الفصل الأول

مشكلة البحث

١- أن استخدام طريقة الشمع المفقود و الصب بالرمل كان ولا يزال ، قديماُ و تقنياته قديمة وغير مطورة لذا تم التركيز على طريقة الصب بالرمل الذي أعتاد الحرفيون ، غالباً على أستخدامه لسهولة عمله وتدني الكلفته ، ولكن تبقى هذه القوالب محدودة الإمكانيات و كفاءتها محدودة و تنهدم بسهولة ولا يمكن نقلها أو تحريكها من مكان لآخر .

ولكن باستخدام مادة البولستر رزن كرابط مع رمل المقالبة هو العنصر الجديد الذي سيحسن كثيراً من أداء هذه القوالب ويمنح الرمل المعزز بالرزن قوة عالية إذ يمكن نقله و تحريكه من دون أن ينهدم و كذلك تحسين سطح المسبوكة البرونزية وكفاءة القالب ، الذي هو موضوع بحثنا هذا .

٢- أن شحة المشتقات النفطية هو أحد أبرز الأسباب التي جعلتني أفكر بإستبدال طريقة الصب بالشمع المفقود بهذه الطريقة ، التي تعد من أقدم الطرق في صب البرونز و المعادن بشكل عـــام و أرخصـــها على الإطلاق .

٣- ان تحوير مادة الرمل و جعلها أكثر صـــلابة و مقاومـــة للنقـــل و الحركة هو ما يجعلها مبتكرة إذ يتم أستخدام الرزن كرباط لاصق للرمل و هي المرة الأولى التي يتم استخدامها في العراق مع العلم أن أول أستخدام لهذه المادة تم في المصاهر الأنكليزية فـــي فتـــرة الثمانينات من هذا القرن أملاً بأن يتم تطويرها و دراستها لإنجـــاز الأعمال النحتية بها بديلاً ناجحاً عن الشمع المفقود و لعلي أســـاهم هنا في تقديم ما هو جديدً يصب في رفع مستوى الإنجاز النحتي في العراق و تطويره و الله من وراء القصد .

أهمية البحث و الحاجة إليه :

أن موضوع أرتفاع الكلفة و الوقت المطلوب لإنجاز أي عمل نحتي هو سبب كافٍ للبحث عن حلول أو بدائل قد توفر في التكاليف و كذلك في الوقت المطلوب للإنجاز و هما سببان جوهريان إذا ما تحققت ذات النتيجة المطلوبة في إنجاز ذات العمل سواء بطريقة الشمع المفقود أو بطريقة السباكة الرملية المطورة و التي هي موضوع بحثنا هذا .

أهداف البحث :

يهدف البحث إلى تطوير آليات صب القوالب الرملية المعاجة بالرزن .

حدود البحث :

يتحدد البحث بدراسة القوالب الرملية المعالجة بالرزن بوصفها طريقة مبتكرة و جديدة والتي سيتم أستخدامها في العراق في الوقت الحاضر .

تحديد مصطلحات البحث :

(١) طريقة الشمع المفقود :

هي عملية السباكة بوساطة الشمع حيث يتم تجهيز نموذج شمعي للقطعة الفنية المراد صبها بالبرونز ثم تكسى بخليط متكون من الطابوق و الجبس و التراب الناري فيصبح قالباً يستطيع تحمل درجات الحرارة العالية ثم يزال الشمع بعد ذلك بالتسخين (أي يجهز ثم يفقد) تاركاً تجويفاً في للشكل المطلوب صبه بالضبط ، ثم يصب المعدن المنصهر داخل هذا التجويف ليأخذ شكل النموذج تماماً .(*) (تعريف أجرائي) .

(٢) القالب :

القالب : التركيبة المجوفة التي تتلقى المادة المنصهرة أو اللدنة في عمليات تشكيل المصبوبات أو الصوغ بالحقن . (٦ص١٥٩).

القالب : هو أداة مصنوعة من مواد مختلفة ، بإمكانهـــا أن تستنســـخ سطح و شكل النسخة الأصلية و تفاصيلها كافة و لكن بصورة معكوسة و القالب يُعد (الطبعة السالبة) المعكوسة للنموذج و لهذا يُعد النموذج الذي سيصب في القالب (الطبعة الموجبة) . (*) (تعريف إجرائي) .

(٣) الرزن :

راتنجات البولستر *Polyster Resins* هي راتنجات توجد فـــي أشكال كثيرة حسب المواد الخام الداخلة في تصنيعها ، و كذلك حسب طريقة الإنتاج المستخدمة ، و راتنجات البولستر تتصلب بـــالحرارة و تمتاز بخصائص فيزياوية جيدة كما أنها تكون سائلة قبـــل النضـــج و تتحول إلى مادة صلبة بعد إنضاجها بتفاعل ، تدخل فيه مادة حـــافزة ، تستخدم هذه المادة بصيغة رئيسة في إنتاج اللدائن المقواة . (٢ص٨٥)

(٤) تطوير :

هو عمل يحدث بفعل تدخل أو معالجة أساســـية أو هـــي محاولـــة لمعالجة موضوع معين و تطويره أي تحويله من حالة بسيطة إلى حالة أفضل أو أكثر دقة و إتقاناً من الحالة السابقة التي كـــان عليهـــا قبـــل التطوير . (٤ص١٢٥)

الفصل الثاني

(الإطار النظري)

المبحث الأول

المقدمة

أن فن النحت قديم كقدم الطبيعة وكان أول النسخ الفنية النحتية التي خلقتها الطبيعة هي في الأشكال المتحجرة للأصداف و الأسماك و الحيوانات و النباتات (أنظر الشكل ١) والتي كانت نتيجة لقوى طبيعية بحتة ، وهي تتلخص باندثار الشكل الأصلي مع الرمال و الطين ، التي ستصبح فيما بعد قالباً ، إذ أن النموذج الأصلي و بعد

ملايين السنين يصبح متحجراً ، و الطين يتحول إلى صخور و بأنشقاق هذه الصخور تظهر المتحجرات . جانب من هذه الصخور له الطبعة السالبة و الجانب الآخر له الطبعة الموجبة و أن الحصول على الشكل المطلوب لا يتطلب أكثر من صب مادة أخرى في القطعة السالبة .

و بمرور الزمن تمكن الإنسان من تطوير حاجاته الدينية و الدنيوية وبدأ بإستخدام الحجارة و الطين لإنشاء أعمال نحتية و لعمل تماثيل للآلهة فانكب على الحجارة ليصنع منها تماثيله ، وعندما تمكن الإنسان العراقي القديم من اكتشاف المعادن و إدراكه منذ البداية أهميتها و حاجته إلى مثل خدماتها الجليلة ، وفي مطلع الألف السادس ق . م تمكن الإنسان من اكتشاف المعادن وصنع منها عدداً و أدوات مختلفة حيث أثبتت التحريات و التنقيبات الأثرية (ان النحاس كان معروفاً بصورة بدائية منذ الألف السادس ق . م) (٨ ص١٨) .

