أيضا الحلي المعدنية .

وتنقسم أنواع ماكينات الطرد المركزي المستخدمة في مجال الأعمال الدقيقة إلى :-

النوع الأول : جهاز الطرد المركزي ذو القوالب الأسطوانية المنفصلة : وهو النوع المعتاد الذي يعتمد علي تغذيه الماكينة بالمصهور المعدني والذي يتجمع في مركز التوزيع ، وهذا المركز يدور بانتظام بواسطة موتور كهربي متصل بذراع دوار أو أكثر تنتهي بقوالب اسطوانية من نوع القوالب المطوقة الحرارية Investment molds.

النوع الثاني : جهاز السبك بالتدوير Spin Casting : وهذا النوع قائم علي فكرة القوالب الدائرية المصنوعة من المطاط المقاوم للحرارة ، والتي تثبت علي مركز يدور حول محوره وبه فتحة لصب المعدن .

و ستناول بالتفصيل كلا من النوعين السابقين.

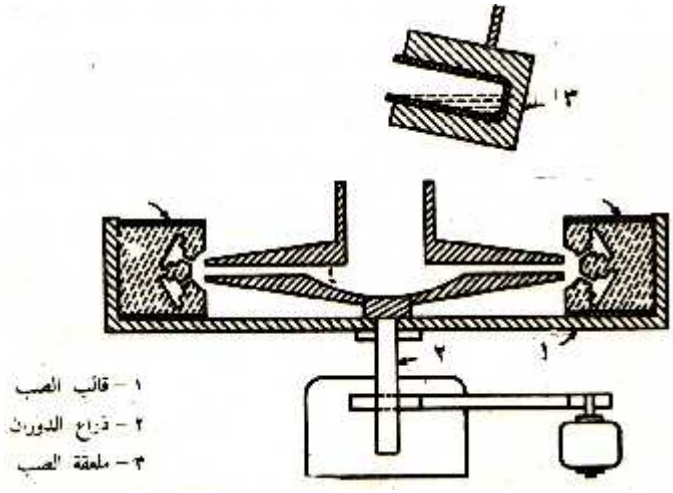
أولاً جهاز الطرد المركزي ذو القوالب الأسطوانية المنفصلة :

وهو عبارة عن جهاز (صهر / سبك) معاً ، وفيه تستخدم قوة الطرد المركزية لدفع المعدن من خزان (بوتقة) الصهر إلى قوالب منفصلة والتي تتشعب من محور الدوران وتتطلب سرعة دوران متوسطة لإنتاج مسبوكات رقيقة الجدار أو أشكال فنية معقدة[1]

وتنتج عن سرعة الدوران اندفاع المعدن المنصهر إلى داخل القوالب ناقلاً أدق تفاصيل المعالجة النحتية الموجودة علي سطح هذه القوالب ، ويتم إعداد هذه القوالب داخل مقاطع أسطوانية تحتوي علي قوالب نفذت بخامات حرارية تم صبها حول النماذج التي نفذت مسبقاً باستخدام الشمع ، ثم يصهر الشمع أثناء عملية الحرق والتحميص ، تماماً مثلما في تقنيات الشمع المفقود Lost Wax ، تاركاً هذا الفراغ داخل القالب الذي ينفذ إليه المعدن المنصهر ، ويمثل شكل (٢٦) نموذج لماكينة طرد مركزي تعتمد علي شكل البرميل الذي يحمل الأسطوانة المثبت حولها القوالب الحرارية ة وعند رفع الغطاء العلوي يبدو أسفله المصب الذي ينتقل المعدن من خلاله أثناء الدوران من مركز التجمع منطلقاً إلى قنوات التغذية التي تنقل المعدن المنصهر إلى القوالب الأسطوانية ، ويؤدي الجمع ما بين قوة دوران هذه الاسطوانة ونظرية الدفع المركزي للمعدن إلي انطلاقة بقوة إلي داخل القوالب ناقلا أدق التفاصيل الموجودة علي سطحها مما يجعل هذا الأسلوب مفضلا لتنفيذ الميداليات ، بعد إتمام السبك يتم فك هذه القوالب واستخراج القالب الحراري ونموذج العمل النحتي من داخلة ، ثم يتم فصل قناة التغذية عن العمل النحتي .

