تقنية تصنيع السبائك المعدنية انموذجا لتطور علم الكيمياء في حضارة بلاد الرافدين في ضوء النصوص المسمارية والادلة الاثارية

أ.م.د. احمد لفته رهمه القصير
جامعة القادسية / كلية الفنون

ملخص البحث :
كشف علم الاثار في حضارة بلاد الرافدين عن الجذور الاولى التي تمتد اليها معارف وعلوم العراقيين القدماء في مجالات متعددة ومتنوعة ومنها " علم الكيمياء " . اذ شهد هذا العلم عبر عصور تاريخية مختلفة تطوراً ملحوظاً تجسد في التطبيقات الكيميائية في تقنيات العديد من الصناعات العراقية القديمة وتحديداً ((تقنية تصنيع السبائك المعدنية)) ، وابتكار العناصر الحضارية ذات العلاقة بصب وسبك المعادن (موضع البحث) .
لقد كانت حضارة وادي الرافدين سباقة في التوصل الى تصنيع سبائك معدنية عالية الجودة مثل سبيكة البرونز والبراص والالكتروم والصلب وغيرها . اذ ان عملية مزج معدن النحاس مع المعادن الاخرى هي عملية تقنية كيميائية تعد بحد ذاتها طفرة نوعية في تقنية تصنيع المعادن بشكل عام ، وتصنيع معدن النحاس بشكل خاص ، لانتاج سبائك معدنية مختلفة . ومن هنا ، وفرت تقنية تصنيع السبائك المعدنية بانواعها المختلفة في الوقت والجهد وزيادة في كمية الانتاج للأدوات والمعدات المعدنية الضرورية في الحياة اليومية مع زيادة الاحكام في صنعها .
كلمات مفتاحية : كيمياء ، سبائك ، آثار ، مسمارية

The Technique Of Manufacturing Metal Alloys As A Model For The Development Of Chemistry In The Civilization Of Mesopotamia In The Light Of Cuneiform Texts And Archaeological Evidence

Asst. Prof. Dr. Ahmed Laftah Rahma Al-Qaseer
Al-Qadisiyah University / College of Fine Arts

Research Summary:
Archeology in the civilization of Mesopotamia revealed the first roots to which the knowledge and sciences of the ancient Iraqis extend in many and varied fields, including the science of chemistry. As this science witnessed, through different historical eras, a remarkable development embodied in the chemical applications in the techniques of many ancient Iraqi industries, specifically ((metal alloy manufacturing technology)), and the innovation of civilizational elements related to casting and casting of metals (subject of research.(
The Mesopotamian civilization was a forerunner in producing high-quality metal alloys such as bronze, brass, electrum, steel, and others. As the process of mixing copper metal with other metals is a chemical technical process that in itself is a qualitative breakthrough in the metal fabrication technology in general, and the manufacture of copper metal in particular, to produce different metal alloys. Hence, the technology of manufacturing metal alloys of various kinds saved time, effort, and an increase in the amount of production of metal tools

and equipment necessary in daily life, with an increase in the provisions in their manufacture.

Keywords: chemistry, alloys, effects, cuneiform

مقدمة :

إن معرفتنا عن تاريخ علم الكيمياء والتطبيقات الكيمائية في حضارة وادي الرافدين يمكن أن تستقى من مصدرين أساسيين أولهما النصوص المسمارية ، وثانيهما الشواهد المادية[1]. وتشمل النصوص المسمارية على الوثائق السومرية والأكدية التي ساهمت مساهمة كبيرة بمضامينها المختلفة في إلقاء الضوء على المعارف الكيميائية والأدوات والآلات ، والمواد النباتية والمعدنية المستخدمة في أعمال المعالجة والتصنيع[2]. وقد كان للنصوص الاقتصادية أهمية خاصة في هذا الجانب ، فالسجلات الخاصة بالمخازن ، ووصولات التسليم والاستلام ، وقوائم المعامل والمصانع ، وسجلات المشرفين ، وعقود البيع والشراء ، وقوائم أسماء المواد النباتية... وغيرها من المضامين الاقتصادية التي كانت قد سلطت مزيداً من الضوء على المعرفة الكيميائية في العراق القديم[3].

أما المصدر الثاني من مصادر دراسة تاريخ علم الكيمياء في حضارة وادي الرافدين ، فهي الشواهد المادية وتتمثل بمنتجات "الإنسان الصناعية" وما عثر عليه موثقاً ومصوراً في مشاهد فنية على المنحوتات وعلى الأختام الأسطوانية[4] . ولعل من أهم تلك المشاهد ، هو أفريز من واجهة معبد الإلهة (ننخرساك) من موقع (تل العبيد) خلال الألف الثالث قبل الميلاد ، وهو يمثل مشهداً لإنتاج الحليب وتصنعيه. وهناك مشاهد أخرى تمثل صناعة الجعة ، ومراحل صناعة الفخار وغيرها ممثله على طبعات الأختام الأسطوانية[5].

ولدينا جانب آخر من الشواهد المادية تتمثل في ما تم العثور عليه في تنقيبات المواقع الأثارية من لقى ومواد مصنعة أو مستخدمة للتصنيع مما يؤكد أن العراقيين القدماء كانوا أصحاب خبرة فنية وتقنية متقدمة في علم الكيمياء والتطبيقات الكيميائية ، وعلى الرغم من ندرة هذه الشواهد المادية واللقى الأثرية إلا أنها وثقت لنا جانب كبير من أهم الأدوات والآلات أي "الوسائل التقنية الكيميائية" المستخدمة في أعمال التحضير والتصنيع الكيميائي، والتي شملت: (الدوارق، الأواني، الجرار، أواني الخزن الكبيرة، الأنابيب، المطاحن، المدقات، أواني وأدوات الجرش والسحق والتنعيم، المصافي، المرشحات، أدوات وأجهزة التقطير، أوعية القياس والوزن)، إلى جانب ذلك فقد زودتنا التنقيبات الأثارية ببقايا بعض الأفران والمواقد والتنانير المستخدمة لأغراض كيميائية من الصهر والحرق والشي وغيرها[6] .

لقد كانت الممارسات والتطبيقات التقنية الكيميائية تمارس فعلاً وتستخدم في تقنية العديد من الصناعات العراقية القديمة بدءاً من :

1. الصناعات الفخارية وأنواع الأصباغ والألوان المستخدمة وأجواء التسخين والحرق.... الخ .
2. الصناعات المعدنية وما أرتبط بها من عمليات كيميائية في الإذابة والصهر ومن ثم السبك والصب وما رافقها .
3. الصناعات الجلدية ودباغة الجلود والمواد الكيميائية المستخدمة في ذلك ، فضلاً على طلائها وتلوينها .
4. صناعة الزجاج والتزجيج والمواد والأملاح المعدنية والكيميائية المستخدمة في ذلك.
5. الصناعات الغذائية من صناعة الألبان ومشتقات الحليب وصناعة الزيوت النباتية والحيوانية والشمع فضلاً على التقنية الكيميائية المتبعة في عملية حفظ الأطعمة والمنتوجات الغذائية .

6. الصناعات النسيجية وما ارتبط بها من عمليات تنظيف وقصر وتلوين الأنسجة بالمواد والأملاح المعدنية والكيميائية.
7. صناعة العطور والزيوت العطرية والمنظفات بأنواعها .