بهذا الصدد يقول السيد سليم لاوي (وقد تقدم فن صنع المعدن عند أول ظهوره في حيز الاستعمال حتى بداية عهد السلالات تقدماً مهماً جداً ، لابد ان يترك ولو بصورة تقريبية ما لا يقل عن ألفي سنة) (٩ ص٩٢).

بعد ذلك تأتينا أروع الأمثلة في الاستخدام الأمثل للمعدن و القوالب ، فالرأس من البرونز الذي يعتقد أنه يمثل رأس سرجون الأكدي (أنظر الشكل ١ أ) قد صب بطريقة مجوفة ، وقد تم ذلك على شكل مرحلتين ، كما أكدت ذلك الدراسة التي أعدتها د.أيفاشترومينكر إذ قالت " من الواضح ان الرأس قد صب من النحاس باستعمال الطريقة الثابتة المجوفة ، وتم ذلك على مرحلتين " (١٠ ص٥١) .

كما أن عملية السباكة و الصب كانت تجري بشكل حرفي ، وقد عثر في تل الظباعي في منطقة بغداد الجديدة على عدة كاملة خاصة بصهر النحاس و صبه " وذلك في دكان نحاس وترجع إلى بداية الألف الثاني

ق . م ولقد وجدت قوالب طينية كانت معدة لصب المعادن " أنظر العدة الكاملة في قاعة السومري الحديث و البابلي القديم – المتحف العراقي (١١ ص ٢٧٥)

و يقول أندريه بارو " نستطيع بيسر أن نتصور الشكل الذي كانت عليه مشاغل التماثيل هذه فقد كانت دون ريب مشابهة جداً لحوانيت الحرفيين في الوقت الحاضر " (١٢ ص ١٦٤) .

إن فن النحت في الوقت الحاضر باستثناء الحفر على الخشب أو الحجر يبنى على نفس الطريقة التي قامت عليها سابقاً لأن الشكل الأصلي يبدأ بمادة مؤقتة زائلة مثل الشمع أو الطين ، ثم يصنع له قالب وقد يكون من مادة الجبس أو البلاستيك أو الرمل أو المطاط أو من المواد الأخرى المناسبة ، التي بإمكانها أن تستنسخ شكل النسخة الأصلية وسطحها و تفاصيلها ، بعد ذلك يزال القالب من النسخة الأصلية وتصب مادة النحت المختارة في القالب ويمكن أن تكون من الطين أو الشمع أو البلاستيك أو البولستر أو المعادن بإختلاف أنواعها و المواد الكونكريتية وغيرها من المواد التي يختارها النحات .

لقد شاع استخدام تقنية القوالب الرملية لإنجاز مصبوبات معدنية بشكل عام و البرونز منها بشكل خاص ، ولكن استخدامها في العراق و بعض الدول العربية كان مقتصراً على الأعمال الحرفية البحتة و لم يتجه إلى أستخدامها في الأعمال الفنية إلا نادراً جداً و قد تفوق السوريون بهذه التقنية بشكل جيد حيث توجد عندهم رمال ذات تدرج حبيبي ممتاز جداً و مناسب[*] للسباكة الرملية فأبدعوا في ذلك ولكن ، كما سبقت الإشارة ، أقتصر أستخدامها بشكل حرفي بسيط من دون تطوير و بقيت تدور في فلك السباكة الرخيصة المقتصرة على إنجاز

[*] التدرج الحبيبي "أنظر الجدول (١) و هو يمثل التدرج الحبيبي لبعض الأنواع من الرمال العراقية الصالحة للسباكة.

بعض الأعمال التراثية و ما تحتاجه الصناعة من قطع غيار لـــبعض الأدوات التي يتم تحويرها أو بعض الصناعات الحرفية البسيطة ، ولم يتطور عمل هذه التقنية إلى المكانة المناسبة لها و لم تعرف أسرارها و طرائق أستخدامها الجديد و الأفاق التي تحويها و الإمكانات الرائعة التي تقدمها لتجعلها في مقدمة الطرق و الأساليب التي تؤدي إلى إنجاز أعمال فنية برونزية خالدة .

إن إنجاز الأعمال البرونزية بطريقة قالب الرمـــل تُعـــد رخيصـــة ومقبولة لغرض إنتاج أعمال نحتية و لها خاصية عدم الحاجـــة إلـــى أدوات غالية الثمن إذ يُعد الرمل هنا هو المادة الرئيســـية فـــي عمـــل القوالب حيث تبنت عدة دول طريقة السبك بالقوالب الرمليـــة و لهـــذا صُبت أغلب أعمال الفنان هنري مور بالقوالب الرملية و الصور (٢ – أ – ب) توضح أحد مشاغل و مصاهر السباكة بالرمل وهي فـــي لندن(*)

إن القوالب الرملية تعطينا مزايا و فوائد معينة نسبية ، أكثـــر مـــن الشمع المفقود و ذلك باستعمال الرمال الناعمة و مواد ربط متطـــورة حيث يمكن الحصول على أعمال برونزية أكثر دقة . و كمثال علـــى ذلك يفضل النحات جاك زاجاك Jack Zajac القوالب الرملية أحيانـــاً للحصول على سطح معدني صاف و مطلي بصورة جيدة و هو يقول " في الرمل بالإمكان التخلص من مشكلة المسامية و بصورة كبيـــرة و ذلك لأن الغازات يسمح لها بالخروج من خلال حبات الرمل الصغيرة في أثناء الصب إذ أن حدوث تشوهات على سطح القالب ينـــتج عنـــد

---

* الصـــور مصـــدرها : Dennis Kowal and Donaz - Meilach , Scolpture Casting

حصر نفس الغازات و الأبخرة داخل جدران القالب في طريقة الشمع المفقود " (٧ص٩٢) .

ولهذا يمكن القول إن قطعة القالب الرملي متوسط الحجم قليل التفاصيل إذا أستخدمت الرمال الناعمة ذات التدرج الحبيبي المطلوب و المناسب و التقنية المتطورة يكون أفضل و أسرع إنجازاً من الشمع المفقود . و كما ذكرنا سابقاً إن تخفيض الكلف و الوقت إلى النصف أو أقل من ذلك قليلاً يأتي أولاً ، وثانياً أن عملية حرق الشمع قد تتطلب منا وقتاً لا يقل عن عشرة أيام بفرن يجب أن لا يتوقف الحرق فيه و يبقى محافظاً على درجة حرارة واحدة ، و ثالثاً فأن استخدام (١٥) خمس عشرة قنينة غاز لإنجاز متر مربع واحد من أي عمل برونزي و تزداد نسبة أستخدام الغاز عند وجود نحت مدور و تقل عندما يكون جدارياً ، و كذلك يزداد أستخدام الغاز شتاءاً و يقل استخدامه صيفاً . و النقطة الرابعة هنا هي أن دخول القطع المغلفة بالسكري[*] و الجبس في فرن حرق الشمع و خروجها منه ، بعد عشرة أيام ، قد يسبب الكثير من الشقوق في بدن القطعة المتكونة من السكري و الجبس و ذلك بتأثير الحرارة و الرطوبة التي كانت عليها القطعة في بداية الحرق ،وهذا ما كنا نعانيه ، مما يتسبب في احتمال فشل القطع حتى قبل دخول البرونز إليها أو قد تكون الشقوق في البداية صغيرة نسبياً ، وعند دخول البرونز إليها يحُملها (وزناً زائداً) وزن البرونز و كذلك حرارته المرتفعة ، التي تصل إلى الألف درجة مئوية فتنهار القطعة و تتهدم وقد تلحق الأذى بالعمال المحيطين بها . ثم تبرز لنا ، خامساً ، مشكلة الأنقاض التي يخلفها العمل بطريقة الشمع المفقود حيث يتم التخلص من السكري و الجبس و كذلك التخلص من الليف و الأسلاك