---

(1) E. Paul DeGarmo & Others, Materials & Processes In Manufacturing P. 366



شكل (٢٦) جهاز السبك بالطرد المركزي

بالنسبة إلى المحيط الجوي، فبعض ماكينات السبك بالطرد المركزي تعمل في جو خامل ، و بصفة عامة ففي الطرد المركزي يكون التحكم في نسبة دخول الهواء عن طريق تدفق الغاز للخارج من خلال أنبوب صغير مثبت على حافة البوتقة

ولكن لا تستعمل هذه التقنية عادة لأنها ليست فعالة بما يكفي ، ولكن يتم التحكم في الهواء الداخل عن طريق بعض الأجهزة التي تتفاوت في درجات التركيب و التعقيد.

وقد حدث تطورا ملحوظا في تقنيات موتور ماكينة الطرد المركزي (أقدم ماكينة طرد كانت تعمل بالزنبرك) و أنظمة التحكم، لكن ظل التصميم الأصلي دون تغيير تقريبا.

وبمقارنة ماكينة الطرد المركزي القديمة نجد أن أهم التطورات التي طرأت عليها هي:

١ـ النظام الهندسي المتغير.

٢ـ إناء الصهر (البوتقة) المزود بقاعدة شفط.

٣ـ مقياس الحرارة الموصل بالماكينة[١].

١- النظام الهندسي المتغير

في هذا النظام الجديد تكون الزاوية بين محور حاوية القالب ، وذراع الطرد المركزي متغيرة ما بين صفر و ٩٠ درجة ، لتشغيل معدل الدوران، وبهذه الطريقة، فالجمع بين الطرد المركزي و قوة القصور الذاتي يعمل على تدفق المعدن من البوتقة إلى القالب .شكل (٢٧ أ،)

وهذه الإضافة من شأنها :-

١.تحسين تدفق المعدن بتساوي

٢.منع انسياب المعدن المنصهر على جوانب المصب الرئيسي في عكس اتجاه الدوران، كما كان يحدث في النظام القديم.

وهذه الظاهرة من الممكن أن تتسبب في عدم امتلاء جميع أجزاء شجرة المسبوكات، ومع ذلك فإن نسبة حدوث اضطرابات خلال عملية ملء القالب في النظام المتغير تكون اعلى من تلك في النظام الأصلي الثابت[٢].

(1) Valerio Faccenda ,Investment Casting: Centrifugal Or Static Vacuum Assist? –P22.
(2) P.E. Gainsbury, Jewelry Investment Casting , P13.

٢- إناء الصهر المزود بقاعدة شفط

لتسهيل خروج الغاز المحتبس في تجويف القالب و لتحسين عملية امتلاء القالب، تم تصميم نظام شفط متصل بقاع حاوية الصب (البوتقة) وهذه الأنظمة تشكل وحدة مستقلة مع جزء الطرد المركزي المتحرك، و تسمح بملأ تجاويف القوالب الضيقة جدا .

٣- مقياس الحرارة الموصل بالماكينة

تتم عملية قياس الحرارة بواسطة مقياس الحرارة المزدوج (thermocouple) شكل(٢٧،ب)، أو بواسطة مقياس حرارة بصري شكل(٢٨،أ،ب)، و الطريقة الأفضل هي النظام المعتمد على المقياس المزدوج و لكنه أيضا الأكثر تعقيدا، و يتم غمرها في المعدن المنصهر و تعلق على نظام الدوران و تنتقل الإشارة الكهربية عن طريق موصلات تعمل عندما يبدأ الدوران.

في بعض ماكينات الطرد المركزي تقاس الحرارة عن طريق مقياس الحرارة المزدوج بحيث يكون متصلا بسطح بوتقة المعدن الخارجية، وتكون قراءة درجة الحرارة في هذه الحالة ضعيفة، علاوة على ذلك فالبوتقة و مقياس الحرارة المزدوج لهما جهد كهربي مختلف ، و قد يحدث انبعاث كهربي مما يؤدي إلى تأكسد أو صدأ وصلات مقياس الحرارة ويسهم في قراءة خاطئة لدرجة الحرارة[١].

و في النهاية ، تبرمج ماكينات السبك بالطرد المركزي بواسطة العامل المسئول عن التشغيل و له دور كبير ، فهو يختار معدل الدوران ، و مستوى قوة الطرد المركزي التي تدفع المعدن إلى القالب أثناء عملية الصب، و في وقتنا الحاضر ، تتركز تطويرات جهاز الطرد المركزي على تحديث البرمجة و العملية الآلية.

