قوالب الحدادة الالية ودورها فى تحسين مكونات منتجات الحديد المعمارى سابقة التجهيز

Automatic Forging Dies and their Role in Improving Prefabricated Architectural Iron Products Components

أ.م.د/ عماد شفيق عبدالرحمن حشاد

قسم الأثاثات والإنشاءات المعدنية والحديدية - كلية الفنون التطبيقية – جامعة حلوان

أ.م.د/ محمد محمد عطاالله هلال

قسم الأثاثات والإنشاءات المعدنية والحديدية - كلية الفنون التطبيقية – جامعة حلوان

ملخص البحث

على الرغم من انتشار منتجات الحديد االمعمارى فى مصر وكثرة الطلب علية لتلبية متطلبات معمارية ملحة مثل الابواب والاسوار والحواجز والنوافذ ووحدات الاضاءة والاثاث فى المنشات العامة والخاصة، الا انها تعتمد كثيرا فى انتاجها على اسلوب الحرفة والعمل اليدوى. وتتمثل **مشكلة البحث** فى عدة تساؤلات منها**:** هل يمكن تنظيم مراحل التصميم والانتاج لمنتجات الحديد المعماري، بحيث يتم انتاجها بشكل كمى فى صوره عناصر ومكونات سابقة التجهيز صالحة للاستخدام، بحيث تغطى متطلبات المستهلك فى مجالات الحديد المعمارى المتعددة؟ - هل تساهم قوالب الحدادة التى تعمل على الماكينات الالية والرقمية فى تطوير وتحسين جودة عناصر ومكونات المنتجات الحديدية سابقة التجهيز وتسهل من عمليات الانتاج؟ - **ويهدف البحث** الى محاولة تنظيم عمليات التصميم والانتاج لمنتجات الحديد المعمارى باتباع اساليب سبق التجهيز، من خلال قوالب الحدادة الالية التى تساهم فى تنميط وتوفير معايير قياسية لعناصر ومكونات المنتجات الحديدية سابقة التجهيز. واتبع البحث **المنهج الوصفى التحليلى** فى تناول نظم منتجات الحديد المعمارى السابقة التجهيز، التنميط فى المنتجات الحديدية سابقة التجهيز، الحدادة الالية بالطرق المتساقط، قوالب الحدادة الالية، الحدادة بالقوالب المفتوحة، الحدادة بالقوالب المغلقة، وقوالب التشكيل بالثنى والحنى. - وتوصل البحث لعدد من **النتائج والتوصيات** من اهمها**:-**

- أساليب النظم السابقة التجهيز مثل الوحدات المديولية الطولية والمسطحة والحجمية، والتنميط وتكويد المنتجات والمعايير القياسية وجدولة العناصر، تحقق سهولة عمليات النقل والتخزين والتبادل وتسويق اجزاء ومكونات المنتجات الحديديه سابقة التجهيز.
- توافر العديد من المؤسسات الصناعية العالمية المنتجة لمكونات المنتجات الحديدية السابقة التجهيز يؤكد ويدعم امكانية اتباع هذة النظم الصناعية فى مصر لتحسين وتطوير جودة التصميم والانتاج لمنتجات الحديد المعمارى.
- تتميز مكونات المنتجات الحديدية المشكلة بالطرق الالى فى القوالب بالصلابة العالية وقوة التحمل وتماسك وتجانس البناء الداخلى وجودة التشطيب وقلة المواد الخام المستهلكة مما ينعكس على جودة المنتج والتركيب.
- توفر قوالب الثنى والحنى الوقت والمجهود فى تشكيل الوحدات الزخرفية الخطية وتحافظ على نظافة وسلامة أسطح وحواف المشغولات وتحقق جودة عالية فى الإنتاج، الامر الذي تفتقدة الاساليب اليدوية عند تشكيل هذة الوحدات المماثلة.
- ضرورة تفعيل أساليب النظم السابقة التجهيز فى تصميم وتشكيل مكونات منتجات الحديد المعمارى فى المؤسسات الصناعية المتخصصة فى مصر لمنافعة الكثيرة فى تحسين وتطوير جودة الانتاج والنهوض بهذه الصناعة.

Abstract

Despite the widespread of architectural iron products in Egypt and the increasing demand on such products to fulfill the urgent architectural requirements (e.g. doors, gates, fences, railings, windows, lighting fixtures and furniture in public and private facilities), the

production of these products still depends mainly on traditional handcraft methods. The **Research Problems** are represented in the following questions: Can the stages/steps of the design and production of architectural iron products be organized so that it can be produced quantitatively in the form of prefabricated elements and components ready to use and serviceable, which meets the architectural iron different customer requirements? - Do the forging dies used in digital automatic forging machines contribute to improving the quality of prefabricated iron products elements and components? - The **research aims** at organizing the operations of the architectural iron products design and production by applying prefabricated systems methods and techniques and using automatic forging dies, which contribute to the simplification and the standardization of prefabricated iron products elements and components. The research follows the **descriptive analytical approach** in investigating the prefabricated systems of architectural iron products, the simplification of prefabricated iron products, automatic forging with hammering, automatic forging dies, open die forging, closed die forging, and bending dies. -The following are some the most important findings and implications of the research:-

- Prefabricated systems methods (e.g. linear, uniform and volumetric modular units, simplification, product coding, standardization and scheduling of elements) facilitate the transportation, storage, exchange and marketing of prefabricated iron products elements and components.
- The availability of various international industrial institutions that produce prefabricated iron products components supports the possibility of following and applying these industrial systems in Egypt to improve the quality of architectural iron design and production.
- Automatically forged iron products components are distinguished by their high strength and durability, the reliable consistency of their internal structure, the quality finish and the reduced use of raw materials, which is reflected on the quality of the product as well as the assembly.
- Bending dies save time and effort in forging linear ornaments units while maintaining the cleanliness and safety of the surface(s) and the edges of the forged works and ensuring production high quality which cannot be achieved by the traditional handcraft methods when trying to forge similar units.
- The necessity to activate the prefabricated systems in designing and forging architectural iron products components in the specialized industrial institutions in Egypt as they have proved to be effective, in many respects, in improving the quality of the production and promoting such industries.

المقدمة

مع الاتجاه المتزايد نحو استخدام تقنيات حديثة تعتمد على إحلال الميكنة بدلا من الطرق اليدوية التى تأخذ وقت طويل وتتطلب عدد كبير من العمالة الماهرة فى انتاج مكونات المنتجات الحديدية سابقة التجهيز، نجد ان طرق الحدادة الالية يمكنها الانتاج بصورة افضل وفى وقت اسرع وتوفر الكثير من الوقت والمجهود، هذا بالاضافة الى تبلور كثيراً من المفاهيم والاتجاهات التصميمية التى اعتبرت المنتجات الحديدية كوحدة متكاملة أقرب لعملية التجميع والتركيب بين اجزاء سابقة التصنيع لها مواصفات وحدود قياسية واضحة، بما يعنى تحقيق امكانية الانتاج الكمى لمكونات وعناصر المنتجات الحديدية من خلال التصنيع المسبق بالاستخدام المنظم لخطوط الإنتاج، وتمثل قوالب الحدادة الالية أهمية كبيرة فى انتاج

بعض عناصر ومكونات المنتجات الحديدية سابقة التجهيز، نظرا لانها توفر الكثير من الوقت والمجهود والطاقة والخامات المستخدمة، بالاضافة الى الخصائص التى تتميز بها منتجات الحدادة الالية مثل دقة الابعاد والتماثل التام فى المقاييس وكذلك الخصائص الميكانيكية الجيدة مثل المقاومة العالية للاحمال والتشوه، ومن الملاحظ على المستوى المحلى ان صناعة منتجات الحديد المعمارى مثل الابواب والاسوار والحواجز والاثاث الحديدي ووحدات الاضاءة الحديدية وخلافة، ما زالت تعتمد فى كثير من الاحيان على أساليب الحرف اليدوية البسيطة، وعلى انماط انتاجية محدودة مثل الانتاج بالقطعة او بالطلبية، ولم ترتقى الى مستوى صناعة متقدمة تقوم على التنميط ومعايير جودة الإنتاج، كما هو الحال فى كثير من المؤسسات الانتاجية بالدول الصناعية، التى تنتج وتصدر عناصر ومكونات المنتجات الحديدية سابقة التجهيز ذات الجودة العالية والمقاييس المنظمة، مثل الوحدات الزخرفية الخطية أو المسطحة او الحجمية متعددة الاشكال والمقاسات، بالاضافة الى عناصر قياسية للرباط والتجميع والتثبيت والغلق، ومدرجة فى كتيبات ارشادية تقدم كافة المعلومات للمستهلك مثل شكل الوحدة الزخرفية ومقاساتها التفصيلية ووزنها وسعرها والالوان المتوافرة، وامكانيات استعمالها وكيف يمكن تجميعها بصورة دائمة أو مؤقتة لتكوين منتجات حديدية تلبى متطلبات وظيفية عديدة فى مجال العمارة أو الاثاث أو وحدات الاضاءة والديكور الداخلى.