[*] السكري : هو مسحوق الطابوق و يمتاز بمقاومته للحرارة العالية .

المشبكة ، التي أنجزت لتدعيم القطعة قبل الصب مما يضيف أعباءاً إضافية و كلف قد لا يكون لها موجب عند العمل بالرمل المعزز بالرزن ، والتي يعاد استخدامها مرة ثانية.

و بشكل عام فإن انتظار جاهزية متر مربع واحد من البرونز قد يتطلب (١٥) خمسة عشر يوماً لمعرفة النتيجة النهائية للمصبوبة و ما تتطلبه هذه المدة من أعمال مضنية وكلف مادية و أفران حرق و غيرها ، و لكن باستخدام طريقة الرمل يمكن اختزاله إلى يومين لمعرفة نتيجة الصب بمادة الرمل المعزز بالرزن مع أحتفاظ هذه الطريقة بنسبة نجاح أكبر بكثير مما قد يتحقق بالشمع المفقود قد تصل إلى (٩٥%) . لقد شاع استخدام عسل التمر { الدبس } في السباكة الرملية و لكن استخدامه كان هامشياً من قبل أصحاب الحرفة وقد أقتصر على تهيئة " الأنكر " [*] و هذه هي التسمية التي تطلق على الجزء الداخلي من المصبوبة أي التجويف فعندما يروم الحرفي عمل أنبوب من النحاس يستخدم هذه الطريقة فيعمد إلى تهيئة الأنكر (أنظر الشكل ٣- أ) بخليط من الرمل و الدبس و هو الذي سيكون في داخل المسبوكة حيث يتم عمل الأنكر و تهيئته والذي يكون بقياس أقل من مقياس الأنبوب . حين يوضع داخل تجويف الأنبوب تاركاً فراغاً من حوله وهو يمثل سمك الأنبوب و الذي قد يبلغ (٦ – ٨ ملم) "أنظر الشكل (٣ – ب)" أما كيفية عمل الأنكر فيتمثل بعمل قالب له ثم يكبس الرمل و الدبس بداخله مع وضع سلك معدني حيث سيتم حملهُ بِه داخل الريزق[**] و يتم تجفيفه بوساطة الحرارة أي مشعل حراري أو بتعريضها لأشعة الشمس فيتماسك الرمل بفعل الدبس و لزوجته

---

[*] الأنكر : الحشوة الداخلية.

[**] الريزق : " أنظر الشكل ٤ " وهي أنواع مختلفة من الصناديق المعدنية تسمى الريازق و تستخدم لإحتواء الرمل و النموذج .

فيصبح بشكل جديد متماسكاً و قوياً و لا ينهدم بسهولة و يعد متماسكاً كفاية لنقله و تحريكه من دون أن ينهدم "أنظر الشكل (٣ – ج)" ثم يتم وضعه و تثبيته في مكانه وبما أنه أصغر قليلاً من حجم الأنبوب أو الفراغ الذي تركه الأنبوب "أنظر الشكل (٣– د)" فسيكون الفراغ الذي بين الريزق العلوي و السفلي و الأنكر هو الأنبوب الذي سيصب بداخله المعدن المنصهر ، و بعدما يسكب المعدن المنصهر يبقى الرمل المعالج بالدبس متهيكلاً و لا ينهدم بفعل حرارة البرونز ، ثم يتم بعد ذلك استخراج المسبوكة و يتم تهديم الرمل المعالج بالدبس و التي يصبح فيها الرمل المعالج فاقداً لهيكليته و صلابته بفعل الحرارة و ينهدم بسهولة بعد إنجازه لمهمته بنجاح ، كما يمكن استخدام مسحوق السكر للغرض نفسه ، و هذا ما درج على استخدامه الحرفيون السباكون في العراق و بعض الدول العربية .

و هذا هو محور موضوعنا الجديد ألا وهو استخدام البولستر رزن في إنجاز الأعمال النحتية انطلاقاً من هذه القاعدة البسيطة مع تطوير أستخدام مواد الرزن و عمل مختلف الأوجه للقالب الرملي و ليس للحشوة الداخلية فقط حيث بالإمكان عمل قوالب كبيرة قد تصل إلى المتر أو أكثر مع تقويتها بالمشبكات الحديدية لضمان قوتها وسلامة نقلها و تحريكها "أنظر الشكل(٥)" وهو ما سنرد على ذكره لاحقاً في إجراءات البحث .

(المبحث الثاني)

مكونات رمل المسبك

يوجد الرمل على شكل صخور من الكوارتز التي تحطمت بسبب عوامل طبيعية صحراوية و نهرية و يتكون الرمل من خليط ثلاثة عناصر :

(١) المكون الأساس : ثنائي أوكسيد السليكون Sio2 .

(٢) الطين .

(٣) الماء .

وهذه المكونات الثلاثة تعطي القوام و المطاوعة المطلوبة في رمل القالب و هي كما يأتي :

(١)ثاني أوكسيد السليكون .

و هي عبارة عن ذرات الرمل الحبيبية و تبلغ نسبتها من (٥٠ – ٩٠ %) وقد تختلف ذرات الرمل في الخصائص الأتية :

(أ) شكل الحبيبات :

و لتحديد شكل الحبيبات نستعمل لهذا الغرض مجهراً خاصاً يستخدم في التقنية الإحصائية لمعرفة شكل الحبيبات ، فهناك حبيبات رملية بشكل زاوي و شبه زاوي و مدور و مدور تام "أنظر الشكل (٦)" .

(ب) التوزيع الحجمي للحبيبات (١ص٢٣٥) :

وهو العامل الأساس للتحكم في نفاذية الرمل كما تؤثر في خشونة سطح المسبوكة و له تأثير كبير في المتانة و الخواص الأخرى .