اختيار ماكينة السبك

يفضل الاستثمار في افضل واكبر ماكينة متاحة ذات تكلفة مناسبة ، ولكن في كل الأحوال فنتيجة السبك لا تعتمد فقط علي نوعية الماكينة ولكنها عامل ثانوي بعد مهارة الصانع والخطوات التقنية المستخدمة .

تعمل الماكينات إما بواسطة النوابض Spring أو المواتير أو أتوماتيكياً بالكهرباء ،وتدور بسرعات تتراوح من ٥٠٠ إلى ١٢٠٠ Rpm شكل (٢٩)

الماكينات التي تعمل بواسطة النوابض

وتعتبر الماكينات التي تعمل بواسطة النوابض Spring أكثرها اقتصادية ومناسبة لجميع أنواع الأعمال الفنية ، كما يمكن زيادة امتداد ذراع السبك وتزويده بقوة مقابلة زائدة لزوم الأعمال الأكبر حجماً ، ويفضل استخدام الماكينات ذات الذراع المنكسر (بزاوية متحركة) عن الماكينات ذات الذراع الثابت ، وفائدة الذراع المتحركة هي منع انسكاب المعدن خارج البوتقة قبل ان تكتسب الذراع المقابلة سرعة كافية لتحقيق قوة الطرد المركزي ، وتحتاج ماكينات الطرد المركزي ذات الذراع الثابتة الي بواتق عالية الجدران لتحمي المعدن المنصهر من الانتشار أثناء الدوران السريع .

ماكينات السبك الأتوماتيكية

وتعمل بالكهرباء تقوم بتسخين المعدن بداخل البوتقة وهي ممتازة ولكنها مرتفعة السعر ، وتظهر درجة الحرارة علي مقياس الحرارة وعندما تصل حرارة المعدن إلى ٥٠ درجة فهرنهايت يوضع القالب في الماكينة وتظل ترتفع درجة حرارة المعدن وعندما تصل إلى الدرجة المطلوبة للسبك تنطلق الذراع وتبدأ عملية السبك بالطرد المركزي . شكل (٢٩).

ماكينات السبك الرأسية

لا تتطلب ماكينات السبك التي تعمل رأسيا وجود حوائل حامية مثل الماكينات الأفقية ، ولكن يجب ضبط اتزانها وفق إرشادات المصنع وقد يؤدي عدم تثبيت وتصويب عملية السبك إلى تعطيل الهدف من حركة الطرد المركزي .

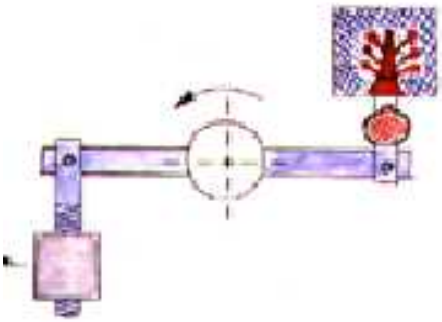
---

(1) P.E. Gainsbury, Jewelry Investment Casting ,P13

ماكينات السبك الأفقية

من الممكن وضعها علي المنضدة المستخدمة للعمل باستخدام حواجز معدنية متحركة ولكن الطريقة الأفضل هي وضع الماكينة في حوض معدني أو وعاء أسطواني كبير مغلق علي رف صلب موضوع اسفل المنضدة ، كما يمكن استخدام سطح المنضدة عندما لا تستخدم الماكينة ،وبهذه الطريقة نادراً ما يتطاير المعدن المنصهر خارج منطقة السبك كما يسهل تسخين المعدن قبل عملية السبك ، حيث يوجه اللهب (البشبوري) باتجاه الأسفل بدلا من توجيهه إلى الأمام[1].