تقنية تصنيع السبائك المعدنية :

كانت أقدم الأدوات المعدنية قد صنعت من النحاس الخالص أو النقي تقريباً، غير ان السبائك سرعان ما غدت قاعدة وشائعة سواء كان ذلك عن طريق تجربة مقصودة او أستعمال عرضي للخلائط المعدنية[7] ان عملية مزج النحاس مع المعادن الأخرى هي عملية تقنية تعد بحد ذاتها طفرة نوعية في تقنية تصنيع المعادن بشكل عام، وتصنيع معدن النحاس بشكل خاص، لأنتاج سبائك معدنية مختلفة[8]. كان للنحاس سبيكتان رئيستان هما: "البرونز"، و "البراص"[9]. ولكل من هاتان السبيكتان تقنية تصنيعية خاصة بهما، هي:

أولاً: تقنية تصنيع سبيكة البرونز

لقد كان البرونز، في العهود السومرية والأكدية، معروفاً بأسماء عدة كان أهمها في اللغة الأكدية مصطلح "Sipparu"، وفي اللغة السومرية يقابله مصطلح "ERUD". ولعل "ERU" قد اشتقت من "WARU" التي تعني أصلاً "النحاس"، ومن ثم "البرونز". اما كلمة "Sipparu" التي تعني في الأصل "النحاس" أيضاً، فلعلها ذات صلة وثيقة بالكلمة السومرية "ZABAR"، وبالكلمة العربية "صفر"، وبالكلمة العبرية "Seper". ويرى مترجم مقالة الباحث "مارتن ليفي" الدكتور جليل كمال الدين ان الرأي وارد ومبرر، إذ لازال المشتغل بالنحاس وصناعته يدعى "صفاراً" نسبة الى "الصفر" اي النحاس. وثمة اسواق للصفارين في معظم مدن العراق[10].

تعد سبيكة البرونز من أكثر السبائك أهميةً وانتشاراً[11]. إذ امتاز البرونز بصلابته وقوته، وبسر صناعته كما في معدن النحاس الخالص، فضلاً على كونه أسهل صباً أو سبكاً[12]. ومن هنا، فقد شاع وكثر أستخدام سبيكة البرونز في تصنيع العديد من الأدوات والآلات والمعدات من الأسلحة وغيرها، من مستلزمات الحياة اليومية الضرورية للأنسان[13]. والبرونز هو خليط ناتج من مزج معدني النحاس والقصدير (Sn) الذي هو عبارة عن رمل قاتم ثقيل، وتوجد رواسبه على شكل اكاسيد في ارمينيا وفي اقسام من جبال وشمال غرب ايران. كما توجد رواسبه في العراق بصورة خاصة في مرتفعات قنديل في المنطقة الشمالية والشمالية الشرقية من العراق. وقد اجتهد العراقيون القدماء في سبيل الحصول على معدن القصدير غير المتوفر محلياً عن طريق التجارة، من مناطق وجوده في عربستان وعيلام في ايران وفي تركيا وقد عد معدن القصدير في العراق نادراً، إذ كان استيراده اللازم ذو تكلفة اقتصادية وعرف بانه غالي الثمن[14]. ومع ذلك فقد كان يذكر بكثرة في القوائم الخاصة بتجهيز المواد الأولية للورش الخاصة بالتعدين، وبالذات تصنيع البرونز. وقد ورد ذكره في قوائم التجار على نطاق واسع ومنذ العصر السومري الأول او القديم، وذلك بنسب معينة[15].

ان مزج النحاس مع القصدير، مع عناصر أخرى مثل النيكل والرصاص بنسب قليلة، عرف منذ منتصف الألف الثالث قبل الميلاد. ولكن سبائك مشابهة وجدت في عصور أقدم منذ أواخر الألف الرابع قبل الميلاد غير أنها لم تكن نتيجة لعملية سبك مقصودة[16]. وقد شاع استعمال البرونز بحيث ان النصف الثاني من

الألف الثالث، والنصفين الأول والثاني من الألف الثاني قبل الميلاد قسمت على ثلاثة عصور برونزية مبكرة، وسيطة وحديثة بحسب استعمال البرونز. وفي العصر البرونزي الوسيط امكن التوصل الى النسب الصحيحة لمزج معادن سبيكة البرون[17]. وليس ثمة شك في ان السومريين كانوا قد صنعوا أدواتهم ومعداتهم البرونزية بشكل مقصود. ففي ترنيمة دينية، يعود تاريخها الى الألف الثالث قبل الميلاد، موجهة الى إله النار"GIBIL" يمتدح هذا الإله لمزجه النحاس بالقصدير، ولتنقيته (تصفية) الذهب والفضة[18].

لقد تضمنت تقنية تصنيع سبيكة البرونز عمليتين أساسيتين، كانت الأولى منها، والتي عدت بالممارسة القديمة من قبل المختصين في المعادن والمعدنين، تتضمن أضافة الحجر الذي يحوي معدن القصدير الى معدن النحاس[19]. ففي هذه العملية يتم التوصل الى البرونز من خلال صهر مزيج من خامات النحاس وخامات القصدير. ومن هنا كانت سبيكة البرونز تنتج من مزيج تلك الخامات[20]. اما العملية التقنية الأخرى (الأحدث)، فقد تضمنت استخراج القصدير من الحجر الذي يحتوي معدن النحاس، بصهره في الفرن[21] ثم بتسخين المعدنين معاً، لإنتاج وتشكيل البرونز[22] وفي هذه العملية صار إنتاج البرونز يتم من مزج نحاس وقصدير نقيين معاً وإذابتهما[23]. مع استخدام الكاربون مختزلاً للشوائب المتبقية في تلك المعادن[24]. لقد أثبتت الدراسات الكيميائية والتعدينية، وذلك من خلال إجراء التحليلات المختبرية على بعض النماذج من القطع المعدنية البرونزية التي تعود مدّة صناعتها إلى مرحلة النصف الثاني من الألف الثالث قبل الميلاد، إن الإضافات القصديرية كانت تستخدم لأجل تسهيل عملية الصب والحصول على انسيابية أفضل لسبيكة البرونز أثناء العمل[25] والجدير بالملاحظة، ان نسبة خلط القصدير مع النحاس لجعله صلباً وقوياً بقيت متقاربة، وتتراوح ما بين (10-15%) من القصدير[26] وان إضافة أي نسبة تتعدى (16%) أمر غير مرغوب فيه، ذلك لأن زيادة نسبة القصدير الى النحاس يسبب هشاشة السبيكة ثم صعوبة في العمل[27]) ان السيطرة على النسب المتقاربة للمعدنين المستعملين كانت ضرورية جداً، إذ اصبح لزاماً على صناع التعدين والحرفيين ضرورة ضبط النسب والمقادير لعملية المزج. وكثيراً ما تشير النصوص المسمارية وشواهد التقنيات على حذق هؤلاء في التعدين وضبط النسب[28]. إذ ذكرت نصوص سلالة اور الثالثة اعمال خلط معدن النحاس وفقدان جزء من المعدن، ومنها نقرأ:

"المجموع 2/1 22 منا و 6 شيقل
لأطار عربة
فقد منها (أكل بالنار) مناً واحداً
(7 6/5) شيقل ناقصاً (6) حبات.....الخ"[29].