و يعتمد التصنيف الحجمي على استعمال مفاصل قياسية تقوم بفصل الرمل إلى الحجوم المحددة و يوضح جدول رقم (٧– آ) نظام التحليل المنخلي البريطاني ، و يبين الجدول رقم (٧– ب) التحليل الكيمياوي و رقم النعومة للرمال العراقية الصالحة لأغراض السباكة المعدنية .

(٢) الطين :

تحتوي رمال السباكة تقريباً على (٢ – ٥٠ %) من الطين الـذي يُعد المصدر الرئيس لمتانة الرمل و مطاوعته بعد إضافة كمية مناسبة من الماء و بذلك يكون الطين هو الرابط ألأساس لرمل القالب حيـث يكون على شكل شرائح صغيرة ملتصقة مع حبيبات الرمل .

(٣) الماء :

تتراوح كمية الماء المضاف بين (١,٥ – ٥ %) تقريباً ، و بـذلك تُهيأ للمطاوعة و المتانة لرمل السباكة إذ يمتـزج المـاء بـالطين و يتماسك بقوة و أن التحكم بكمية الماء المضافة إلى الرمل مهمة جـداً لأن زيادة الماء في الرمل تجعله يسيل و لا يتشكل بسهولة .

أهم الخصائص التي يجب أن يحتوي عليها رمل القالب :

(١) العجينية :

وهي التي تحدد قدرة الرمل على اتخاذ شكل النموذج المطلوب بدقة و الاحتفاظ بهذا الشكل بعد فصل القالب عن النموذج .

(٢) المقاومة :

وهي من النقاط المهمة الواجب توفرها لنجاح القالـب بعـد طبـع النموذج الأصلي ، الذي قد يتكون من عدة قطع يجمع بعضـها مـع بعض لتكون بذلك جزءاً من القالب ، و قد يتطلـب الأمـر نقلـه أو تحريكه من مكان لآخر و ذلك عند تهيئته للصب ، و لهذا يُشترط في القالب أن يكون ذا درجة مقاومة جيدة لكـي لا ينهـدم فدرجـة مـن المقاومة مطلوبة هنا من أجل أن لا ينهدم القالب عند تجميعه أو عنـد نقله أو في أثناء صب المعدن المنصهر و تزداد المقاومة للقوى التـي تحاول تحطيم القالب بازدياد نسبة الطين و غيره من المواد الرابطـة مثل دقيق الذرة (٥ص١٥) و العسل الأسود "الدبس" أو تسليح أجـزاء القالب بالأسلاك المعدنية أو باستخدام الرزن كرابط (٧ص١٣٥) وهذا

هو محور بحثنا هذا ، و كذلك تتوقف مقاومة القالب علـــى مقيـــاس و شكل حبيبات الرمل "أنظر صفحة رقم (٦)" .

(٣) نفاذية الغازات*:

تحدد قدرة الرمل و الخلائط الممزوجة معه على تمرير الغـــازات و المسامية المطلوبة في القالب و التي تُعد ضرورية جداً لتسهيل خروج الغازات التي تتصاعد من المعدن المنصهر .

و تتوقف درجة نفاذية الغازات في الرمل و الخلائط التي معهُ علـــى عدة عوامل هي :

(أ) أبعاد الحبيبات و شكلها و المقصود هنا هو حجم حبات الرمـــل "أنظر صفحة ٦" و شكل هذه الحبات "أنظر شكل ٦" .

(ب) الرطوبة الزائدة تؤثر في عملية الصب و لذلك يجب أن تكون مناسبة و عادة ما يجفف القالب باستخدام شعلة غازية و ذلـــك لرفـــع كفاية القالب و نفاذية عالية و لتقليل تكون البخار عند الصب .

(ج) قوة دك الرمل داخل القالب تؤثر بشكل فعال في التقليـــل مـــن قدرة الرمل على النفاذية لذا ينصح بأن لا يكون الدك شديداً .

(د) توجد في مقطع القالب الواحد ثلاثة أنواع من الرمال وهي رمال الوجه و تكون عادة رمالاً دقيقة و ناعمة وهي تقدر بسمك بين (٢٠ – ٣٠ ملم) ثم هناك رمل السبك وتتميز بكونها رمالاً مستعملة و أعيد تجهيزها و تستعمل لملء القالب بعد رمال الوجه و هناك ثالثاً رمـــال القالب أو الدليك وهي عبارة عن رمال ذات ذرات كبيرة نوعاً مـــا و خالية من الطين و الماء و يضاف إليهما أحد المواد الرابطة كالأسمنت أو البنتونايت أو الدبس أو الرزن وهي تمتاز بخواص ميكانيكية جيدة ،

* نفاذية : مرور أو معدل مرور غاز أو سائل أو مادة صلبة خلال مادة لدائنيـــة دون أن يؤثر فيها فيزيائياً أو كيميائياً .(٢ ص ٣٢).

و مقاومة عالية للحرارة لتلائم الظروف التي يتعرض لها القالب من تأثير المعدن المنصهر في أثناء التمدد والتقلص .

(٤) مقاومة الحرارة :

تمثل مقاومة الحرارة لدى الرمل إحدى المزايا التي يجب الوقوف عليها و ملاحظتها إذ إن الرمل و عند درجة انصهار الحديد و التي قد تكون عالية جداً تصبح درجة الحرارة كافية لتصهر رمال المواجهة مع المعدن المنصهر و التصاقها بوجه الشكل المصبوب و تشويهه ، لذا أصبح من الواجب أن يكون رمل ا لمواجهة من نوع خاص ، يستطيع تحمل درجات حرارة المعدن المنصهر و ضمان عدم الألتصاق بوجه الشكل المصبوب لذا ينصح هنا باستخدام مادة الجرافيت* حيث يطلى وجه القالب بهذه المادة فيكون بذلك مادة مواجهة جديدة تتحمل أعلى درجات حرارة من دون أن تحترق .

(٥) الانضغاط :

و هو قدرة الرمل على الانضغاط قليلاً و ذلك تحت تأثير ضغط المعدن الذي ينكمش نتيجة للتبريد . و إن عدم انضغاط الرمل عندما ينكمش المعدن يُسبب حدوث تشققات . و يُعد الرمل النهري ذو الحبيبات الكبيرة ذا قدرة عالية على الانضغاط .

(٦) طول مدة الاستعمال :

وهي تتحد في قدرة الرمل على الاحتفاظ بخواصه عند استعماله مرات عديدة و لعدة قوالب .

* الجرافيت : هو إحدى الصورتين اللتين يوجد عليها الكربون خالصاً في الطبيعة (الصورة الأخرى للماس) له أستعمالات عديدة كمادة حرارية أو في الإلكترونات و المعدات الكهربائية و إنتاج اقلام الرصاص . (٢ ص ٦٩) .