مشكلة البحث: على الرغم من انتشار منتجات الحديد المعمارى فى مصر وكثرة الطلب علية لتلبية متطلبات معمارية ملحة مثل الابواب والاسوار والحواجز والنوافذ ووحدات الاضاءة والاثاث فى المنشات العامة والخاصة الا انها تعتمد كثيرا فى انتاجها على اسلوب الحرفة والعمل اليدوى وتتمثل مشكلة البحث في عدة تساؤلات منها:-

- هل يمكن تنظيم مراحل التصميم والانتاج لمنتجات الحديد المعماري، بحيث يتم انتاجها بشكل كمي في صوره عناصر ومكونات سابقة التجهيز صالحة للاستخدام بحيث تغطى متطلبات المستهلك فى مجالات الحديد المعماري المتعددة.
- هل تساهم قوالب الحدادة التى تعمل على الماكينات الالية والرقمية فى تطوير وتحسين جودة عناصر ومكونات المنتجات الحديدية سابقة التجهيز وتسهل من عمليات الانتاج.

هدف البحث: يهدف البحث الى محاولة تنظيم عمليات التصميم والانتاج لمنتجات الحديد المعمارى باتباع اساليب سبق التجهيز من خلال قوالب الحدادة الالية التى تساهم فى تنميط وتوفير معايير قياسية لعناصر ومكونات المنتجات الحديدية سابقة التجهيز.

أهمية البحث: يمثل البحث اهمية فى مجال تصنيع مكونات منتجات الحديد المعمارى حيث يساعد على تطوير وتنميط مفردات الانتاج مما ينعكس على خفض التكلفة وسهولة الانتاج، كما يمثل اهمية فى مجال استخدام وتركيب منتجات الحديد المعمارى نظرا لما تحققة منهجية سبق التجهيز من توافر وتكيف وملائمة العناصر والمكونات لمتطلبات المستهلك فى هذا المجال.

منهجية البحث: يتبع البحث المنهج الوصفى التحليلى للنظم السابقة التجهيز في مجال المنتجات الحديدية، واسلوب الانتاج بقوالب التشكيل المعدنية والعناصر والمكونات التى يمكن انتاجها.

حدود البحث: نظرا لكثرة مكونات المنتجات الحديدية سابقة التجهيز وتعدد اساليب انتاجها، فان الدراسة تنحصر فى دراسة الوحدات الخطية مثل الاعواد المستقيمة والمنحنية المشكلة على قوالب الحدادة الالية بالطرق والثنى.

مصطلحات البحث: النظم السابقة التجهيز (Prefabricated Systems) – تنميط الإنتاج (Simplification) - الحدادة الالية (Automatic forging) - قوالب الحدادة المفتوحة (open die forging) – قوالب الحدادة المغلقة (closed die forging) - قوالب الثني (Bending die).

الإطار النظري للبحث

1- نظم سبق التجهيز فى مجال المنتجات الحديدية

سبق التجهيز يعني "ممارسة تجميع مكونات المنتجات وهيكلتها في موقع التصنيع ونقل الأجزاء المجمعة إلى موقع التجميع"[22] ، ويشير النظام إلى طريقة معينة لهيكلة منتجات الحديد المعماري باستخدام سبق التجهيز، المكونات المترابطة ذات الصلة بالوظائف يتم انتاجها بمجموعة من التعليمات مع بعض القيود بناءً على خطط يمكن من خلالها تغيير شكل التصميم باستخدام نفس المجموعة من المكونات حيث تختلف درجة المرونة من نظام إلى آخر، ومع ذلك فإنه في جميع النظم هناك تأثير للترتيب والنهج المتبع في التجميع. أنظمة سبق التجهيز لمنتجات الحديد المعماري تعتمد على مدى استخدام المكونات سابقة التصنيع وخصائصها التي يتعين النظر فيها عند وضع النظام، ويكون الهدف هو المرونة في ترتيب وإعادة ترتيب مكونات تلك المنتجات.

تعتمد الفكرة الاساسية في سبق التجهيز لمكونات وعناصر المنتجات الحديدية على منهج متكامل للتصنيع من خلال تنظيم تحويل القطاعات الحديدية مختلفة الاشكال والتخانات الى وحدات زخرفية جاهزة ومحددة المقاييس، صممت ونفذت بالاعتماد على نظام قياسى مشترك وهو التوافق المديولى الذي يساعد على سرعة تجميعها وتركيبها طبقا للتصميم المقترح، والذي يتوافق مع الغرض الوظيفي، مما يرفع من الكفاية الفنية والاقتصادية ويساهم في تطوير نظم تلك المنتجات، ولنظم سبق التجهيز عدة مميزات منها:[6]

- تحقيق وفر في وقت التنفيذ نتيجة لتجزئة العملية الانتاجية والاعتماد على اسلوب الانتاج الكمي.
- انتظام الانتاج وضمان استمراره بدرجة عالية الكفاءة بالاعتماد على مزايا التخصيص والتنميط.
- سهولة ودقة متابعة اعتبارات الجودة عن طريق المراقبة والاشراف في المصنع.
- الاستغلال الامثل للخامات ومستلزمات الانتاج بأقل نسبة فاقد.
- تيسير عمليات التجميع والتركيب بحد أدني وبدون مهارات خاصة.
- سهولة عمليات النقل والتشوين والصيانة المستمرة.
- امكانية القيام بالبحوث والتجارب المستمرة اللازمة لتحسين الانتاج ومستويات العمل.

1/1 الموديول فى النظم سابقة التجهيز

الموديول في النظم سابقة التجهيز هو وحدة قياس للأطوال تستخدم لتنسيق أبعاد المنتج ومكوناته، ويعرف بأنه "طريقة نظامية للتصميم والتي عن طريقها يتوفر مجال متسع من تصميم المركبات البنائية التي لها أبعاد وطرق ربط مقيسه ومنمطة"[11] ، ويمكن أن يكون المنتج به موديول واحد أو متعدد، ويُعَرف تنسيق الموديول على أنه "النموذج الأساسي في اعتماد المقاسات التي يتم اختيارها للتطبيق العام لهيكل المنتج ومكوناته"[25] ، ويتم اختيار قيمته الأساسية لتحقيق أكبر قدر من المرونة، وتُعرف المرونة التصميمية بأنها "الكفاءة الاستخدامية الناتجة عن إمكانية تعدد الوظائف وخضوع المنتج لتلبية جميع حاجات مستعمليه"[9], وتناسق الموديول يعنى ترتيب الترابط للبعد القائم للمنتج على أساس القيمة الأولية المقبولة كنموذج، ومراعاة التقيد بقواعد تناسق الموديول تسهل تجميع المكونات المفردة في مكونات كبيرة، واستخدام أقل

عدد ممكن من العناصر المختلفة في المكون الواحد، أيضا تقليل الحد الأدنى من الفاقد مما يسمح بإمكانية تبادل الوحدات المنتجة بأكثر من طريقة يمكن بها تجميع الوحدات لتكوين شكل المنتج المطلوب.

إن وضع أسس قياسية عن طريق الموديول لعناصر ومكونات وأجزاء منتجات الحديد المعماري وعلاقتها بأساليب انتاج قوالب الطرق الآلية تعتبر عاملاً مؤثراً في المرونة التصميمية وتحقيق الكفاءة الاستخدامية الناتجة عن إمكانية تعدد الأشكال وتلبية جميع احتياجات المستخدم، وتشمل أنماط الموديول المستخدم كل من الموديول الإنشائي الذي يهدف إلى تحقيق الكفاءة الإنشائية وسهولة التجميع، الموديول التوافقي الذي يهدف إلى تسهيل عمليات التركيب وضمان تطابق المكونات والعناصر مع بعضها، والموديول ثلاثي الأبعاد الذي يستخدم لتثبيت الوحدات النمطية داخل المستويات الفراغية. واستخدام الموديول يُمكن من استخدام مكونات المنتج من مصادر مختلفة وتجميعها وتركيبها في موقع التنفيذ بكفاءة عالية.