وفي نص آخر يعود إلى زمن الألف الثاني قبل الميلاد، من نصوص سلالة أيسن- لارسا، نقرأ: "(3) منا من البرونز، الذي يحتوي سدساً واحداً من الملغم"[30]. ويشير نص أخر الى نسبة مئوية أخرى، إذ يرد في النص: "اربعة اعمدة من البرونز مزج بها سدس وزنها من القصدير"[31]. ومن زمن الألف الأول قبل الميلاد، وبالتحديد في عهد الملك البابلي نبونائيد (555- 539 ق.م)، يشير أحد النصوص الى تقنية تصنيع سبيكة البرونز وعملية المزج ونسبها، على النحو الآتي: "(24,5) منا من النحاس و(14) شيقل من القصدير، تحت تصرف النحاس للأنتاج. وفي ذات الوقت، فان لدينا (2/1) طالين و(5) منا- و (3/1) شيقل من النحاس زائداً، (4) منا و(5) شيقل من القصدير (حوالي 8,5 الى 1) تستعمل لصنع البرونز"[32].

لقد أصبحت السبائك البرونزية ذات النسب المنخفضة والمرتفعة من القصدير تستعمل لأغراض مختلفة. فعلى سبيل المثال، لغرض صناعة "المرايا" كان يتم أضافة نسبة عالية من القصدير التي تجعل المعدن اكثر بياضاً وهشاشة. الا انه في الوقت نفسه يصبح عديم الفائدة والنفع لصناعة أدوات ومعدات أخرى. لذلك كان من الضروري المحافظة على نسبة تقدر بـ (8%) من معدن القصدير في صناعة الأدوات والمعدات والأسلحة المتينة، وذلك لتجنب الهشاشة وزيادة الصلابة والقوة فيها[33]. في حين نجد المسامير التي كانت تصنع مثلاً في تثبيت مقبض مصنوع من العظم لسكين برونزية، كانت تصنع غالباً من خليط او مزيج معدني يضم نسبة أقل من القصدير ليتمكن الصانع من طرقها بسهولة اكبر دون ان تتعرض للكسر والتهشم، إذ ان تليينها بعملية التسخين كان امراً غير ممكناً لأنه سوف يؤدي الى تعرض المقبض المصنوع من مادة العظم الى التلف[34]. ويشير احد النصوص من عصر سلالة أور الثالثة الى عملية تصنيع المسامير البرونزية المستخدمة في صناعة الأثاث، إذ يرد في النص: "3 شيقل برونز مصهور لعمل مسامير مستقيمة بروزية"[35].

وبهدف التغلب على بعض المشاكل والعيوب التي كانت ترافق عملية تصنيع سبيكة البرونز، فقد لجأ سباك البرونز الى اضافة معدن الرصاص بكميات قليلة الى السبيكة البرونزية[36]. إذ ان اضافة نسبة (5-10%) من الرصاص الى البرونز لا يؤدي الى التغيير في خصائصه بأنه معدن يستعمل في صناعة الأدوات والأسلحة بشكل كبير. وانما يحدث التغيير في خصائص معدن البرونز عندما يُنصهر، لأن السبيكة البرونزية تصبح أقل لزوجة بنسبة كبيرة إذا كانت درجات الحرارة منخفضة، ومن ثم يسهل صبه في القالب[37]. ومن خلال فحص القطع البرونزية المصبوبة قديماً، وجد ان البرونز الذي يحوي نسبة عادية من القصدير يبرد عادة بسرعة كبيرة مما يؤدي الى عدم ظهور أو بروز تفاصيل القالب على المعدن، فضلاً على وجود الشقوق في القطع المصبوبة والتي كانت اما تهمل او تملأ بالمعدن المصهور فيما بعد. ومن هنا، فأن إضافة معدن الرصاص الى البرونز قد مكن السباك من التغلب الى حد كبير على تلك المشكلة، ونتج عن ذلك ان اصبحت القطع البرونزية المصبوبة ومنها الأسلحة اكثر اتقاناً[38].

يتضح مما تقدم، ان تقنية تصنيع سبيكة البرونز كانت تقنية صناعية دقيقة، معقدة ومضبوطة بالنسب. إذ كان ممكناً انجازها وتصنيعها بتوفر الكثير من التخطيط والتحضير المسبق. ومن هنا، كان ظهورها الى الوجود والاستخدام في تصنيع العديد من الأدوات والمعدات الضرورية في الحياة اليومية للإنسان العراقي القديم كان نتيجة للبحوث والمساعي التجريبية الصناعية التي قام بها حرفيو العراق القديم وصناعه عبر عصور تاريخية مختلفة.

ثانياً: تقنية تصنيع سبيكة البراص

تعد سبيكة البراص من السبائك المعدنية التي تُصنع من مزج معدني النحاس والخارصين (الزنك- Zinc) معاً، وبنسب تتراوح ما بين (5- 40%) خارصين. ويسمى البراص ايضاً بـ"النحاس الأصفر" الذي يمتاز بالقوة والصلابة ومقاومة الأكسدة والتآكل[39]. لقد كان الإعتقاد السابق ان سبيكة البراص من تصنيع وانتاج اوائل الألف الأول قبل الميلاد. غير ان تنقيبات الدكتور نائل حنون في الموقع الأثري تل السيب[40] (في حوض حمرين في شرق العراق)، دلت بوضوح على أنَّ صناعة هذه السبيكة كان في أوائل الألف الثاني قبل الميلاد، اي بمدة ألف عام قبل التأريخ المعروف[41].إذ كان الأمر المفاجئ في القطع البرونزية

المكتشفة في تل السيب انها تضمنت قطعاً لم تكن من البرونز فقط بل هي من مادة البراص (الصفر) الذي تصنع سبيكته، من مزج النحاس مع (الزنك) وليس مع القصدير. ويرى الدكتور نائل حنون ان وجه المفاجأة في هذا الاكتشاف هو ان سبيكة البراص (الصفر) لم تكن معروفة في العصر البرونزي الوسيط، الذي تعود إليه قطع تل السيب، بل ولا حتى من العصر البرونزي الحديث. فمن المعروف إن أقدم القطع المكتشفة حتى الآن من سبيكة البراص تعود الى مرحلة متأخرة من حضارة مصر القديمة وهي معاصرة لحضارة الرومان، اي بعد اكثر من 1600 سنة من تاريخ قطع تل السيب[42]. وقد اثبتت التحاليل المختبرية لقطع تل السيب المصنوعة من مادة البراص (الصفر) انها كانت تتكون من نسب متفاوته من معادن: ((النحاس، الخارصين، الكالسيوم، النكستون، الثوريوم، الصوديوم، السليكون، المغنيز، المغنيسيوم، والأنتيموني)) ((W+ Th+ Na+ Si+ Mn+ Mg+ Sb+ Cu+ Zn+ Ca))[43].

ومن الجدير بالذكر هنا، الإشارة الى ورش العمل ومشاغل تعدين النحاس وصهره، ومن ثم سبكه لتصنيع العديد من السبائك المعدنية المختلفة، من امثال سبيكة البرونز والبراص وغيرها. إذ كشفت التنقيبات الأثرية التي جرت في الموقع الأثري تل الضباعي[44] عام 1965م، عن اكتشاف نادر ألا وهو اكتشاف مشغل او ورشة عمل لصانع نحاس يحوي على عدة كاملة خاصة بتنقية تعدين النحاس وسبكه، ومنها العدة الكاملة في القاعة الثالثة في المتحف العراقي. فضلاً على مشابهات هذه العدة والمكتشفة في موقعي تبة كورا وتلو[45].