المواد المضافة إلى رمل القالب للمساعدة على تشكيله

إن رمل القالب يحتاج إلى عدة إضافات لتحسين خواصه و جعله أكثر مطاوعة و صلابة و تحملاً للحرارة حيث يخلط الرابط المنتخب، و من ثم يحشى حول النموذج . و بالإمكان استعمال عدة أنواع من هذه الرباطات ، إذ يتميز كل واحد عن الآخر بخواص مختلفة و سنورد هنا بعض الأنواع شائعة الاستعمال :

(١) الطين :

و تتراوح نسبته من (٣ – ١٨ %) يخلط مع الرمل و الماء .

(٢) سيليكات الصوديوم(*):

و هي نوع من الرزن غير العضوي و هو محلول يخلط مع الرمل بنسبة (٤ %) أو أقل.

(٣) دقيق الذرة :

و هو عبارة عن دقيق الذرة المطحون (النشا) و يستعمل في رمال القالب كمادة رابطة و تتراوح النسبة بين (٠,٢٥ – ٢%) .

(٤) مسحوق الزفت(**):

يستخدم مسحوق الزفت في رمال السباكة لزيادة المتانة عند درجات الحرارة المرتفعة و تصل نسبته في الرمل إلى (٠,٢ %) .

(٥) الفحم الحجري :

---

* سيليكات الصوديوم(Na2Sio2) و السيليكات اسم شامل لطائفة كبيرة من المركبات التي تحتوي على السيلكون والأوكسجين وربما الهيدروجين وأحد الفلزات أو بعضها ومن أمثلتها سيليكات الصوديوم. (٦ ص١١٠).

** مسحوق الزفت : مادة بتومينية شبه صلبة ، لونها أسود أو بني و لكن توجد في الطبيعة ، ويحصل عليها كذلك كمنتج جانبي في عمليات التقطير الإتلافي .(٦ص ٩٩) .

يستخدم الفحم الحجري بشكل ناعم و مطحون جيداً في رمال القالب لتحسين ملامسة سطوحه و سهولة تنظيف المصبوبات وتتراوح النسبة المضافة من (٢ – ٨ %) .

(٦) زيت الوقود المحروق :

يستعمل بنسب ضئيلة جداً ليحل محل الماء و بذلك يعمل على تقليل النسبة المئوية للرطوبة الموجودة في الرمل .

(٧) مسحوق السليكا :

إن الغاية من أستخدام مسحوق السليكا هو زيادة قابلية الرمل على تحمل درجات الحرارة و تكون النسبة بحدود (٣٥ %) .

(٨) دقيق الخشب " نشارة الخشب " :

يضاف الدقيق إلى الرمل بنسبة تتراوح من (٠,٥– ٢ %) و يقوم بضغط تمدد الرمل حيث يترك فراغاً بعد احتراقه عند درجات الحرارة المرتفعة .

(٩) أوكسيد الحديد الناعم الأحمر*:

تتراوح نسبة المضاف من (٠,٢٥ – ١ %) إلى الرمل و ذلك لزيادة متانته و لتحمل درجات حرارة عالية .

(١٠) الدبس :

و هو يضاف إلى الرمل لزيادة متانته عند التجفيف و كما ورد سابقاً .

(١١) الإسمنت :

و هو الأسمنت البورتلاندي الذي يمكن استعماله مع الرمل في عمل القوالب .

---

* مسحوق أحمر داكن يذوب في الحوامض ولا يذوب في الماء درجة أنصهاره تصل إلى(١٥٦٥ مْ).(٣ ص ٣٧٠) (Iron Oxide Red (Fe2O3

(١٢) البنتونايت*:

و هو يخلط مع الرمل بنسبة (١٥ – ٢٠ %) حيث يزيد الطين الناري من قوة تحمل الرمل لدرجات الحرارة العالية و كذلك يوسع البنتونايت القوة التماسكية و النفاذية .

(١٣) الرزن :

و هي مواد تخلط مع الرمل تقريباً بنسبة (٢%) وتترك لكي تجف و تتصلب و بعدها يزال النموذج . وتجب إضافة تقوية وتسليح قبل الصب كالأسلاك الحديدية و ذلك للأعمال الكبيرة . و يُعد الرزن أسهل استعمالاً من خليط الرباط الطيني و تمكن إضافته أو تشكيله لعمل الأجزاء الدقيقة و ذلك لأنه يكون أكثر ليونة . كما يمكن تجفيف هذه القوالب بتركها في الهواء أو إضافة مادة كيمياوية معجلة أو بوساطة الحرارة . والبولستر رزن هو بولمير تكون وحداته التركيبية متصلة بوساطة مجموعات أسترية يتم الحصول عليها بتكثيف واحد أو أكثر من الأحماض البولي كربوكسيلك (وكذلك نسبة ضئيلة من حامض مونوكربوكسيلك إذا لزم الأمر) مع واحد أو أكثر من الكحولات متعددة الهيدروكسيل و نسبة ضئيلة من كحول أحادي الهيدروكسيل إذا لزم وهو يعد بلاستك صلد بالحرارة وهو شديد المقاومة للتغيرات الجوية و الكيميائية والرطوبة و الصدأ وهو قوي جداً وخفيف الوزن وشفاف كالزجاج . (٢ص٤٢)

ملاحظة : إن ما ورد آنفاً ، من مواد يمكن خلطها مع رمل المقالبة يمكن استخدامها منفردة وقد تدخل هذه المواد بعضها مع البعض الآخر

* البنتونايت :(Al2O3 4Sio2.H2o)أحد أصناف سيليكات الألمنيوم الطبيعية ، وهو مسحوق ناعم جداً يكون مع الماء محلولاً عالقاً غير سام. (٣ ص ٣١٧)

على سبيل المثال يمكن استبدال الطين بدقيق الذرة أو البنتونايت كما أن نشارة الخشب يحق لها الدخول مع كل المواد التي سبق أن ذكرناها لأنها تزيد من قابلية نفاذية غازات الصهر كذلك تمكن إضافة الأسمنت و أوكسيد الحديد الناعم الأحمر مع جميع الخلطات الوارد ذكرها في البحث لأنها تحسن أداء القالب و تزيد من كفايته .

الدراسات السابقة

إن الدراسات السابقة في هذا المجال قليلة أو تكاد تكون معدومة إذا قيست بأهمية الموضوع مجال البحث ، وتأثيره في مستوى فن النحت عموماً . إضافة إلى تخلف هذا القسم من فن النحت عن التطورات العالمية التي يشهدها هذا النوع من الفنون وعدم معالجة أغلب المشاكل التي تواجه النحات في انجاز موضوعه النحتي ، ويمكن تسجيل بعض الدراسات المميزة في هذا الاتجاه مع محدودية الموضوعات التي تناولتها هذه الدراسات وهي كما يأتي :

١- دراسة باللغة الإنكليزية عن قوالب الصب بعنوان Sculpture Casting وهي من تأليف Dennis Kowal and Donaz Meilach في عام ١٩٧٢ ويعد هذا الكتاب من أبرز الكتب الذي له أهمية كبيرة في اطلاع النحاتين على التطور التقني الذي حصل لفن النحت و القوالب المستخدمة لهذا الغرض ، مثل قوالب المطاط السليكوني و قوالب اللاتكس وقوالب الشمع المفقود ، وقوالب الهيكل السيراميكي و القوالب الرملية و القوالب الجبسية و قوالب الخشب و الجلاتين وطريقة صبها بمختلف المواد الصناعية الجديدة .