2/1 التنميط في المنتجات الحديدية سابقة التجهيز

التنميط هو عملية فنية تعمل على تحديد بعض الاشكال او التصميمات او الاجراءات او المواصفات لكى يتحدد على أساسها التصرفات التنفيذية، فهى تصنيع المنتج على نمط معين يتمثل فى المواصفات المحددة الخاصة كما يمكن تعريفة ايضا بأنة "اخضاع العناصر التى تتعرض لمبدأ التغيير من جهة لاخرى فى ظروف معينة بحيث تصبح عوامل ثابتة" [5]، كما تعرف النمطية ايضا بانها نظام يكفل تماثل وتجانس كل مجموعة من العناصر او المكونات المتشابهة فى المنتجات الحديدية سابقة التجهيز المنتجة كمياً، من خلال مواصفات ومقاييس محددة تؤدى الى امكان تكرار انتاج نفس مكونات وعناصر المنتجات الحديدية المتشابهة وهناك مستويان للتنميط الأول للتصميم والثاني للإنتاج.

1/2/1 التنميط على مستوى التصميم

ويقصد به تنميط الشكل او الحجم او الخصائص والمواصفات الخاصة بالمنتج، بهدف تيسير الاستخدام وتسهيل عمليات الاحلال والابدال، وقد يضمن توحيد التصميمات، تجنب عدم وجود اجزاء كثيرة ومختلفة ومتنوعة دون سبب فني يحتم ذلك ونتيجة لتوحيد التصميمات من ناحية الابعاد والخامات والاشكال تتحسن المؤشرات الاقتصادية للإنتاج، ويتم تنميط التصميمات فى مكونات المنتجات الحديدية سابقة التجهيز بطريقتين: -

- وضع التصميمات حسب الاتجاهات الخاصة بالدول في مواجهة المنتجات المنافسة.
- تعديل وتنميط وتوحيد التصميمات حسب الشروط الخاصة بالقطاع الصناعي او بالوحدة الانتاجية.

2/2/1 التنميط على مستوى الانتاج

الهدف منه اختصار طول دورة التحضير التكنولوجى للانتاج والوقت اللازم من خلال تنميط وتوحيد العمليات التكنولوجية وكذلك تنميط مساعدات الانتاج وتحويل معظم اجزائها الى اجزاء قياسية، وتتم عملية التنميط التكنولوجى بواسطة حصر الاجزاء المتشابهة تكنولوجيا فى الانتاج المطلوب والتى تشترك فى تسلسل العمليات التكنولوجية عليها وكذلك فى نفس معدات الانتاج ومساعدات التشغيل.

وللتنميط مميزات في مكونات منتجات الحديد المعماري سابقة التجهيز:-

- خفض تكلفة العناصر الزخرفية الحديدية من خلال خفض تكاليف الانتاج وبالتالي توافرها بأسعار رخيصة.
- تبسيط استخدام المنتجات الحديدية واجزائها من خلال زيادة امكانية تغيير واستبدال الاجزاء المتطابقة.
- مراقبة المخزون من عناصر ومكونات المنتجات الحديدية سابقة التجهيز بشكل دقيق.

- سهولة تجميع مكونات المنتجات الحديدية لتكوين الابواب والاسوار والاثاث الحديدي وخلافة بمعرفة الفنيين والقيام بعمليات الاحلال والابدال بسهولة ويسر.
- تسهيل طرح المناقصات واجراء عمليات الشراء والبيع من خلال المواصفات الموحدة.

3/1 تصنيف مستويات سبق التجهيز في مكونات منتجات الحديد المعماري

يمكن تصنف مستويات سبق التجهيز لأجزاء ومكونات المنتجات الحديدية تبعا لمدخلين هما:-

1/3/1 تصنيف يعتمد على الخامات كمدخلات والمكونات كمخرجات

تصنف وحدات الحديد المعماري سابقة التجهيز تبعاً للخامات كمدخلات ووحدات المنتج كمخرجات على النحو التالي:-

الجزء: هو الوحده الزخرفية الخطية او المسطحة او الحجمية التى لا يمكن تجزئتها حيث تتحول من المادة الخام الى وحدة بنائية لها شكل محدد، باستخدام اساليب الانتاج الالية بحيث تخضع لمقاييس موديولية محدده سلفاً.

المكون: هو تشكيل من الأجزاء الزخرفية السابقة التجهيز يتم تجميعة بأساليب التكرار المختلفة ليلبى بعض الاحتياجات والوظائف الخاصة ويعتمد فى تكوينة على اساليب التجميع الثابتة او المؤقتة.

العنصر: هو الذي يتكون من اجزاء ومكونات سابقة الاعداد والتجهيز ليقابل الاحتياجات الكلية ذات الوظيفة المتكاملة، وهي عناصر الحديد المعماري كالابواب والنوافذ والاسوار والحواجز والسلالم ووحدات الاضاءة والاثاث الحديدي.

2/3/1 تصنيف يعتمد على مقاسات ونسب تصنيع الأجزاء والمكونات والعناصر

يتم تصنيع الوحدات سابقة التجهيز في المصنع وتجميعها وتركيبها فى الموقع للحصول على منتج الحديد المعماري أو تصنيع الوحدات المعمارية وتجميعها بالكامل فى المصنع ثم نقل المنتج مثل الباب او النافذة او السلم وتركيبة في الموقع. وفي كلا المستويين يتم تصميم مجموعات متعددة من النماذج وتصنيفها إلى فئات، كما تجهز بحيث يتم وصل هذه العناصر الرئيسية بأخرى فرعية بغرض تكوين الشكل النهائي المطلوب، كما يتم انتاج وصلات بنفس التكنولوجيا والخامات لتحقيق مرونة الوصل والامتداد. تصميم هذه الوحدات أو الوصلات يعتمد على قابلية النظام وكذلك مرونته، بحيث تسمح بالامتداد على محور مستقيم، أو محور دائري أو حلزوني، أيضا وحدات متماثلة (يمين ويسار) لتجميع المطروقات، الهدف من تطوير وحدات الحديد المعماري سابقة التجهيز هو ضمان الإنتاج الاقتصادي الذي يمكن تحقيقه بواسطة قوالب الطرق الآلية.

الضوابط التصميمية المؤثرة في نظم سبق التجهيز لوحدات منتجات الحديد المعماري المصنع بقوالب الطرق الآلي تشمل الضوابط الوظيفية التي تؤثر على الأبعاد والعلاقات والنسب لوحدات المنتج. والضوابط التشكيلية المعنية بتشكيل المنتج وتعد الأساس لتطوير نظم سبق التجهيز. أيضاً الضوابط الإنشائية المرتبطة بطرق الإنشاء سواء تجميع دائم أو مؤقت، كما تساعد على المرونة الوظيفية ومرونة الفك والتركيب. وأخيراً الضوابط الهندسية المعنية بالتركيب البنيوي للخامات المصنعة ومواصفاتها وطرق إنتاجها.

تنظيم وترتيب وحدات الحديد المعماري سابقة التجهيز في منتجات الحديد المعماري يتم أما بالتشكيل الخطي المحوري بواسطة وحدات متكررة متماثلة أو غير متماثلة حول محور خطي. أو بالتشكيل المركزي حيث يتم التجميع حول وحدة زخرفية مركزية. أيضاً التشكيل الإشعاعي وهو خليط بين التنظيم المركزي والخطي. كذلك التشكيل الشبكي الذي يأخذ أشكال وتركيبات متنوعة. أخيراً التشكيل العشوائي الذي لا تخضع لقواعد هندسية محددة.