ويعود تاريخ هذا الاكتشاف إلى زمن أوائل الألف الثاني قبل الميلاد، وبالتحديد في عصر ايسن- لارسا من السلالات الحاكمة في العصر البابلي القديم (2000- 1500 ق.م)[46]. (ينظر شكل 17). لقد كان موقع ورشة العمل تام التجهيز بالعدة من الوسائل التقنية من الادوات والآلات وغيرها امثال: بوتقات، قوالب الطين المفخورة التي كانت معدة لصب المعادن، منافيخ أواني مفخورة، نموذج رأس الفأس الفخاري، وكسرة انبوب النفخ في الفرن وغيرها[47]. واضافةً الى الدليل الأثري المذكور انفاً، فان نصوص مسمارية عدة كانت تضم معلومات قيمة عن مشاغل وورش تعدين المعادن.فعلى سبيل المثال نجد في أحد نصوص عصر سلالة أور الثالثة قائمة يدرج فيها تجهيزات معدنية من "دكان حدادة" وعلى النحو الآتي: "نحاس مصفى، نحاس غير مصفى، رصاص، ومادة ثالثة تعرف باسم (سو- كان- بي) (Sū- gan- bi)"[48]. فضلاً عن ذكر تفاصيل مهمة عن أعمال التعدين ومزج وخلط المعادن لانجاز كل قطعة، ووزن المادة المعدنية المخصصة لصناعتها سواء كمية النحاس وكمية المعادن الأخرى المضافة. فضلاً على ذكر كمية الوقود من الأخشاب وحزم القصب، وكميات الزيت اللازمة للعمل. كما ذكر في النص عدد ايام العمل التي قد بلغت (186) يوم عمل لكل عامل. في حين شملت المواد المصنعة قائمة طويلة بدءاً من: ((عدة حفر الكتب، فؤوس، معازق، ازاميل، ادوات السحق، اوتاد، اغلفة عربات، سلال، اجزاء لابواب، مزاليج، اسلحة واغمادها، مسامير، سدادات، مناجل، مقرعة، جرس، عوارض معدنية، واشكال حيوانية مصغرة.... وغيرها))[49].

كان الحداد او السباك، يمتلك تحت تصرفه نوعاً خاصاً من المنافيخ التي كان بالامكان تشغيلها باليد أو القدم لرفع درجة حرارة فرنه الى درجة تمكنه من صهر معدن النحاس[50]. إذ نجد في احد الرقم الطينية نصاً يتضمن طلباً لأحد النحاسين يتسلم فيه زوجاً من ذكور الماعز الكبيرة ((من أجل الجلد للمنفاخ))، لاستعماله في عملية نفخ نار الفرن. وكانت الأنابيب القصبية متصلة بالمنفاخ لتركيز وتوجيه تيار الهواء

لتخدم سباك البرونز[51]، (ينظر شكل رقم18). وكان الخشب او القصب يستخدم لإشعال النار، إذ كان صهر نصف رطل من النحاس يتطلب استخدام رطلين من الخشب وثلاث "حزم من القصب"، او ست حزم من القصب في حالة عدم استعمال الخشب كمادة للوقود[52].

ويترجم اسم المدينة المسماة "بادتبيرا"، المدينة التي ورد ذكرها في جداول او اثبات الملوك السومرية ضمن مدن ما قبل الطوفان التي هبطت فيها الملوكية من السماء، بانها "دار المتخصصين بالتعدين" او "مدينة النحاسين"[53]. ربما لكثرة وشيوع تعدين النحاس فيها، فضلاً على وجود ورش ومشاغل التعدين فيها ايضاً. وقد تأكد تعيين موقعها بالتلول الأثرية المعروفة الأن باسم "المدينة"[54]. ويتضح أن معظم مدن العراق القديم قد مارست عملية تقنية المعادن وصناعة الأدوات والآلات فيها ولكن يظهر هناك اختلاف في اسعار المواد الخام وهذا يعطي دليل على أن في كل مدينة كان هناك عمال مختصين في هذا الميدان.

ثالثا : تقنية تصنيع سبيكة الالكتروم :

كانت تقنية اكساء وتغليف الذهب بالمعادن لعمل "الملاغم"[55] مع سبائك تعطيه لوناً خاصاً معروفة وشائعة الأستعمال[56]، إذ كان الذهب يمزج مع الفضة لأنتاج "الألكتروم" وهو مزيج طبيعي أو صناعي من الذهب والفضة، وقد استعمل في مدينة اور في الألف الثالث قبل الميلاد[57]. وكان يعرف ايضاً بـ"الذهب الأبيض"[58]. لقد اجتهد الحرفيون والصياغ في العراق القديم في ضرورة ضبط النسب الثابتة في عمليات الخلط أو المزج بين معدن الذهب والمعادن او الفلزات الأخرى لأنتاج السبائك الذهبية ذات الألوان المتعددة والمختلفة[59]. إذ يرد في عدد من النصوص المسمارية اشارات واضحة الى بعض المعادلات والنسب المتعلقة بانتاج سبائك الذهب. فقد ورد في احد نصوص العصر البابلي القديم، (2004 – 1595 ق.م)، ما يؤكد ذلك: "كان لكل (2) منا من الذهب ملغم بنسبة (1) منا من النحاس". ونص اخر يؤكد ذلك أيضاً: "لكل (5) منا من الذهب، يضاف (2) منا من النحاس"[60].

كان الذهب يمزج ايضاً مع اوكسيد الحديد المعروف بأسم "الهيماتيت" أو "حجر الدم" الذي يعد خاماً مهماً من خامات الحديد، ويكون أحمر اللون حين تسخينه، فضلاً على معدن النحاس لغرض صنع ملاغم من **"الذهب الأخضر"**.

إذ يرد في احد نصوص الألف الأول قبل الميلاد بخصوص هذه العملية ما نصه: "لكل (3) منا من الذهب، ثمة (1) منا من الهيماتيت، و(1) منا من النحاس". وفي نص أخر، مثلوم بعض الشيء، نجد ان النحاس والهيماتيت كانا من ضمن المعادن الممزوجة لأنتاج ملاغم الذهب[61]. ومن خلال ما ورد من معلومات قيمة بخصوص تعدين الذهب وتنقيته في العديد من نصوص الألفين الثاني والأول قبل الميلاد، نجد أن أسماء الملاغم المختلفة تستعمل للدلالة على نقاوة الذهب. وكما ما ورد في بعض من تلك النصوص ومنها: (التقارير الرسمية، نصوص خاصة، البيانات القانونية، وبيانات أوساط رجال الأعمال)[62].

لقد كانت قيمة الذهب توثق وتضبط او تقاس بالوزن الدقيق، وذلك باستخدام طريقتين هما:

أ. معادلة في وزنه الخالص.

ب. بفقدان الوزن في (الفحص والأختبار). وذلك حين تجري عليه عمليات عدة داخل الفرن.

ومن هنا، يتضح لنا ان معدن الذهب يوصف بشكل دقيق من خلال اللون، أو الملاغم، أو بدرجات تصفيته ونقاوته[63]. كما ان العراقيين القدماء لم يعتمدوا على الطبيعة من أجل "الملغمة" المناسبة أي عملية اكساء وتغليف الذهب المطلوب، بل صنعوا ذهبهم بمزجه مع المعادن والفلزات الأخرى من الفضة، النحاس، أو النحاس والحديد (أوكسيده بشكل هيماتيت). أو ربما كانوا يصهرون أحد الملاغم بهدف الحصول على نوعية أخرى أفضل بما يطمئن رغباتهم بقدر اكبر وبشكل افضل.
الصافي او النقي. إذ ان النيازك التي تسقط من السماء تتكون في معظمها الحديد(64).