٢- رسالة ماجستير عن " تقنيات البرونز في النحت العراقي المعاصر "

التي أعدها الباحث عباس جبر دهش عام ١٩٨٦ و بإشراف التدريسي محمد غني حكمت و أقتصر البحث على دراسة تقنيات البرونز ومصاهر البرونز في العراق .

يتبين لنا مما ذكر ندرة وقلة الدراسات المتخصصة بالقوالب ، إذ لا تزال المكتبة العربية تفتقر لمثل هذه الدراسات و المؤلفات و البحوث .

الفصل الثالث

إجراءات البحث :

(١) طريقة البحث :

استخدمت هذه الدراسة المنهج الوصفي التجريبي معتمدة على التجربة و الوصف الميداني تحقيقاً لأهداف البحث .

(٢) تحديد مجتمع البحث :

تناولت هذه الدراسة استخدام الرمل المعالج بالرزن كطريقة جديدة لعمل و أنتاج مصبوبات نحتية بمادة البرونز .

(٣) مصادر بيانات الدراسة :

استخدم الباحث مجموعة من الخطوات في جمع المعلومات التي تخص مجتمع البحث سعياً إلى تحقيق أهداف البحث و تتلخص هذه الخطوات بما يأتي :

١- إجراء مسح عام لبعض القوالب المستعلمة في فن النحت من خلال :

أ- الكتب و الدراسات التي استطاع الباحث الحصول عليها .

ب-من خلال تجربة الباحث و البحوث السابقة التي قام بها .

٢- الوقوف على تصنيع المواد الأولية المستخدمة في القوالب للتعرف على طريقة صناعتها وخواصها الكيميائية و الفيزيائية ، لغرض تطويرها و استخدام أفضل الطرق في استخدامها .

(٤) خطوات إجراء التجربة :

قام الباحث بإجراء تجربة على قوالب الرمل المعزز بالرزن ثم تدوين بيانات الدراسة كافة و خطوات التجربة و تعزيز ذلك بالشرح و الرسوم و الصور التوضيحية لمجتمع البحث ، ثم التوصل إلى نتائج تتفق و أهداف البحث و كذلك خلص الباحث إلى العديد من الأستنتاجات و التوصيات ، التي سيرد ذكرها في نهاية هذا البحث " إن شاء الله " .

المواد المطلوبة في العمل :

(١) رمل للمقالبة ، و هو مكون من ثلاثة أنواع :

(أ) رمل ناعم جداً بتدرج حبيبي جيد .

(ب) رمل أقل نعومة و هو يمثل الطبقة الثانية من القالب .

(ج) رمل أكثر خشونة و هو يمثل الطبقة الثالثة و الأخيرة من القالب.

(٢) كمية كافية من البولستر رزن .

(٣) مصلب .

(٤) نموذج نحتي من الجبس .

(٥) إطار خشبي لتحديد القالب .

(٦) أوكسيد الحديد الأحمر الناعم .

(٧) مسحوق السليكا .

(٨) أدوات نحت معدنية .

(٩) بودرة التالك .

(١٠) مسحوق الكرافيت .

(١١) أواني بلاستيكية للخلط .

(١٢) خلاط يدوي .

(١٣) فرشاة عدد { ٢ } واحدة صغيرة و الأخرى كبيرة .

(١٤) بودقة لصهر البرونز .

(١٥) برونز .
(١٦) كفوف بلاستيكية .
(١٧) كمامات .
(١٨) نظارات واقية .
(١٩) كفوف واقية من الحرارة .

خطوات أجراء التجربة :

(١) تتم تهيئة الرمل المطلوب للمقالبة و يكون عادة من ثلاثة أنواع هي :

(أ) رمل ناعم جداً بتدرج حبيبي جيد " أنظر الصفحة (٦) " و هو يمثل الطبقة الأولى التي ستكون بمواجهة سطح القالب الأول . (و يفضل أن تكون رمالاً جديدة غير مستعملة سابقاً) .

(ب) رمل أقل نعومة و هو يمثل الطبقة الثانية و يتم و ضعها على الطبقة الأولى . و هي تمتاز بقابلية عالية على النفاذية و ذلك بسبب خشونتها حيث تكون المسامية فيها عالية فتنفذ الغازات من خلالها . و عادة تكون من الرمال المستعملة في السابق .

(ج) رمال أكثر خشونة و لا يهم إحتواؤها على الشوائب كالحصى الناعم و ذلك لتقوية القالب و زيادة تماسكه عند إضافة البولستر إليه .

(٢) يتم تحضير كمية من البولستر رزن حيث تكون بالشكل التالي كل { ٢٥ سي سي } من البولستر رزن تحتاج إلى { ٢ سي سي } من المصلب و ذلك لزيادة سرعة انجماد البولستر رزن ، مع ملاحظة مضاعفة الكمية عند الحاجة إليهما عند خلط الرمل بالبولستر رزن .

(٣) يوضع النموذج الجبسي على طاولة خشبية ثم يحاط بالإطار الخشبي"أنظر الشكل (٨)".

(٤) ترش بودرة التالك على النموذج النحتي ، أنظر الشكل (٩ ، ٩ أ) ثم بعد ذلك يرش الكرافيت بصورة متساوية على أسطح النموذج

النحتي " أنظر الشكل (١٠ ،١٠ أ) . إن عمل بودرة التالك يكون هنا بمثابة العزل بين الرمال و النموذج و لضمان عدم التصاق النموذج بالرمل المعالج بالرزن .

أما الكرافيت المطحون ، الذي يتم وضعه على سطح النموذج فهو لكونه سيكون الوجه الأول الملامس لسطح النموذج . و بذلك يكون طبقة متساوية على سطح النموذج و الذي سيستقبل المعدن المنصهر مما يمنحه نعومة و مقاومة لدرجات الحرارة العالية و كذلك كعازل للنموذج ورمل المقالبة* .

(٥) تتم تهيئة الرمل للوجه الأول للمصبوبة و يتم خلطه بالبولستر المعزز بالمصلب لضمان سرعة التصلب يتم وضع { ٣ – ٥ سي سي } من المصلب لكل { ١٠٠ غم } من البولستر رزن " أنظر الشكل (١١ ، ١١ أ) " ، ثم يضاف تدريجاً إلى الرمل و يخلط إلى أن يصبح قوامه متساوياً " أنظر الشكل (١٢) " ثم نبدأ بوضعه على سطح النموذج بالتساوي و تجب ملاحظة التوزيع المتساوي لسطح النموذج ثم يدك بواسطة خشبة ليأخذ شكل النموذج المطلوب صبه تماماً (أنظر الشكل ١٣ ، ١٣ أ) .