4/1 دراسة حالة لإحدى الشركات المنتجة لوحدات المنتجات المعمارية سابقة التجهيز

توجد العديد من المؤسسات الصناعية التى تنتج وتصدر وحدات المنتجات الحديدية سابقة التجهيز على مستوى العالم، ومنها شركة **Industria italiana arteferro (ind.i.a.)** ، وهى من الشركات الرائدة في العالم لإنتاج وتصدير وتركيب الوحدات الزخرفية الحديدية للمباني والعمارة، وتنتج الشركة اكثر من 30 الف وحدة صالحة وجاهزة للاستخدام في كافة منتجات الحديد المعماري والاثاث الحديدي، ومعظم منتجاتها الفنية منفذة بأساليب الطرق والثني والدرفلة والسباكة وخلافة من خلال خبرات طويلة في البحوث والتجارب في هذا المجال، وتمتلك الشركة فريق من المصممين والفنيين ذوى الخبرات المؤهلة جيدا، وتمتلك الشركة "16" فرع على مستوى العالم في أوروبا وامريكا واسيا وافريقيا وتعتمد الشركة على منهجية عمل في التصميم والانتاج والتركيب متمثلة في الآتي[12]:-

- التصميم الجيد للأجزاء والمكونات والعناصر الحديدية السابقة التجهيز التي توفر في الوقت وتتيح المرونة والسهولة فى تجميع المكونات مع التكامل مع باقي العناصر المعمارية، كما أنها تتميز بقوة التحمل والثبات في البيئات المختلفة التي تركب فيها.
- تخضع كافة المنتجات الحديدية السابقة التجهيز للشركة لاختبارات الجودة اللازمة قبل واثناء وبعد التصنيع، ومراجعة عمليات التعبئة والتغليف لضمان قوة تحملها اثناء النقل والتخزين ومناسبتها للوظائف والبيئات التى تستخدم فيها.
- تمتلك الشركة مخزون ضخم من مكونات المنتجات الحديدية سابقة التجهيز بالاضافة الى قدرات انتاجية عالية بحيث تلبى كل طلبات العملاء وتوصيلها فى التوقيتات المحددة وفى اى مكان فى العالم بسبب كثرة فروعها.
- الشركة توفر منتجاتها للعملاء باسعار تنافسية نظرا لامتلاكها مخزون كبير من المواد الخام الاولية والسابقة التصنيع.
- تقدم الشركة كتيبات ارشادية وكتالوجات وفيديوهات توضيحية لطرق التركيب لكل منتجاتها، بالإضافة لفريق عمل جاهز لاى استفسار من العملاء والمصنعين مع اجادتهم لخمس لغات مختلفة، والاقسام الفنية بالشركة قادرة على تطوير وتجميع منتجات خاصة تلبى احتياجات العملاء حتى لو بكميات صغيرة بالاضافة للدعم الفنى للعملاء فى اى وقت.
- جميع العناصر والمكونات الزخرفية السابقة التجهيز محددة المقاييس والمواصفات والخامات وارقام كودية لكل عنصر على حدة وشعار واسم الشركة مختوم عليها من اجل ضمان وتحقيق عوامل الجودة اللازمة.
- تستعين الشركة بالبرامج الهندسية المتقدمه فى التصميم ووضع المواصفات والتكويد والماكينات الرقمية فى الانتاج.
- الشركة حاصلة على شهادة توكيد الجودة "ISO 9000" بالإضافة الى شهادة جودة المعايير البيئية "ISO 14001".

والجدول رقم (1) يوضح بعض الوحدات ومواصفاتها الهندسية التي تنتجها الشركة وأسلوب التوظيف، مع ملاحظة انه لا يمكن استعراض باقي الاجزاء والمكونات والعناصر التي توفرها الشركة نظراً للمساحة الضيقة للبحث.

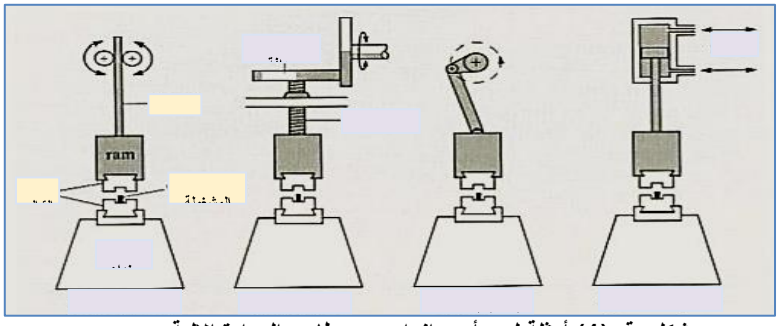
جدول رقم (1) يوضح بعض الوحدات الزخرفية الحديدية ومواصفاتها الهندسية التي تنتجها الشركة
Industria italiana arteferro (ind.i.a.) , www. Arteferro.com

المواصفات الهندسية لوحدة الحديد المعماري وأسلوب توظيفها	المواصفات الهندسية لوحدة الحديد المعماري وأسلوب توظيفها
Art. 582/1 12 x 6 mm H 350 mm L 175 mm	Art. 1770/16 14 x 14 mm H 1000 mm Art. 1770/14 14 x 14 mm H 1000 mm
Art. 73/2 8 x 8 mm H 230 mm L 110 mm	Art. 1389/2 53 x 200 mm 12 x 12 mm Art. 1389/4 30 x 150 mm 12 x 12 mm
Art. gD262/3 14 x 8 mm H 230 mm L 100 mm	Art. 1010/1 12 x 12 mm Ø 490 mm

2- الحدادة الالية بالطرق المتساقط

تجرى عملية الحدادة بالطرق المتساقط بواسطة طرق قضبان او كتل من الصلب او من معادن اخرى بعد تسخينها بين قوالب التشكيل، ويشكل المعدن بهذة الطريقة وهو فى حالتة العجينية فى قوالب التشكيل التى تصنع بكل دقة بمكنات التشغيل والتجليخ، فتخرج الاجزاء المطلوبة من القوالب فى الشكل والحجم والابعاد المطلوبة، "وتدمج ضربات المطرقة المتلاحقة التكوين الحبيبى فى القضبان او الكتل، كما تحسن خواص المعدن الفيزيائية ويظهر هذا التحسن فى المعادن المشغلة بالحدادة وخصوصا الصلب الطري الذى يتم تشغيله على عدة مراحل متوالية تبدأ بالعمليات الاولية وتنتهى بالوصول الى الشكل النهائى المطلوب فى اخر مرحلة"[1]. وتشمل المعادن التى يمكن تشكيلها بهذة الطريقة على البارد او الساخن "كل انواع السبائك العجينية من مركبات الحديد والصلب وكذلك سبائك الالمنيوم والنحاس الاصفر والاحمر مع "30 %" زنك او اقل وكذلك سبائك المغنسيوم، أيضاً سبائك النيكل والتيتانيوم والموليبدنيوم والتنجستين"[2]. ويمكن انتاج

كميات كبيرة من الاجزاء المتماثلة بجودة عالية على اى شكل يسمح باخراجة فى قوالب التشكيل، وليس من الضرورى التقيد بانتاج عدد كبير من هذة الاجزاء إذ يمكن انتاج عدد قليل منها اقتصادياً، ولا يمكن حصر انواع المنتجات المختلفة الحجم والشكل التى يمكن انتاجها بهذة الطريقة، ولا يمكن القطع بأن جزءا ما لا يمكن تشكيلة بالطرق المتساقط الا اذا درست جميع احتمالات ذلك بعناية ودقة، وتتكون المعدات اللازمة لاجراء عملية الحدادة اساساً من مطرقة متساقطة آلية تعمل بالطاقة الهيدروليكية او الميكانيكية ومن مجموعة من قوالب التشكيل المجهزة لانتاج معين، ويوضح الشكل رقم (1) امثلة لاربع انواع من مطارق الحدادة الالية التى يمكن استخدامها فى انتاج مكونات منتجات الحديد المعماري سابقة التجهيز.



شكل رقم (1) أمثلة لعدد أربع انواع من مطارق الحدادة الالية
www.forging.org/types-of-forging-processes

وتعتمد انتاجية عمليات الحدادة الالية بالطرق المتساقط وكذلك جودة المنتجات على استخدام ماكينات وأدوات تشكيل متخصصة، واجراء التحكم الاتوماتيكى والميكانيكى فى عمليات الطرق وتخصيص الاقسام لانتاج انواع محددة من المطروقات او المنتجات، واستخدام مكان العمل على الوجة الاكمل (تنظيم خطوط الانتاج)، واستخدام قطاعات مصنوعة خصيصاً وتحسين جودة التسخين عند اجراء التشكيل على الساخن او المعاملات الحرارية، واستخدام طرق التسخين السريعة غير المؤكسدة (التسخين الكهربائى بالطرق الحثية والتلامس والتسخين فى اوساط محايدة او خاملة).[3]

1/2 مميزات المنتجات المصنعة بواسط الحدادة الالية بالطرق المتساقط على قوالب

تتميز مكونات منتجات الحديد المعماري المصنع بواسطة الحدادة الآلية بالطرق المتساقط على قوالب بالآتي: -