رابعا : تقنية تصنيع سبيكة الصلب :

لقد استخدم سكان العراق القديم معدن الحديد في وقت متأخر وبصورة غير مباشرة[65]. إذ كان استخدامه في البداية بشكل محدود، ومن ثم شيوع استخدامه في الصناعة كان ابتداؤه من النصف الثاني من الألف الثاني قبل الميلاد[66]. وتوسع الأستخدام لمعدن الحديد في حدود الألف الأول قبل الميلاد، وبالأخص من الآشوريين في صناعة الآلات والمعدات الحربية بصورة خاصة. إذ أستخدم معدن الحديد تدريجياً بدلاً من معدن النحاس والبرونز في صناعة العديد من تلك الأدوات والاسلحة الحربية الثقيلة والخفيفة التي كانت في مقدمة العوامل التي مكنتهم من اقامة اوسع امبراطورية عرفها العالم القديم[67].
كانت تقنية تعدين الحديد تقنية معقدة تعقيداً كبيراً، وتختلف عن تقنية أي معدن آخر من المعادن. ونتيجة لذلك، فان انتشار استعمال الحديد وشيوع استخدامه أول الأمر كان بطيئاً جداً[68]. لأن الحديد يمكن طرقه عندما يسخن ويصبح محمراً متوهجاً إذ أن درجة انصهار الحديد حوالي (1530) درجة مئوية وتزيد على درجة انصهار النحاس بحوالي(500) درجة مئوية[69]. فكانت تتطلب تقنية الحديد مهارة ودقة عاليتين عند تعدينه وتصنيعه بالشكل المطلوب، ومن ثم يغطس في الماء ليصبح اشد صلابة من معدن البرونز[70]. إن معدن الحديد يمكن أنْ يُصنع صلباً للغاية بتقنية عرفت باسم "الكربنة" "Carbonization"، لإكسابه خصائص الصلب[71]. من خلال عملية الاتحاد بالكاربون اي بمعنى أدق "كربنته"، وكان يتم ذلك من خلال إبقاء معدن الحديد في نار من الفحم المتوهج مدة طويلة[72]. وقد نتج عن هذه التقنية ما يعرف بسبيكة "الصلب" التي صنعت، من الحديد والكاربون، وتم تطويرها في أواخر الألف الثاني قبل الميلاد[73]. ويبدو ان هذه التقنية الجديدة في تعدين الحديد وتصنيع سبيكة الصلب قد انتشرت تدريجياً في أنحاء منطقة الشرق الأدنى القديم جميعها[74].

الخاتمة :

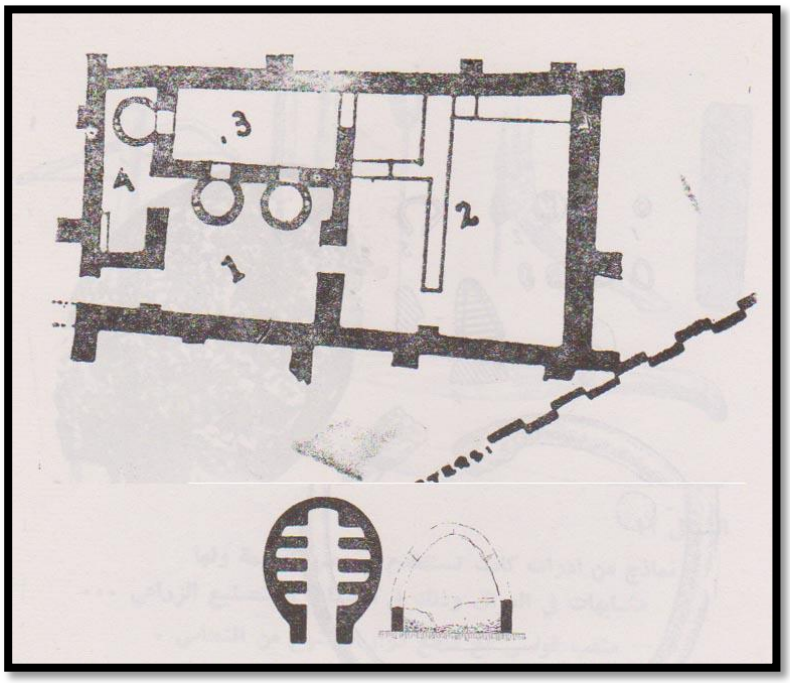
لقد كانت حضارة وادي الرافدين سباقة في التوصل الى تصنيع سبائك معدنية عالية الجودة مثل سبيكة البرونز والبراص والالكتروم والصلب وغيرها . اذ ان عملية مزج معدن النحاس مع المعادن الاخرى هي عملية تقنية كيميائية تعد بحد ذاتها طفرة نوعية في تقنية تصنيع المعادن بشكل عام ، وتصنيع معدن النحاس بشكل خاص ، لانتاج سبائك معدنية مختلفة . ومن هنا ، وفرت تقنية تصنيع السبائك المعدنية بانواعها المختلفة في الوقت والجهد وزيادة في كمية الانتاج للأدوات والمعدات المعدنية الضرورية في الحياة اليومية مع زيادة الاحكام في صنعها .