(1) Sharr Choate , Creative Casting , P 59 , 60



شكل (٢٧ أ،ب)

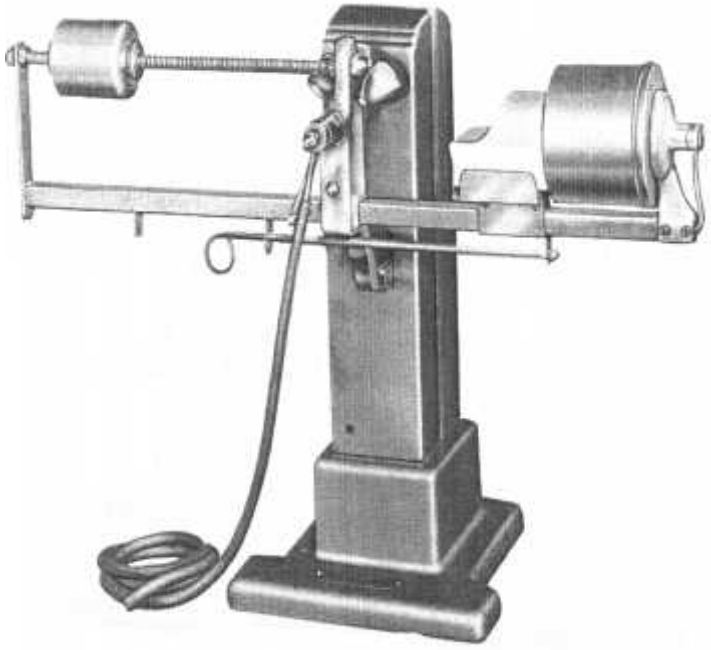
ا. رسم يوضح فكرة الذراع المتغيرة في جهاز الطرد المركزي المزدوج (Thermocouple)

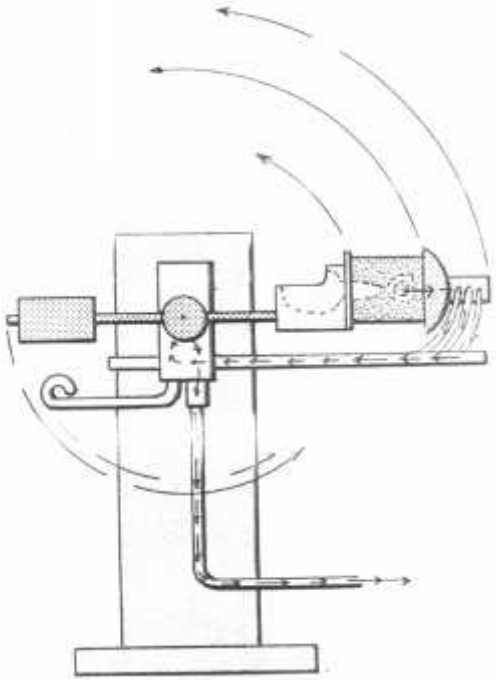
ب. تفصيلية للنظام الهندسي المتغير و معلق بها مقياس الحرارة

شكل (٢٨ أ،ب)

أ.جهاز السبك بالطرد المركزي مزود بمقياس حرارة بصري لقياس درجة حرارة المعدن المنصهر

ب. تفصيلية لمقياس الحرارة البصري في جهاز الطرد المركزي في شكل (أ).

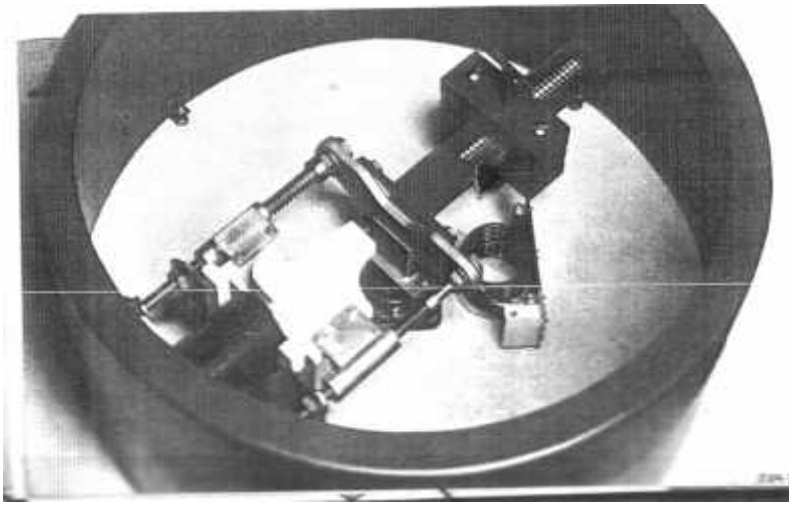




شكل (٢٩)

أشكال لماكينات تعمل بواسطة النوابض أو المواتير

أو أوتوماتيكياً بواسطة الكهرباء



تقنيات تنفيذ أعمال فنية بجهاز الطرد المركزي ذو القالب الأسطواني

خطوات التنفيذ :-

أولاً: عمل النموذج الشمعي .