(٦) تتم تهيئة الرمل الأقل نعومة ، و هو رمل المنطقة الثانية أي " الوسط " و باتباع نفس الطريقة السابقة توضع كمية من البولستر المعزز بالمصلب ثم يخلط الرمل تماماً حتى يتجانس ثم يضاف إلى الطبقة الأولى من الرمل " أنظر الشكل (١٤ ، ١٤ أ) " و تبدأ بدك الرمل . و يُلاحظ هنا أنه يجب أن لا يدك الرمل على القالب بشكل

---

* عند أرتفاع درجات حرارة المعدن المنصهر تلتصق حبات الرمل في داخل المعدن المنصهر مما يسبب خشونة في سطح المسبوكة لذا يتم أستخدام الكرافيت للوجه و ذلك لضمان عدم حصول مثل هذه الحالة و ضمان نعومة المسبوكة .

قاس لأن ذلك يسبب تقليل الفراغات الموجودة بين الحبيبات مما يسبب قلة أنفاذية الغازات المصاحبة للصب .

(٧) تتم تهيئة الرمل الأكثر خشونة و هي الطريقة الأخيرة من القالب حيث يتم تركيز مادة البولستر أكثر من الطبقتين الأولى و الثانية و ذلك لضمان قوة و متانة القالب و مقاومته للتهدم " أنظر الشكل (١٥ ،١٥ أ) " و لهذا يكون الجزء الأول من القالب قد أنجز حيث يترك ليتصلب خلال نصف ساعة من الزمن ثم بعد ذلك نباشر بعمل الجزء الثاني من القالب .

كيفية عمل الجزء الثاني من القالب :

(١) يرفع الجزء الأول من القالب ثم يقلب على طاولة خشبية . و هناك طريقتان لعمل الجزء الثاني أولهما بأستعمال ذات النموذج الجبسي المدفون في وجه القالب الأول أو رفعه من مكانه أو إضافة كمية من الطين ليحل محله . و يكون سمك الطين بمقدار السمك المطلوب عمله بمادة البرونز " أنظر الشكل (١٦ ، ١٦ أ) " .

(٢) يرش ظهر القالب مع النموذج أو الطين المستعمل محله بمادة البودرة و ذلك لضمان عدم التصاقه بالجزء الأول من القالب أنظر الشكل (١٧) .

(٣) يجهز رمل القالب بإضافة البولستر و إليه و يخلط بنفس النسب التي استعملناها في المرحلة الأولى و يمكننا استعمال رمال رخيصة و من الرمال المستعملة سابقاً و يفضل أن تكون رمالاً خشنة و ذلك لضمان نفاذية أكثر من سطح القالب الأمامي و هو يهدف إلى حماية المسبوكة و ضمان تسريب الغازات المتطايرة من المعدن المنصهر .

(٤) يتم دك الرمل داخل القالب الخشبي و بذلك يصبح جزآ القالب جاهزين للسباكة .

(٥) يتم تحديد مناطق معينة في ظهر القالب لتكون مصب رئيساً للمعدن المنصهر ثم تحديد مكان مناسب لعمل قنوات التنفيس و طرد الغازات حيث سيتم تثبيت قمع الصب و قمع التنفيس و كما هو موضح في الشكل (١٨ – ١٩) .

(٦) بعد ذلك نباشر بفتح القالب ثم يزال النموذج من داخل تجويف القالب الرملي . أنظر الشكل (٢٠) ثم تذاب كمية من الكرافيت المطحون في الكحول ثم نطلي سطح القالب من الداخل بهذه المادة و ذلك لضمان عدم التصاق حبات الرمل بالمعدن المنصهر و ضمان نعومة سطح المسبوكة . أنظر الشكل (٢١).

(٧) نباشر بعمل اللاصق الذي سيكون بين جهتي القالب " الأول و الثاني " وهو معمول من (أوكسيد الحديد الأحمر و مسحوق السليكا) مع كمية من البولستر المعزز بالمصلب لضمان سرعة تصلبه ، ثم تطلى حافات القالب بهذه المادة و تلصق جزآ القالب بشكل محكم " أنظر الشكل (٢٢) " ، و كذلك يتم تثبيت قناة الصب الرئيس و قمع التنفيس بنفس المادة " أنظر الشكل (٢٣,٢٤,٢٥) " .

حينها يصبح القالب جاهزاً للصب بالبرونز ، حيث يتم دفن هذه القطعة بالرمال لضمان سلامة العاملين في الصب . أنظر الشكل (٢٦)، ثم يسكب المعدن المنصهر في قمع قناة الصب الرئيسة ، و عند ظهور المعدن في قنوات التنفيس ينتهي سكب المعدن " أنظر الشكل (٢٧،٢٨،٢٩) " .

يترك القالب مدة نصف ساعة و يزال الرمل و تستخرج المصبوبة من داخل الرمل " أنظر الشكل (٣٠) " و تتم إعادة الرمل إلى مكان خاص لإعادة استعماله مرة ثانية و لا سيما في الأجزاء الخلفية من القالب . و هكذا يصبح بالإمكان استخدام هذه الطريقة بشكل أكثر و على مصبوبات أكبر أيضاً و أكثر دقة .

الفصل الرابع

نتائج البحث

يستنتج الباحث في بحثه هذا ما يأتي :

(١) أن هذه الطريقة تعد رائدة و رخيصة في إنتاج المصبوبات البرونزية من دون الحاجة إلى استخدام الشمع ، مما يمنحها ميزة مهمة ألا و هي سرعة الإنجاز .

(٢) يتم الاستغناء عن الزمن الذي يستغرقه وقت حرق الشمع و هو ما يقارب سبعة أيام للمتر المربع الواحد ، و ما يصاحبه من استهلاك لمواد الحرق و غيرها .

(٣) أن خروج قطعة السكري في طريقة الشمع المفقود من فرن حرق الشمع غالباً ما يكون مصحوباً بآثار تشققات في بدن القالب المعمول من السكري ، مما قد يهدد بفشل الصب و بالنتيجة يسبب هذا ضياع الوقت و الجهد وخسارة المواد المستعملة بالعمل . و هذا ما لا ينطبق على طريقة الصب بالرمل حيث يتم الصب بعد مرور نصف ساعة من إنجاز القالب ، مما يمنحه سرعة في الإنجاز و تظهر نتيجة الصب بيوم واحد (أي تظهر نتيجة الصب بنفس الوقت و ليس عشرة أيام) .

(٤) أن الميزة المعروفة عن الرمل هو سوء سطح المسبوكة و خشونتها و لكن باستخدام هذه الطريقة المبتكرة يكون سطح المسبوكة ناعماً ، و تكاد تكون أكثر دقة من الشمع المفقود و هذا أهم ما تم التوصل إليه في هذا البحث " أنظر الشكل (٣١) فضلاً عن ميزة الوقت و الكلف .