هوامش البحث

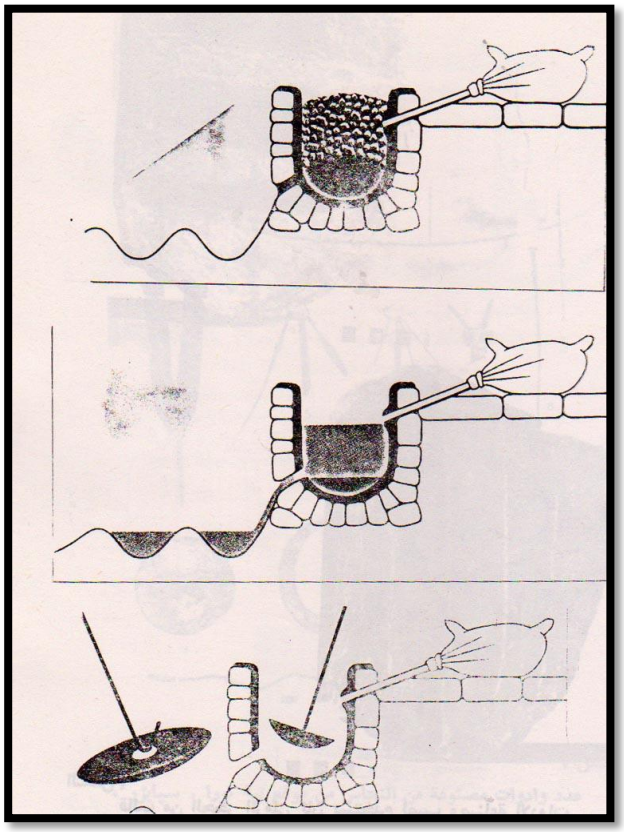
(1) الراوي، فاروق ناصر، " المعارف والعلوم البحته العراقية القديمة في موكب الحضارة"، في العراق في موكب الحضارة، ج1، نخبة من الباحثين العراقيين، (بغداد، 1988)، ص303.
(2) زودن، ف. فون، مدخل إلى حضارات ...، ص180؛ سليمان، عامر، العراق في ...، ص309.
(3) ليفي، مارتن، الكيمياء ...، ص45؛ المتولي، نوالة، مدخل في ...، ص ص251-252.
(4) الحاج، ريا محسن، فجر الحضارة ...، ص ص223-224؛ سليمان عامر، العراق في ...، ص309.
(5) للمزيد من المعلومات بخصوص ذلك ينظر :
- Collon, D., **First Impressions Cylinder Seal : in the Ancient Near East**, (1987), p. 146f.
(6) حبة، فرج، "الكيمياء وتكنلوجيتها.."، ص96؛ الراوي، فاروق ناصر، "العلوم والمعارف"، ص342.
(7) بارو، أندرية، بلاد آشور....، ص 248.
(8) الجادر، وليد، "العجلة وصناعة المعادن"، ص97.
(9) حنون، نائل، دراسات في علم الآثار...، ج1، ص ص 142 – 143 .
(10) ليفي، مارتن، "النحاس والبرونز...."، ص ص 131- 132؛ هامش المترجم ص 140.
(11) حنون، نائل، دراسات في علم الاثار....، ص 142- 143.
(12) ساكز، هـ، الحياة اليومية في....، ص ص 149- 150؛ بارو، اندرية، بلاد آشور....، ص248.
(13) هودجز، هنري، التقنية في....، ص ص 363- 364.
(14) الجادر، وليد، "صناعة التعدين"، ص ص 245- 246. وللمزيد من المعلومات حول مصادر القصدير ينظر:
- James, D., M., In CANE, Vol III, part 7, p.p. 1505- 1508.
(15) ساكز، هـ، الحياة اليومية في....، ص ص 149- 150.
(16) حنون، نائل، **حقيقة السومريين ودراسات اخرى في علم الأثار والنصوص المسمارية**، (دمشق، 2007)، ص 329 ؛ توينبي، أرنولد، تاريخ البشرية....، ج1، ص ص 55-56.
(17) حنون، نائل، حقيقة السومريين..، ص 329. كذلك ينظر:
(18) ليفي، مارتن، "النحاس والبرونز...."، ص ص 128- 129. وللمزيد ينظر:
(19) هودجز، هنري، التقنية في....، ص 134.
(20) ساكز، هـ، الحياة اليومية في ....، ص ص 149- 150.
(21) تسمى في اللغة الأكدية "nappatu" وهي تسمية تطلق على الفرن، وهو الفرن الصغير الذي عادةً ما كان يستخدم لصهر معدن البرونز. ينظر:
- CAD, N/I, p. 311 :b ; CDA, p. 239.
(22) ساكز، هـ، الحياة اليومية في ....، ص 134.
(23) ساكز، هـ ، الحياة اليومية في ...، ص ص 149- 150.
(24) ليفي، مارتن، "النحاس والبرونز ...."، ص ص 128- 129.
(25) المصدر نفسه ، ص129.
(26) المصدر نفسه ، ص129.
(27) James, D., M., In CANE, p.p. 1505- 1507.
(28) هودجز، هنري، التقنية في....، ص ص 134- 135.
(29) المتولي، نوالة، مدخل في....، ص 285.
(30) المصدر نفسه، ص 129.
(31)المتولي، نوالة، مدخل في....، ص ص 129- 130.
(32) ليفي، مارتن، "النحاس والبرونز ...."، ص ص 128- 129.
(33) هودجز، هنري، التقنية في....، ص ص 134- 135.
(34) المصدر نفسه، ص 135؛ بارو، أندرية، بلاد آشور....، ص249.

(35) المتولي، نوالة، مدخل في....، ص 386.
(36) James, D., M., In CANE, p.p. 1505-1507.
(37) هودجز، هنري، التقنية في ...، ص 141.
(38)هودجز، هنري، التقنية في ، ص141. كذلك ينظر: -James, D., M., OP.cit, p. 1505.
(39) جميل، عادل، **"تعدين الخامات واستخلاص الفلزات في العراق القديم بلاد وادي الرافدين"**، في مجلة الثروة المعدنية العربية، العدد الثالث، (بغداد، 1983)، ص111.
(40) تل السيب: تقع تلول السيب وحداد على بعد حوالي (1,5)كم الى الغرب من ضفة نهر ديالى. وتشمل هذه التلول تلين صغيرين باسم السيب في الجهة الشرقية من الموقع، وتل حداد الأكثر اتساعاً وارتفاعاً من التلين الأخرين في الجهة الغربية. وقد أجريت في الموقع ثلاثة مواسم تنقيب من قبل مديرية الاثار والتراث العراقية ابتدأ اولها في شهر تشرين الثاني من عام 1977م وانتهى في آب من عام 1978. وكان فريق العمل برئاسة د. نائل حنون. للمزيد من المعلومات ينظر:
- حنون، نائل، حقيقة السومريين..، ص ص 298- 334.
(41) حنون، نائل، "دراسات في علم الاثار واللغات القديمة"، ص 142- 143.
(42) حنون، نائل، حقيقة السومريين، ص ص 329- 330.
(43) المصدر نفسه، ص 330. وللمزيد من المعلومات عن نتائج التحاليل المختبرية ينظر:
- النقشبندي، علي ناصر، **"تحليل المعادن من حمرين واثار سد القادسية"**، في سومر، العدد 40، (1984)، ص ص 101- 103.
(44) تل الضباعي: ويُعرف في النصوص المسمارية بأسم "زارلولو"، ويقع شرقي بغداد على بعد حوالي 2كم شمال- شرقي تل حرمل في العاصمة بغداد. تبلغ ابعاد هذا التل (300× 150م)، وارتفاع أعلى نقطة فيه
(45) الجادر، وليد، **الحرف والصناعات اليدوية في العصر الآشوري المتأخر (النساجون والنسيج)**، (بغداد، 1972) هامش، ص 275- 276.
(46) اوتس، جون، **بابل تاريخ مصور**، ترجمة سمير الجلبي، (بغداد، 1991)، ص ص 292- 293.
وللمزيد من المعلومات ينظر:
- Faust, D., E., **Contracts from Lardsa Dafed in the Reign of Rim – Sin**, (New Haven, 1941), p. 143: 11.
(47) بوتس، دانيال تي، **حضارة وادي الرافدين الأسس المادية**، ترجمة كاظم اسعد الدين، مراجعة د. اسماعيل حجارة، (بغداد، 2006)، ص 265. وللمزيد من المعلومات ينظر:
- Gros, G., **Nouvelles Fouilles de Tello**, (Paris, 1910), p. 151.
(48) مادة سو- كان- بي ((sū- gan- bi)): ربما تكون هذه المادة فحم خشب مسحوق سحقاً ناعماً. وقد كان سعر هذه المادة أغلى مرتين الى خمس مرات من النحاس في مدن لكش ونفر، مما يجعل الأمر غير محتمل ان يكون شكلاً من فحم الخشب. في حين يقترح المختص في التعدين بيرنكا (Pernicka) ان هذه المادة قد تكون نوع من المذيبات (flux) وهي مادة أضافية تستعمل في عملية الصهر التي تتماسك مع المواد غير الصافية التي تكون الخبث الذي يصرف من فرن الصهر او البوتقة تاركة المعدن الصافي وراءها. للمزيد من المعلومات ينظر:
- بوتس، دانيال تي، المصدر السابق، ص ص 267- 268. كذلك ينظر:
- Morrey, P. R., S., Ancient….., p.p. 36- 38.
(49) المتولي، نوالة، مدخل في....، ص ص 285- 286.
(50) كريمر، صموئيل نوح، **السومريون تاريخهم حضارتهم وخصائصهم**، ترجمة فيصل الوائلي، (الكويت، 1973)، ص ص 135- 136.
(51) ليفي، مارتن، "النحاس والبرونز...."، ص 130؛ هودجز، هنري، التقنية في....، ص 134.