- الحصول على أكبر مقاومة للإجهادات، لأن الجزء المصنوع بالحدادة بالطرق على قوالب التشكيل، يصبح أكثر قوة واحتمالا من الجزء المنفذ بالسباكة الذي له نفس المقطع، ولهذا يمكن تصميم الاجزاء المشغلة بهذة الطريقة بمساحات مقطع أقل كثيراً من الطرق الأخرى، مما يقلل من كمية المعدن وتكاليف الانتاج.[7]
- إنقاص وزن المشغولة المشطبة الى أدني حد، لأن الاجزاء المنفذة بحدادة الطرق المتساقط تكون أصغر حجما وأقل وزنا من أساليب التشغيل الأخرى، مما يحقق وفورات اقتصادية كبيرة.
- زيادة المقدرة على تحمل اجهادات مفاجئة، نظراً لانسياب معدن الجزء المصنوع داخل القالب بالطرق المتساقط، وهذا الانسياب يرتب حبيبات البنية الداخلية للمعدن ويزيد من كثافتها، مما يزيد من مقاومتها للاجهادات المفاجئة.
- تقليل كمية التشطيبات بالماكينات الى ادنى حد ممكن، فبمقارنة جزء مشغل بالحدادة بجزء اخر مماثل شُغِل بالسباكة نرى انه يمكن انقاص التفاوت المسموح به فى الابعاد او مقاسات الجزء المشغل بالحدادة عن مثيلة المشغل بالسباكة فى قوالب الرمل وبهذا تقل كمية المعدن التى يلزم ازالتها بالمكنات وتزداد دقة الابعاد الهندسية للمنتج.[19]

- زعانف منتجات الحدادة المتساقطة صغيرة اذا ما قورنت بزوائد السباكة ومصباتها، والزعانف هى كمية المعدن التى تخرج بعد تطابق جزئى قالب التشكيل بعد امتلاء فراغ القالب وتخرج فى شكل زوائد رفيعة.
- جودة المنتج وقلة العيوب الداخلية حيث تقدم الحدادة بالطرق منتجات ذات خصائص ميكانيكية وميتالوروجية جيدة واعتمادية أكثر من المصنعة بالسباكة والقطع، كما تقلل كثيرا من البخبخة والانخلاعات الداخلية.[21]
- الانتاجية العالية لعدد القطع التى ينتجها القالب الواحد قبل تآكله وتشوهه وضعف مواصفاته الهندسية.
- التباين الهائل لاشكال المنتجات الحديدية التى يمكن تشكيلها بالطرق بالاضافة لقلة الماكينات اللازمة للتشكيل لأن القطع المنتجة تكون جاهزة للاستعمال المباشر.
- جودة تشطيب الاسطح الناتجة من القوالب المغلقة لدرجة تمثل الانتاج بقوالب الشمع المفقود.
- مناسبة للكثير من الخامات المعدنية وسبائكها التى يمكن تشكيلها بالطرق مثل الصلب والالمنيوم والنحاس.
- على الرغم من ان قوالب الطرق مكلفة من حيث التصنيع اذا ما قورنت بقوالب السباكة مثلاً الا انها من الوجهة الاستثمارية تعد ارخص فى عمليات الانتاج المتكرر.[21]

2/2 قوالب الحدادة الالية

تصميم وتصنيع قوالب التشكيل بالحدادة الالية واختيار خاماتها مهم جدا فى انتاج الاجزاء المطلوبة بالحدادة، والقوالب يجب ان تصنع بالاساليب الحديثة ومن الخامات المناسبة بما يحقق العمر الافتراضى الاطول والتكلفة المناسبة، ويعتمد النجاح الاقتصادى فى عمليات الحدادة الالية على عمر القالب وتكلفتة وعدد القطع التى ينتجها حتى يتهالك، واختيار خامات القوالب يعتمد على ثلاثة متغيرات[21]:-

- متغيرات ترتبط بالعملية نفسها مثل حجم الفراغ الداخلى للقالب، نوع الماكينات المستخدمة، سرعة التشكيل والطرق، الطاقة والقوة المطلوبة لهذة العملية، الحجم المبدئى والحرارة للقطعة المشكلة، عدد القطع المراد انتاجها، والصيانة الدورية للقالب مثل التشحيم والتنظيف.
- متغيرات مرتبطة بنوعية التحميل على القالب مثل سرعة التحميل الديناميكي، التأثير التدريجى لمدة الاحتكاك بين القالب واسطح المشغولات المشكلة بالحدادة (مدة الاحتكاك مهمة بشكل خاص فى الحدادة على الساخن)، الحمل والضغط الاقصى على القالب، درجة الحرارة العظمى والصغرى التى يتعرض لها القالب، عدد مرات ودورات التحميل على القالب.
- الخصائص الميكانيكية لخامة القالب وتشمل الصلابة، معامل الشد وخاصة فى حالة الحدادة على الساخن، مقاومة الاجهاد الحراري والميكانيكي، ويتم استبدال القالب عند حدوث تغير فى ابعادة الداخلية او الخارجية الناتج من البلى او التشوة اللدن، او تآكل تشطيب الاسطح او التشقق والتكسير.

3/2 خامات قوالب الحدادة الالية

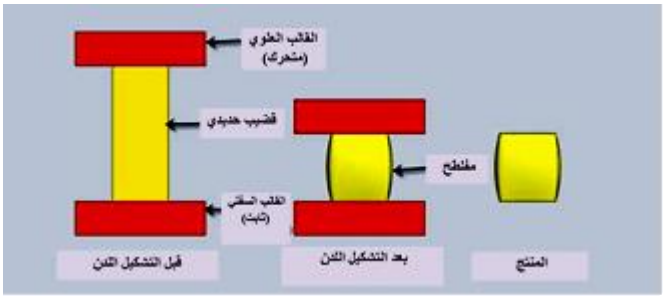
سبائك الصلب المستخدمة فى تصنيع قوالب التشكيل على الساخن فى درجات حرارة من "600" الى "1200" درجة مئوية، تحتوى على الكروم والتنجستين وفى بعض الحالات الفاناديوم او الموليبدنيوم أو كليهما، هذة العناصر تحقق خاصية الصلابة العميقة ومقاومة التآكل والتشوه، نسبة الموليبدنيوم العالية فى الصلب تعطى القالب مقاومة للتشوه، والفاناديوم يزيد مقاومة القالب للتآكل، التنجستين يحسن من المتانة والصلابة ومقاومة الحرارة العالية، ويمكن استخدام صلب السرعات العالية المستخدم فى قطع المعادن الذى يحتوى على الموليبدنيوم والتنجستين فى تصنيع قوالب الطرق لانها تتميز بالصلابة والقوة والمتانة في درجات الحرارة العالية.[21]

3- أنواع قوالب الحدادة الآلية

يوجد نوعين من قوالب الحدادة الآلية هما قوالب الحدادة المفتوحة أو الطرق الحر وقوالب الحدادة المغلقة او الطرق فى اسطمبات مغلقة، وكلا النوعين من القوالب يعملان تحت التأثير المتقطع (اى بالطرق عدة مرات) لاداة تشكيل جامعة تستعمل لمختلف الاغراض لاكساب الجسم الشكل والابعاد المطلوبة.

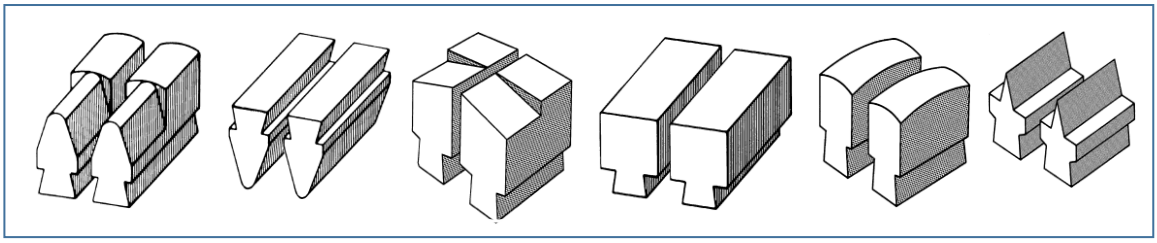
1/3 قوالب الحدادة المفتوحة

عند اعداد الوحدات الزخرفية من سبائك الحديد الصلب بالطرق الحر أو القوالب المفتوحة تشكل الكتلة الاعدادية تحت تأثير اداة التشكيل (القالب المكون من نصفين) الموجودين بالمطرقة او المكبس، وذلك بطرقات عديدة ومتقطعة حتى يكتسب الجسم المشكل الابعاد المطلوبة للوحدة الزخرفية، وذلك بازاحة حجم معين من الجسم الجارى تشكيلة على امتداد ارتفاع الجسم متحركا على سطح التلامس مع أداة التشكيل بلا اى عائق، ويوضح الشكل رقم (2) الية الطرق على قوالب الحدادة المفتوحة



شكل رقم (2)
الية الطرق على قوالب الحدادة المفتوحة
Classification of Forging Operations
www.home.sogang.ac.kr

"وتجرى عملية الطرق الحر باستخدام القوالب المفتوحة وأدوات مساعدة تستخدم في تثبيت المطروقة وتقليبها اثناء التشكيل"[3] ويوضح شكل رقم (3) نماذج لقوالب التشكيل المفتوحة.