" وتتم بعدة طرق وبأنواع مختلفة من الشمع وهناك تجارب عديدة تمت علي جميع أنواع الشمع المتاحة بحيث يستطيع الفنان المنفذ أن يتعرف علي النوع الأنسب لأسلوبه في إتمام عمله الفني ، حيث يتوافر الشمع من خلال العديد من الأشكال سواء في صورة ألواح أو قضبان و أسلاك بعدة أبعاد متنوعة السمك ، وكذلك تختلف في درجة الصلابة أو المرونة مما يسهل من أساليب تشكيلها"(١)

ويمثل الصب في القوالب المرنة أحد أهم الأساليب المتبعة في تنفيذ النماذج الشمعية المستخدمة لتحضير قوالب السبك بالطرد المركزي ، حيث أتاحت تنفيذ نماذج شمعية دقيقة ومتكررة من خلال أسلوب الشجرات الشمعية المتصلة بالمصب الواحد والتي تتيح إنتاج أعداد تصل إلى المئات بل الآلاف من نماذج الميدالية مما يتوافق وطبيعة تنفيذ الميدالية والتي تعتمد بصفة أساسية علي الاستنساخ بكميات كبيرة وتنفذ تلك النماذج الشمعية من خلال القوالب المطاطية والتي يتم إعدادها من خلال نماذج معدنية للميداليات المطلوب استنساخها بمثل هذه التقنية وهناك خامات مطاطية يمكن تشكيلها بواسطة نماذج الميدالية المنفذة من الجص أو الشمع علي البارد ولا تحتاج للتسخين .. كما يتناول الفصل الرابع العديد من تركيبات الشمع المستخدمة لتنفيذ الميداليات.

" ويتم عمل النموذج الشمعي إما بالحفر بواسطة الأدوات Tools المستخدمة في هذا المجال أو بطريقة إضافة الشمع الساخن فوق بعضه البعض وهناك طريقة أيضاً اكثر فاعلية وهي استخدام مسدس شمع كهربائي بمنظم للتحكم في الحرارة وبعد عمل القطعة بهذه الطريقة من الممكن نحتها بواسطة الأدوات لتحقيق التأثيرات المطلوبة"(٢)

وأيضاً من الممكن أن يتم تجميع عدة نماذج من الشمع في شجرة واحدة لسبك العديد من القطع من خلال قالب واحد مثلما نجد في شكل (٣٠،أ) .

ثانياً: عمل المصب .

" عندما يكتمل نموذج الشجرة يجب عمل فتحة المصب قبل عمل القالب وإذا كان النموذج به دخولات عميقة فمن المهم أن يتم توصيل المصب من اعلي بحيث يتدفق خليط القالب بحرية حول النموذج بأكمله بدون حبس أي هواء"(٣)

ويتيح تنفيذ أسلوب التشجير الاتصال الطبيعي ما بين قوالب الميدالية وقناة المصب الرئيسي وهو ما يعرف بقنوات التغذية والتي يمر من خلالها المعدن المنصهر إلى داخل قوالب الميدالية المثبتة في ماكينة السبك بالطرد المركزي .

"و يجب أن تكون المسافة بين النماذج الشمعية لا تقل عن ٢مم ، و بينها وبين حافة الأسطوانة المعدنية التي يصب بداخلها الجبس الحراري ٥مم ، كما يجب أن تثبت النماذج حول المصب الرئيسي في شكل حلزوني لانسياب المعدن أثناء الصب"(٤).