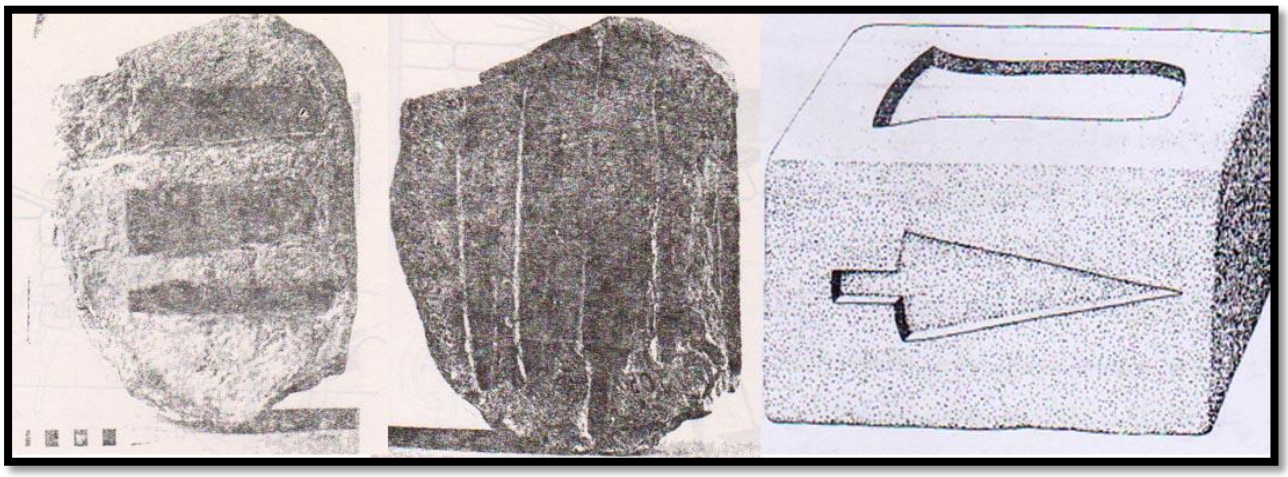
(52) كريمر، صموئيل نوح، المصدر السابق، ص 136؛ أوبنهايم، ليو، بلاد ما بين النهرين، ص ص 423- 424.
(53) الجادر، وليد، "صناعة التعدين" ص ص 241- 242.
(54) تقع هذه المدينة على بعد نحو 45كم شمال شرقي الوركاء زهاء 32كم جنوب بلدة الشطرة في الناصرية جنوب العراق. لقد اشتهرت هذه المدينة في عهد سلالة لكش (عصر فجر السلالات الثالث) بانها مركز عبادة الالهة "انانا" (عشتار)، وعبد بمعبدها زوجها الاله دموزي (تموز) وعرف هذا المعبد باسم "E- Mush" ينظر:
- باقر، طه واخرون، **تاريخ العراق القديم**، ج1، (جامعة بغداد، 1987)، ص ص 127- 128.
(55) **الملاغم**: ومفردها "**ملغم**" وهو معدن يستخدم في التكسية الخارجية وتغليف الذهب، ينظر:
- ليفي، مارتن، الكيمياء...، ص 251.
(56) بارو، اندرية، بلاد آشور....، ص250.
(57) حنون، نائل، دراسات في علم الاثار....، ص143؛ الجادر، وليد، "صناعة التعدين"، ص252.
(58) كجة جي، صباح، الصناعة في....، ص ص 50- 51.
(59) حبة، فرج، **"الكيمياء وتكنولوجيتها في العراق القديم"**، سومر، مج25، ج1- 2، 1969، ص111.
(60) ليفي، مارتن، الكيمياء...، ص 251.
(61) ليفي، مارتن، الكيمياء...، ص 252؛ كجة جي، صباح، الصناعة في....، ص ص50-51.
(62) المصدر نفسه ، ص 253.
(63) المصدر نفسه ، ص 253.
(64) الجادر، وليد، "العجلة وصناعة المعادن"، ص254.
(65) الجادر، وليد، "العجلة وصناعة المعادن"، ص254.
(66) Ann, C., G., In CANE, p.p. 1546- 1547.
(67) الجادر، وليد، "العجلة وصناعة المعادن"، ص101.
(68) Ann, C., G., Op. Cit., p.p. 1546- 1547.
(69) اوتس، جون، بابل تاريخ مصور، ص158.
(70) الجادر، وليد، "العجلة وصناعة المعادن"، ص101.
(71) بارو، اندرية، بلاد آشور....، ص250؛ اوبنهايم، ليو، بلاد ما بين النهرين، ص425.
(72) باقر، طه، **موجز في تاريخ العلوم والمعارف في الحضارات القديمة والحضارة العربية الاسلامية**، (بغداد، 1980)، ص83.
(73) ساكز، هـ، الحياة اليومية في العراق القديم، ص152.
(74) ساكز، هـ، الحياة اليومية في العراق القديم ، ص 152.



شكل رقم (1) : مخطط يوضح ورشة تعدين تحتوي على كور ومرافق من بينها مخازن، من مدينة لارسا (سنكر) في العصر البابلي القديم. - الجادر، وليد، في العراق في موكب الحضارة (الأصالة والتأثير)، ج1، ص125.

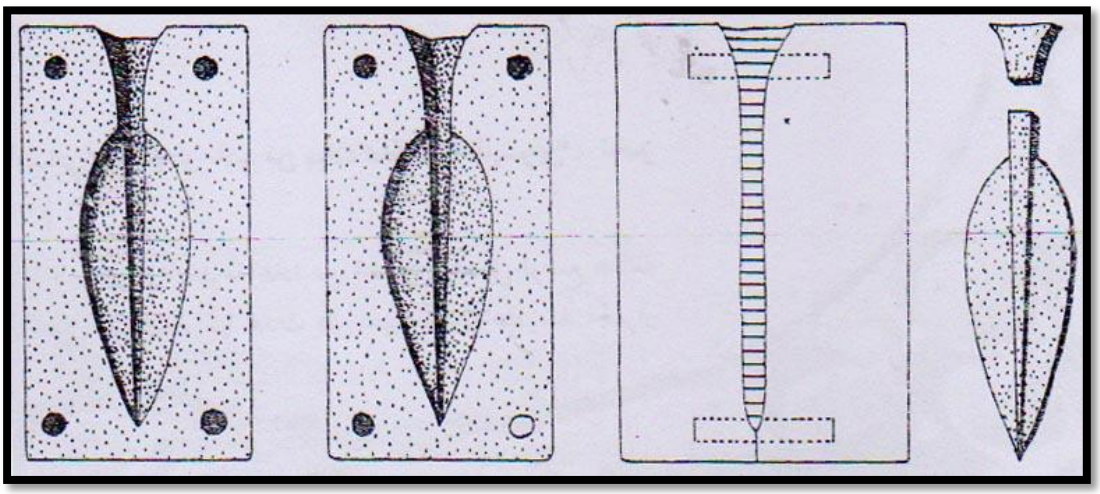


شكل رقم (2) : رسم يوضح استعمال المنفاخ الجلدي في تقنية صهر المعادن (النحاس) في العراق القديم. - الجادر، وليد، في العراق في موكب الحضارة (الأصالة والتأثير)، ج1، ص121