التوصيات

يوصي الباحث بالاستمرار بهذا البحث و تطبيقه على مسبوكات أكبر حجماً حيث يمكن الاستغناء عن طريقة الشمع المفقود

و خصوصاً في الأعمال التي لا تحوي على الكثير من التفاصيل ، مثل الأعمال الجدارية و كذلك الأعمال المجسمة قليلة التفاصيل ، فهي تخفض التكاليف إلى أقل من النصف و بهذا يمكن أستخدامها و الأعتماد عليها في إنجاز أعمال برونزية ضخمة و بكلف قليلة و بوقت يكاد ينخفض إلى أقل من الوقت المطلوب بكثير في الأحوال الاعتيادية.

المصادر

١- أبو صفية ، عارف : طرق التصنيع سباكة ولحام ، بغداد ١٩٨٢ .

٢- بارو أندري : بلاد آشور ، ترجمة د. عيسى سلمان و سليم طه ، وزارة الثقافة و الفنون ، بغداد ١٩٨٧ .

٣- بصمجي ، فرج : كنوز المتحف العراقي ، مديرية الآثار العامة ، بغداد ١٩٧٢.

٤- الجادر ، د . وليد : الحرف و الصناعات اليدوية في العصر الآشوري المتأخر . ، ساعدت جامعة بغداد على نشره ، بغداد ١٩٧٢ .

٥- الدسوقي ، يس حمزة : تكنولوجيا البلاستك ، القاهرة ١٩٨٠ .

٦- شترومينكر . د . أيفا : الدمى المعدنية القديمة من آشور و تقنية صب المعادن . مجلة سومر الجزء الأول و الثاني ، المجلد الثاني و الأربعون ، بغداد ١٩٨٦ .

٧- الشركة العامة لأستيراد و توزيع المواد الكيمياوية : دليل المواد ، بغداد ١٩٧٧ .

٨- شهاب ، أبتسام مهدي : السباكة ، ملزمة دراسية إصدار دائرة شؤون التدريب ، الجامعة التكنولوجية ١٩٨٠ .

٩- العجماوي ، د.مهندس يحيى مصطفى و أسماعيل حسن حمود : معجم مصطلحات التكنولوجيا الكيمياوية ، لايبزغ ، جمهورية ألمانيا الديمقراطية ١٩٨٤ .

١٠- لاوي . سليم : المعادن وأول من أستعملها ، مجلة سومر ، الجزء الأول ، المجلد الثاني و الأربعون ، مطبعة النقيض الأهلية ١٩٤٦ .

١١- المجلس الأعلى لرعاية الفنون و الآداب و العلوم الأجتماعية : حلقة بحث حول الخط العربي ، القاهرة ، دار المعارف ١٩٦٨ .

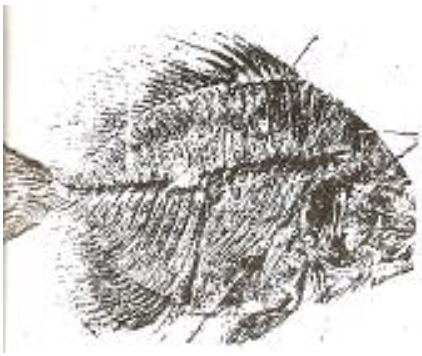
12- Dennis Kowal and Donaz - Meilach , Sculpture Casting, Printed in the United States Of America 1972

تفاصيل الأشكال و الصور

جدول يبين الرمال العراقية المالحة لاغراض المسابك الحديدية وبواقعها ...

اسم الرمل	SiO_2 %	CaO %	MgO %	Al_2O_3 %	Fe_2O_3 %	TiO %	Cl %	Na_2O %	K_2O %	الطين %	رقم النعومة	الشكل الحبيبات
جبل حمام	88,87	1,32	1,38	4,63	0,85	1,13	0,0	1,07	1,83	2,28	42,5	زاوي وشبه زاوي
كسلاء	90,67	1,08	0,07	2,10	0,44	0,29	0,0	0,07	0,01	0,96	47,0	شبه دوري - دوري
الرمسة	98,37	0,56	0,06	0,06	0,16	قليل جدا	0,0	0,12	0,15	2,08	53	شبه زاوي - زاوي

جدول (١)

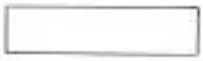


شكل 1

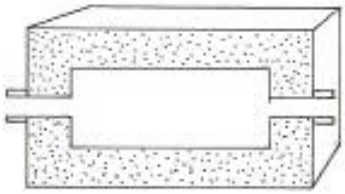
شكل 1أ

شكل ٢ شكل ٢

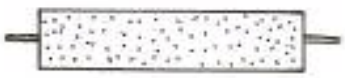
شكل ٢أ



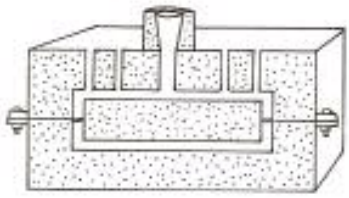
شكل ٣



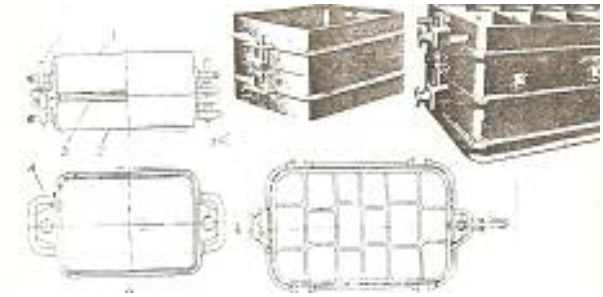
شكل ٣أ



شكل ٣ب



شكل ٣ج

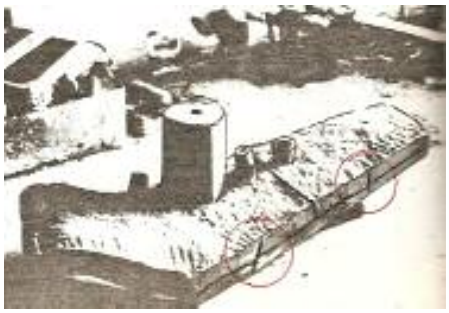


شكل ٤

شكل ٥

شكل ٥أ

شكل ٥ب



شكل ٥ج

شكل ٥د

شكل ٥هـ

شكل ٧

شكل٦

شكل ٨

شكل٩

شكل ٩أ

شكل١٠

شكل ١٠أ

شكل ١١

شكل ١١أ

شكل ١٢

شكل١٣

شكل ١٣أ

شكل ١٤

شكل١٤أ

شكل ١٥

شكل ١٥أ

شكل ١٦

شكل ١٦أ

شكل١٧

شكل١٨

شكل ١٩

شكل ٢٠

شكل٢١

شكل ٢٢

شكل ٢٣

شكل٢٤

شكل ٢٥

شكل ٢٦

شكل٢٧

شكل٢٨

شكل ٢٩

شكل ٣٠

شكل ٣١