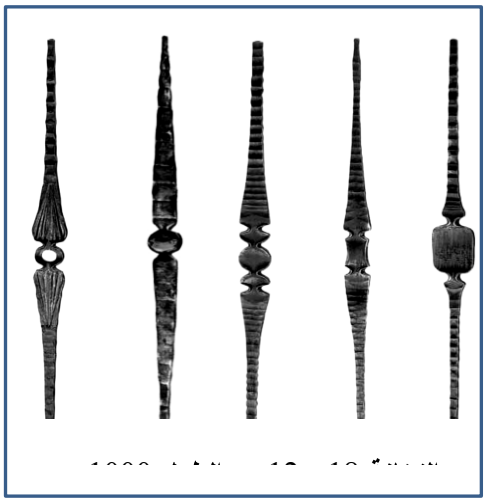
شكل رقم (3) نماذج لقوالب التشكيل المفتوحة

Nargesa , Power hammer, instruction book , prada nargesa , spain, www.nargesa.com

وهناك العديد من تقنيات التشكيل بالطرق بقوالب الحدادة المفتوحة تتم على المشغولات المعدنية منها:-

- الفلطحة: عند استخدام هذه العملية ينخفض ارتفاع الكتلة الاعدادية مع زيادة ابعادها العرضية، في نفس الوقت وتجرى عملية الفلطحة بين القوالب المسطحة او المقعرة وتجرى غالبا مع تسخين الكتلة الاعدادية للمرحلة العجينية.
- السحب بالطرق: وهي ازاحة جزء من الكتلة الإعدادية على امتداد محورها الطولي فيزداد طولها وتقل مساحة المقطع بفعل الطرقات مع تقليب الخامة على المحور الطولي.
- الابراز بالطرق: وهي ابراز جزء من حجم الكتلة الاعدادية بعمل اماكن عميقة على حدود او مسطح هذا الجزء، ويوضح الشكل رقم (4) نماذج لوحدات زخرفية من الحديد مشكله بالطرق الحر بقوالب الحدادة المفتوحة.

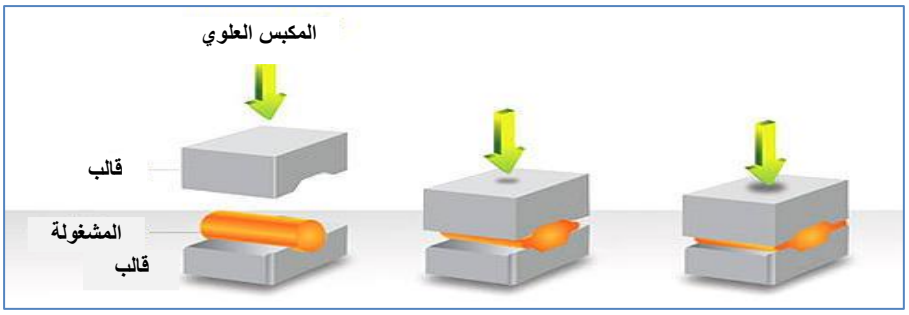
▪ التثقيب: يستعمل للثقب قوالب خاصة مثل السنبك والحلقة، ولتجنب حدوث زوائد يجرى الثقب أولا من ناحية بحيث لا يصل الى نهاية الخامة ثم تقلب المطروقة ويجرى ثقبها من الجهة الاخرى وذلك لتجنب ظهور رائش زائد.[1] وتبعا لشكل وأبعاد المشغولات الحديدية المنفذة بالطرق يمكن ان تجرى العمليات المذكورة في الظروف الصناعية المناسبة بحيث يجرى مزيج من هذه العمليات في نفس الوقت، الا انه عند اختيار العملية التكنولوجية للطرق يكون من الضروري في جميع الحالات حساب المقدار اللازم لنسبة الطرق ومقدار وترتيب التغذية والتقليب وشكل القالب المناسب ونظام درجات الحرارة المتبع وعدد مرات التسخين.



شكل رقم (4)
يوضح نماذج لوحدات زخرفية من الحديد مشكله بقوالب الحدادة المفتوحه
Industrial Italian arteferro (ind.i.a.)
Www. Arteferro.com

2/3 الحدادة بالقوالب المغلقة

تنفذ عملية الطرق فى قوالب الحدادة المغلقة التى تتكون من جزئين او اكثر، وتسمى التجويفات الموجودة بالقالب بالقنوات وعند قفل نصفى القالب تتشكل الكتلة الاعدادية الموجودة بالقناه وتملأ فراغات القالب متحولة بذلك الى مطروقة، وعند اجراء الطرق فى القوالب المغلقة تحد اسطح فراغ القالب بشكل قسرى من سريان المعدن، وبالرغم من ان القوالب المغلقة تتسم بارتفاع ثمنها المطلق ومن انها تستخدم فى اغراض ضيقة متخصصة، كما ان تشكيل المعدن فى هذة الحالة يتطلب قدرة اكبر بكثير بالمقارنة بالطرق الحر فى القوالب المفتوحة، الا ان الطرق فى القوالب المغلقة يتسم بعدة مميزات عند انتاج نفس النوع من المطروقات بكميات كبيرة، فبالاضافة الى الانتاجية العالية يكفل الطرق فى قوالب مغلقة الحصول على مطروقات ذات ابعاد عالية الدقة، الامر الذى يؤدى الى تقليل واضح فى كمية المعدن المستهلك لاعداد الأجزاء، وتقليل كمية وصعوبة العمل عند التشكيل التالى للمعدن بالقطع، وبالاضافة الى ذلك يساعد الطرق فى القوالب المغلقة على الحصول على جودة عالية لأسطح المطروقات.[7] وعند ذلك لا يصبح من الضرورى اجراء تشكيل تالى بالقطع لكل المطروقة، بل لا تشكل بالقطع الا تلك المنطقة التى تتلامس مع اجزاء أخرى، وبالاضافة الى ذلك يكفل الطرق فى قوالب مغلقة الحصول على منتجات معقدة الشكل لا يمكن الحصول عليها فى كثير من الحالات فى ظروف الطرق الحر بدون ترك معدن زائد، وتستخدم القطاعات المدرفلة الدائرية والمضلعة كمواد أولية للطرق على الساخن فى القوالب المغلقة بعد تقطيعها للاطوال المطلوبة.[3]، ويجرى الطرق بواسطة المطارق والمكابس الرأسية والافقية ودرافيل الطرق الدوارة. ويوضح الشكل رقم (3) مراحل التشكيل بالطرق فى القوالب المغلقة



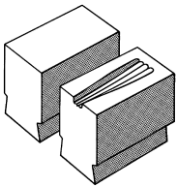
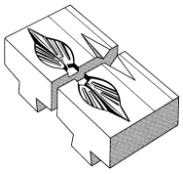
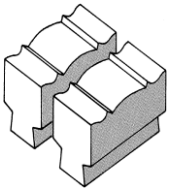
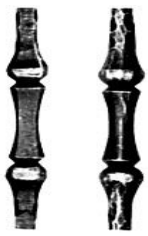
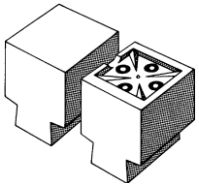
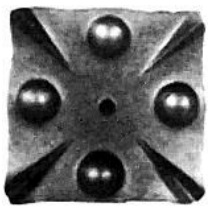
شكل رقم (5)
مراحل التشكيل بالطرق فى القوالب المغلقة http://www.dropforging.net

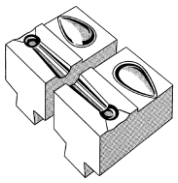
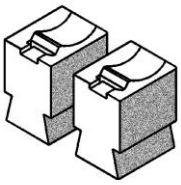
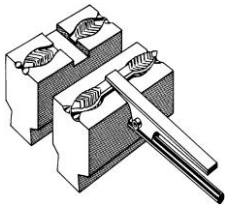
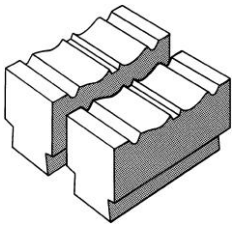
ويمكن استخدام القوالب المغلقة فى تشكيل العديد من مكونات المنتجات الحديدية سابقة التجهيز مثل الاعواد الرأسية والافقية المزخرفة بالطرق على الساخن، ونهايات الوحدات الحلزونية الزخرفية، النهايات الامامية "للهاندريل" فى السلالم، الحربات المثبتة أعلى الاسوار والبوابات والعديد من الاشكال الزخرفية الجاهزة التى تستخدم فى الحديد المعمارى والاثاث الحديدى. ويوضح الجدول رقم (2) نماذج من قوالب التشكيل المغلقة والاشكال الزخرفية التى تنتجها.