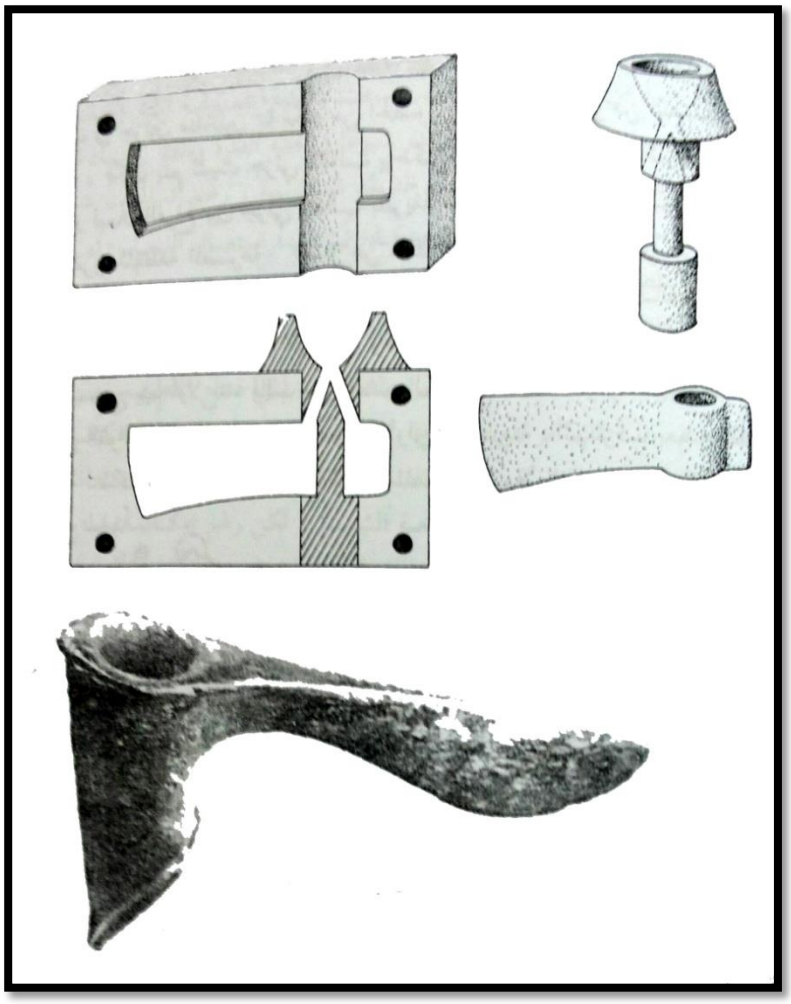
شكل رقم (13) : نماذج لقالب مفتوح من الحجر الرملي كان يستخدم لصب وصناعة الأدوات النحاسية ومنها رؤوس الرماح والخناجر.

- Ann, C., G., In CANE, vol.3, part7, Fig.5. p.1546.

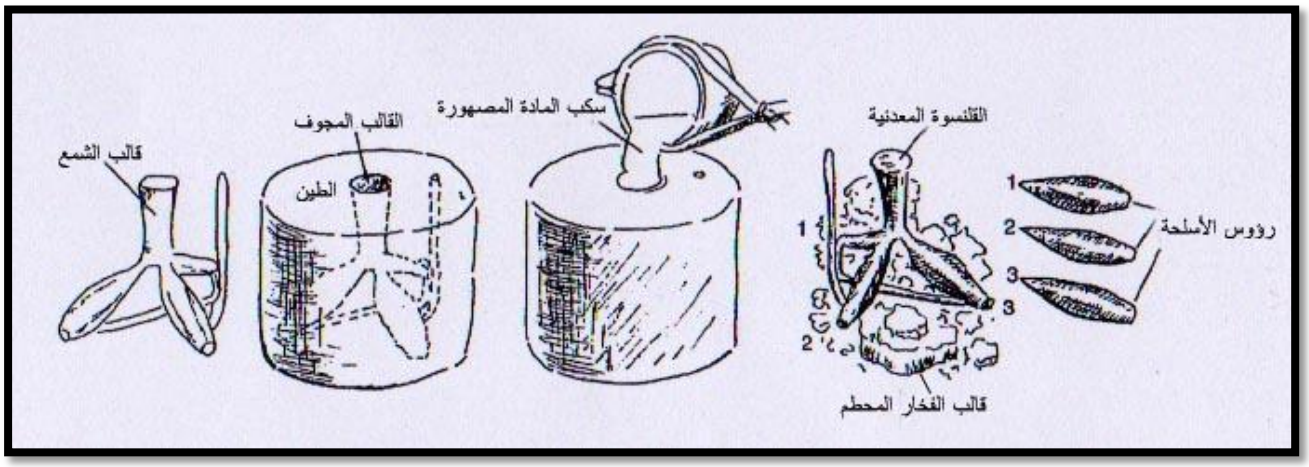


شكل رقم (3) : نماذج لقالب مفتوح من الحجر الرملي كان يستخدم لصب وصناعة الأدوات النحاسية ومنها رؤوس الرماح والخناجر.

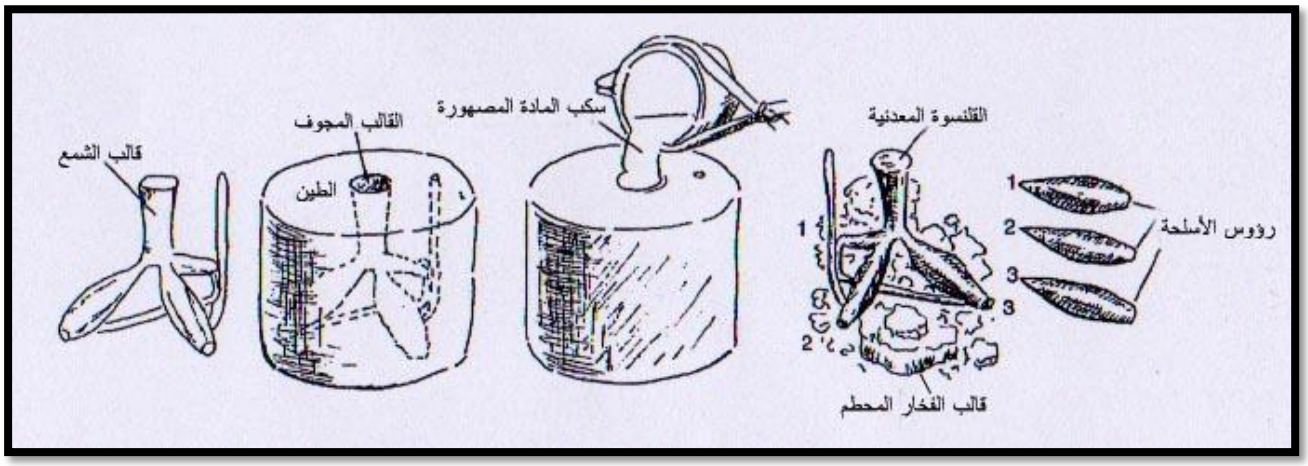
- Ann, C., G., In CANE, vol.3, part7, Fig.5. p.1546.



شكل رقم (4) : رسم يوضح نموذج للقالب المغلق المكون من جزئين متقابلين يتم تثبيتهما باستعمال مسامير قصيرة - هودجز، هنري، التقنية في العالم القديم، ص72.



شكل رقم (5) : رسم يوضح طريقة استعمال قالب بلطة ذات جوف فارغ؛ مع نموذج لبلطة صُنعت في مثل هذا القالب في العراق القديم . - هودجز، هنري، التقنية في العالم القديم، ص73.



شكل رقم (6) : رسم يوضح تقنية استخدام القالب الشمعي (الشمع المذاب) لصب وصناعة الأدوات والآلات المعدنية.

- Ann, C., G., In CANE, vol.3, part7, Fig.5. p.1547