" بعد توصيل المصبات نقوم بقياس وزن النموذج لتحديد كمية المعدن المطلوبة لسبكه ، بعد ذلك يكون النموذج جاهزاً لوضعه في قمع الصب والمصنوع من خامة التشكيل اللدن Plasticene والذي يستخدم لصنع المصب المتصل بالشجرة ، حيث يعمل علي تثبيت الوحدة الشمعية والتي تضم قوالب الميدالية الشمعية المتصلة بقناة المصب الرئيسي (جزع الشجرة) وتعمل خامة التشكيل اللدن Plasticene ويجب أن يكون المصب كبير بما يكفي ليستوعب كل كمية المعدن المطلوبة في عملية السبك مثلما نجد في شكل (٣٠،ب) ، ويجب أن يكون قمع الصب أملس وبزاوية ٤٥ درجة ليسمح بتدفق المعدن في القالب بسلاسة وبتساوي ، ويتم التخلص من هذا المصب قبل عملية التحميص التي تستخدم لإزالة الشمع ". (٥)

---

(1) Dominic Dipasquale &Others – Jewelry Making Prentice- Hall , New Jersey 1975 p 50
(2) Ibid , p50
(3) Ibid , p51
(٤) أحمد عمر بدوي ، عوامل تكنيكية و أثرها في شكل المنتجات المعدنية و الحلي، بحث منشور، كلية الفنون التطبيقية\ جامعة حلوان ١٩٩٧
(5) Dominic Dipasquale &Others – Jewelry Making P53.

ثالثاً: عمل القالب.

نقوم بإحاطة النموذج بغلاف من معدن الاستنلس ونقوم بأحكام القاعدة بالمادة اللدنة Plasticene بحيث لا يحدث تسرب للخلطة الحرارية ، ويستخدم الجبس المقاوم للحرارة في عمل قوالب النماذج لان الجبس العادي وجبس باريس قد يتشقق خلال عملية الحرق ولذلك فهما غير مناسبين ، هناك نوع واحد من الجبس يمكن استخدامه وهو رمادي اللون نظراً لاحتوائه علي مادة الجرافيت وهو يتميز بنقل التفاصيل بدقة عالية كما يتميز أيضاً بتحوله إلى اللون الأبيض في الفرن عندما يكون جاهزاً للسبك ، ثم يتم عمل خليط القالب في بوتقة وهو مكون من الجبس والماء لتحقيق قوام سائل لدن"[١]

هناك العديد من المركبات الحرارية التي يمكن إعدادها والتي يكون الجبس أساسا لها مثلما نستخدم السيليكا مع الجبس وكذلك بدرة الحمره المختلطة بالجبس وهي خلطات حرارية تؤدي نفس الدور الذي تؤديه تركيبات الجبس بالجرافيت شكل(٣٠،ج) وبعد ذلك يوضع النموذج الشمعي المحاط بالغلاف الحراري علي جهاز الاهتزاز ويصب الخليط الحراري في جانب القالب من الداخل وليس مباشرةً علي النموذج ويترك القالب لمدة ساعتين قبل تنفيذ عملية الحرق لإخراج الشمع وتحميص القالب الحراري .

رابعا : عملية الحرق والتحميص :

" يزال قمع المصب المصنوع من المادة اللدنة Plasticene ، و يوضع القالب في الفرن بحيث تكون فتحة المصب إلى أسفل و يكون مرفوع على دعائم جانبية لسهولة خروج الشمع و تبخره ، من المهم رفع درجة الحرارة ببطء وثبات من ١٢٥٠- ١٣٠٠ درجة فهرنهايت ، تستغرق هذه العملية من ساعتين إلى ساعتين و نصف .

في حالة إذا كان هناك ثلاث قوالب أو أكثر يتم حرقها فإن مدة عملية الحرق سوف تزيد خاصة في أفران الحرق الصغيرة. من شأن هذه المرحلة إخراج الشمع من قوالب الميداليات و قنوات التغذية وأيضاً إعداد الخليط الحراري من خلال التحميص الجيد ، فالتحميص الجيد يعمل علي تسوية القالب الحراري و إخراج الرطوبة والتي تؤدي بدورها لإفساد سطح الميداليات بعد إتمام تقنية السبك"[٢] .

خامساً إخراج القالب من فرن الاحتراق

تتم عملية السبك بأسرع وقت ممكن بعد اخراج القالب من الفرن وتظل القوالب في درجة حرارة مناسبة في الفرن بعد إتمام عملية صهر الشمع ، حتي يحين وقت نقلها إلى ماكينة السبك وبدء عملية السبك لان القوالب إذا تم تبريدها قبل عمل السبك فقد تكون رطوبه وتظهر كحفر علي سطح الميدالية فيما بعد .