جدول رقم (2) نماذج من قوالب التشكيل المغلقة والاشكال الزخرفية التي تنتجها- المقاسات بالمليمتر

Nargesa, Power hammer, instruction book, prada nargesa, spain

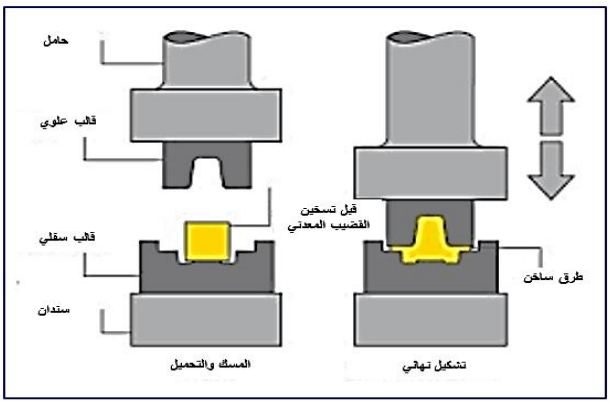
- Metallideen Glaser, Machinary catalog, wrought iron,Tupe processing machines, www.nargesa.com Germany, www.glaser.de

شكل القالب	الوحدة الزخرفية	شكل القالب	الوحدة الزخرفية
 W120 - L 180 - H 80	25 x 8	 W 120 - L 180 - H 100	12 - 14
 W 160 - L 200- H 80	 18 x 18	 W 80 - L 80 - H 80	 80 x 80

تابع جدول رقم (2) نماذج من قوالب التشكيل المغلقة والاشكال الزخرفية التي تنتجها– المقاسات بالمليمتر			
شكل القالب	الوحدة الزخرفية	شكل القالب	الوحدة الزخرفية
 W 120 - L 180 - H 70	Ø 12 - 14	 W 70 - L 120 - H 60	16 × 16
 W 135 - L 180 - H 69	12 x 6	 W 160 - L 200- H 80	Ø 30

ويتم تصميم قوالب الحدادة الآلية المغلقة بناءً على قواعد هندسية وتقنية تعتمد على[2]:-

- انسياب المعدن أثناء ملئ فراغات النصف العلوي من الاسطمبة يكون أكثر كفاءة من انسيابه لملىء فراغات النصف السفلى، وذلك نتيجة لبرودة المعدن الملامس باستمرار لنصف الاسطمبة السفلى، لذلك يفضل حفر الجزء الاعمق من الفجوة فى نصف الاسطمبة العلوي كما في شكل (6).

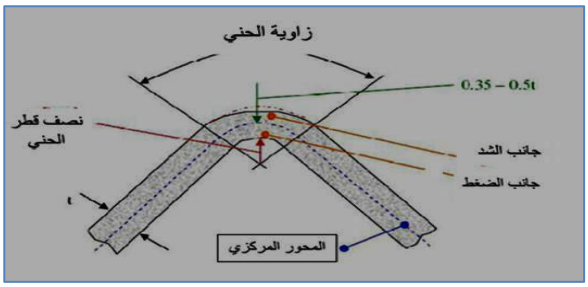


شكل رقم (٦)
انسياب المعدن أثناء التشكيل بقوالب الحدادة المغلقة
www.mechanicalengineeringblog.com

- وضع كتلة المعدن المسخنة على الجزء السفلى من الاسطمبة يحدد مدى نجاح عملية انتاج المطروق، فاذا لم توضع الكتلة فى مكانها الصحيح نتج عن ذلك عيوب فى شكل ومقاسات المشغولة، لذلك يجب أن يشمل الجزء السفلى من الاسطمبة على وسائل مناسبة لتحديد وضع الشغلة.
- يجب الاخذ في الاعتبار الطريقة التى ينساب بها المعدن داخل فجوه الاسطمبة لتحقيق التصميم الامثل لها.
- بالنسبة للمطروقات التي تتميز بوجود مقاطع فيها على مستويات مختلفة يفضل طرقها فى مستوى واحد، ثم تجرى عليها بعد اتمام عملية الطرق عمليات الثنى واللى المطلوبة.
- في حالة استخدام الاسطمبات متعددة الفجوات يجب ان تحفر فجوة التشطيب فى منتصف الاسطمبة.

4- قوالب التشكيل بالثني والحنى

يتسع استخدام الثني بواسطة القوالب عند اعداد كثير من الحليات الزخرفية للمنتجات الحديدية, وتبعا لشكل الجزء الجارى انتاجه يمكن ان تكون عملية الثنى احادية او ثنائية او عديدة الزوايا، وتسمى عمليات احداث الثنيات الحادة بعملية الثنى وعمليات احداث ثنيات بدوران بعمليات حنى، و يعرف الثنى او الحنى بأنه "الانفعال المنتظم لشريحة مسطحة من المعدن حول محور متعادل مستقيم يقع فى المستوى المتعادل وعمودياً على الاتجاه الطولى للشريحة، وتتسبب هذة العملية فى بعث اجهادات شد فى الالياف الخارجية واجهادات ضغط فى الالياف الداخلية"[8] ويوضح شكل رقم (7) رسم تخطيطي لعملية الثنى.



شكل رقم (7)
رسم تخطيطي لعملية الثني

وتتوقف الانفعالات الناشئة عن عملية الحني على نوع وسمك الخامة التي يتم تشكيلها وكذا زاوية ونصف قطر الحني، مع العلم بأن الضغط النسبي للطبقات الداخلية والشد للطبقات الخارجية يزيد كلما قل نصف قطر الحني، لهذا فان أدنى قيمة لنصف قطر الحني تختار على أساس شروط لا تسمح بانهيار الطبقات الخارجية المشدودة والتي ترتبط بمطيلية المعدن من خلال المعادلة الأتية[14]:-

$$R_{min} = t\left(\frac{50}{r} - 1\right) = t\left(\frac{50}{\frac{A_0 - A_f}{A_0}\cdot 100} - 1\right)$$

ويمكن اختصارها الى $R_{min} = (0.25 – 2.5)t$

حيث R هو نصف قطر الانحناء و t هو سمك المعدن و r هي المطيلية بدلالة التقلص في المساحة (%) عند الكسر لذلك فعند r = 50 % فان $R_{min} = 0$ أى ان المعدن يمكن ان ينطوى على نفسه دون ان ينكسر وبعد حدوث التشوة اللدن للمعدن ورفع القوة المسلطة فإن الطاقة المخزونة للتشوة المرن تتحرر مسببة زيادة فى زاوية المعدن المنحنى والتى تقدر بنسبة من "6: 12%" عند ثنى الصلب المتوسط الكربون بزاوية مقدارها "90" درجة أما عند ثنى الالومنيوم او الصلب القليل الكربون والنحاس الاصفر اللدن فان زاية الارتداد تساوى من "2: 6" درجات عند الثني بمقدار "90" درجة , لهذا فعند تصميم قوالب الثنى يجب دائم الاخذ فى الاعتبار تصحيح زاوية الثنى بمقدار يعادل زاوية الارتداد المرن ويمكن تعيين القوه المؤثرة على "أداة التشكيل فى حالة الثنى احادى الزاوية بدقة كافية للحسابات العملية بواسطة المعادلة $P = 0.7\frac{Bh^2\sigma_b}{r+h}$ حيث B عرض الكتلة الإعدادية الجاري ثنيها بالملليمتر - σ_b حد متانة مادة الكتلة الإعدادية - r نصف قطر الثني بالملليمتر - h سمك الكتلة الإعدادية بالملليمتر".[3]

1/4 قواعد الانفراد في قوالب الثني[10]:-

الثنى باركان حادة: الانفراد = مجموع الابعاد الخارجية – (2× عدد الثنيات × تخانة المعدن)

1- الثنى بأركان منحنية : الانفراد = مجموع الابعاد الخارجية – عدد الثنيات ($\frac{\text{نق الانحناء}}{2}$ + التخانة)

2- الثنى بزاوية منفرجة : الانفراد = أ + ب + $\left(\frac{\text{ط} \times \text{Ø}}{180}\right.$ (نق + $\frac{\text{س}}{2}$ × ق) $\left.\right)$