" يجب أن تظل بوتقة المعدن مغطاة باللهب لتحتفظ بدرجة حرارة الانصهار بينما ينقل القالب من الفرن الي ماكينة السبك بواسطة الحوامل الناقلة للبوتقة ويستخدم معها قفازات حرارية من مادة الاسبستوس لحماية الأيدي من الحرارة والسطح الساخن لجدران الفرن من الداخل أثناء هذا الإجراء .

يجب ألا تجري عملية السبك اذا ظهر علي سطح المعدن المنصهر خبث او اكسدة ، وفي هذه الحالة يضاف معدن جديد حتي يظهر السطح لامعاً ، ويتبع بكمية قليلة جدا من المعدن قبل رفع مسمار التحكم في إطلاق ذراع الماكينة مباشرة ، كما لايجب زيادة تسخين و صهر المعدن حتي درجة الغليان .

تنتج البنية الخشنة الحبيبات في المسبوكات المنفذة من الذهب نتيجة للتبريد البطيء للقالب ، وهذا يعني ان درجة حرارة القالب قريبة جدا من درجة حرارة المعدن ، اما الميدالية ذات الحبيبات الدقيقة فتنتج عند حرق القـــالب في درجة ١٢٩٢ ف ثم تقل حرارة الفرن الي ١٠٠٠ ف لمدة نصف ساعة قبل سبك المعدن"[٣] .

سادساً : عملية السبك:

"عند إخراج القالب من الفرن يتم وضعه بصورة أفقية لتجنب سقوطه، و عند ظهور الجزء المشع عند فتحة الصب فهذا يشير إلى إتمام عملية التحميص بشكل متكامل و أنه اصبح جاهزاً للسبك ، و أي بقايا سوداء متخلفة حول المصب تدل على وجود بقايا كربون في القالب ، و يجب أن تستمر عملية الحرق حتى تختفي هذه الشوائب .

---

(1) Ibid , p54.
(2) Dominic Dipasquale &Others – Jewelry Making P P55
(3) Sharr Choate, Creative Casting , P.71

يوضع القالب في تجويف جهاز الطرد المركزي ، يجب أن يكون الجزء المشع لفتحة المصب ظاهراً ، ثم يدفع بالبوتقة أمام مقدمة القالب ، ثم يوضع المعدن في صورة حبيبات في البوتقة و تعدل الذراع في المنتصف .

(ملحوظة : البواتق الجديدة يجب طلائها بمادة لسد المسام) "[1]

وهناك العديد من أنواع ماكينات السبك بالطرد المركزي يتم حقنها بالمعدن المصهور مباشرةً ، حيث ينزل إلى إناء التوزيع داخل الماكينة ومنها ينتقل بالدوران والطرد المركزي إلى داخل القوالب مثلما نجد في شكل (٣٠،د)

يمسك ذراع التوازن باليد اليمني ويحرك قليلا ليسمح لمسمار التثبيت بالسقوط ، ويظل اللهب يغطي المعدن حتي هذه المرحلة ويجب عدم تشغيل الماكينة حتي يتوقف المعدن عن الدوران لانه يدور علي مستوي مختلف عن دوران ماكينة السبك وقد يتناثر المعدن خارج البوتقة ، والقاعدة المتبعة هي ترك الذراع ليبدأ في الدوران ورفع اللهب في نفس الوقت، مما يخرج اليدين من دائرة الحركة وانتشار المعدن[٢] . شكل (٣١)

"ثم نخرج القالب من الذراع و ننتظر حتى ينطفئ توهج المعدن ، نغمره في الماء البارد وهو في حالة السخونة مما يساعد علي إخراجه من القالب الحراري والذي نقوم بكسره وتفتيته و إخراج شجرة الميداليات والتي تحولت من شجرة شمعية إلى شجرة ميداليات معدنية ثم تبدأ مرحلة قطع المصب وقنوات التغذية من حول الميداليات شكل(٣٠،ه) ، لتبدأ مرحلة المعالجة النهائية سواء بتسوية إطار كل ميدالية وإجراء المعالجة بإضافة اللون بالطلاء الكهربي أو المينا أو الأكسدة [٣].

(1) Dominic Dipasquale &Others – Jewelry Making , P20
(2) Sharr Choate, Creative Casting , P.71
(3) Dominic Dipasquale &Others – Jewelry Making . P78

شكل (٣٠ أ)

تجميع النماذج الشمعية في شكل الشجرة

شكل (٣٠ ب)

تثبيت النموذج في قمع الصب