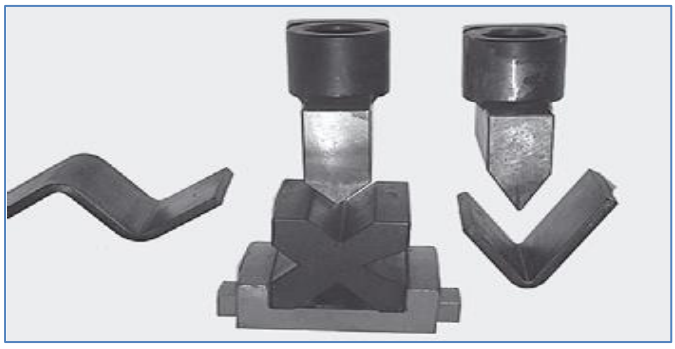
حيث أ, ب الضلعان المستقيمان Ø = 180 – زاوية الثنى نق = نصف قطر الانحناء الداخلي س = تخانة المعدن ق = معامل حسابي يحدد من قسمة $\frac{\text{نق}}{\text{س}}$

2/4 ماكينات وقوالب الثني والحني

يوجد العديد من انواع ماكينات وقوالب الثنى والحنى التى تصنع من سبائك الصلب ذات الصلادة العالية، كما يمكن تشكيل اكثر من حنية على الثناية الواحدة وفى وقت واحد، وذلك بتركيب أكثر من قالب وخاصة بعد تطوير ماكينات الحني وإدخال اجهزة التحكم الرقمي عليها، وذلك لزيادة الانتاج وتوفير الوقت والجهد ولكل حناية أدلة تستخدم لضبط مقاسات حنيات الاجزاء حسب تصميمها ويتم ثنى المعدن بضغطه بين قالبى التشكيل بالقوة النابعة من ماكينات الكبس الهيدروليكية او الميكانيكية وتنقسم الحليات المنفذة بقوالب الثنى والحنى الى حليات خطية وحليات حلزونية . وتظهر الامكانيات الاساسية لبعض قوالب الحنى النمطية المستخدمة فى تشكيل الحليات الزخرفية فيما يلى[8]:-

1/2/4 قوالب تشكيل زوايا الثني

وهو الاكثر شيوعا فى عمليات الحنى على شكل زاوية قائمة او حادة، وقالب الحني يكون السفلي على هيئة حرف (V) ويلاحظ الا يقل نصف قطر الحني عن سمك المعدن وان يكون اتساع فتحة القالب لا تقل عن قدر سمك المعدن ثماني مرات، وعند تشكيل الزوايا الحادة يتم دوران القالب السفلي للزاوية المطلوبة وبإمكانه ايضا تشكيل اى زاوية منفرجة عن طريق ضبط مشوار المكبس الذى يحدد مدى سقوط القالب العلوي على القطاع المراد تشكيلة، وشكل رقم (8) يوضح طريقة عمل شقي الإسطمبة.



شكل رقم (8)
تشكيل وحدات الحديد المعماري بقوالب الثني

Joachim Krieger – Wrought iron machine systems Germany www. wrought-iron-systems.com

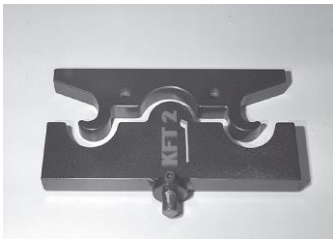
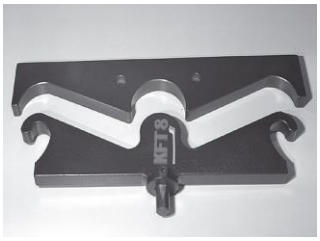
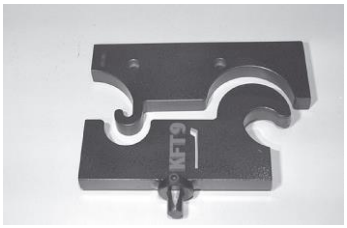
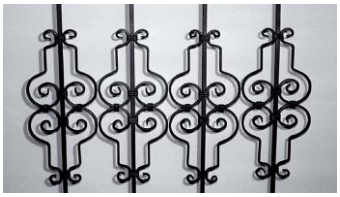
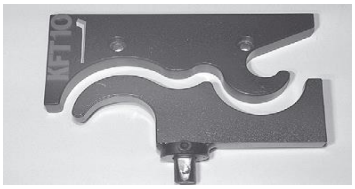
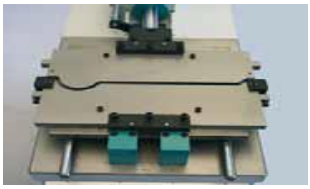
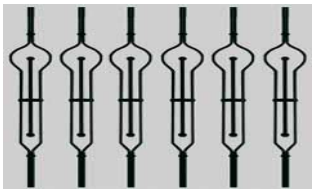
2/2/4 قوالب تشكيل الوحدات المنحنية

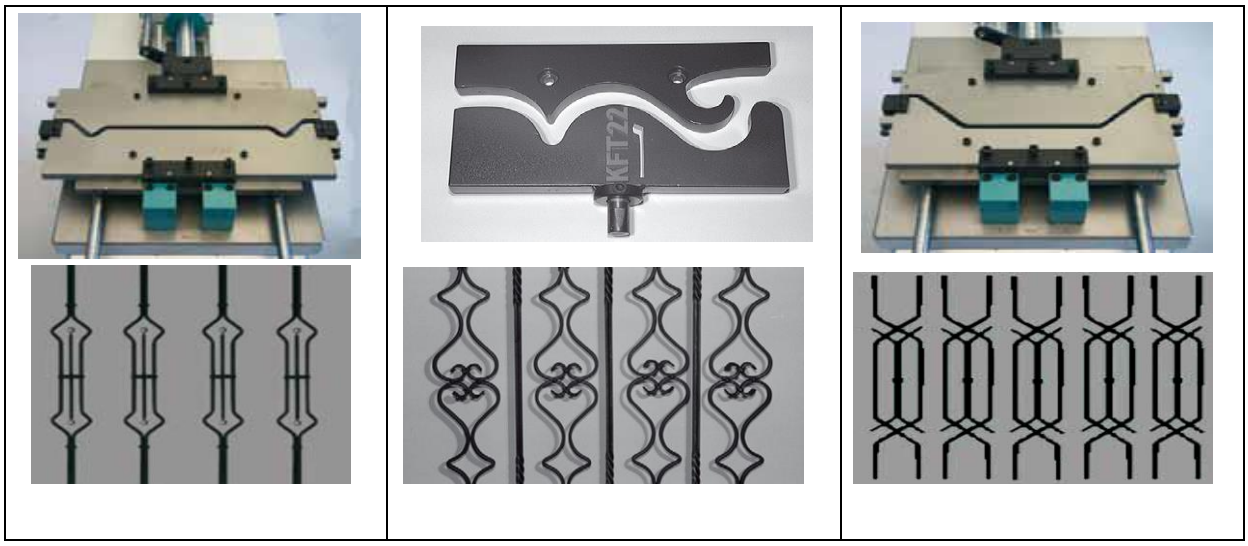
تستخدم لعمل حنيتين او اكثر فى اتجاهات متعاكسة فى مرحلة من شوط القالب، وتحتاج الى قوة ضغط اكبر مما تحتاجة الحنية الواحدة، وتعمل هذة القوالب بواسطة المكابس الهيدروليكية فى الوضع الافقى وتستخدم فى حنى وتشكيل القطاعات المربعة والمسطحة وتختلف مقاساتها على حسب امكانيات الماكينة، وقالبى الانحناء يتحركان على دليلين من قضبان

الصلب مع التشحيم لتجنب الضغوط الجانبية على القالب وتحقيق جودة الثنى، ويمكن التحكم فى طول مشوار القالب وكذلك تغيير القوالب على الماكينة على حسب الشكل المطلوب ويوضح شكل رقم (9) ماكينة الحنى المستخدمة فى التشكيل كما يوضح الجدول رقم (3) نماذج من قوالب الحني والوحدات الزخرفية التي يمكن تشكيلها بواسطتها.

شكل رقم (9)
ماكينة وقالب تشكيل وحدات الحديد المعماري بالحني الآلي
Joachim Krieger – Wrought iron machine systems Germany
www. wrought-iron-systems.com

جدول رقم (3) نماذج من قوالب الحني المستخدمة في التشكيل والوحدات الزخرفية الناتجه منها
Hebo hydroulik units – profile bending and straightening – Germany – www.boehl-gruppe.de

شكل القالب والوحدة الزخرفية	شكل القالب والوحدة الزخرفية	شكل القالب والوحدة الزخرفية
		 
تابع جدول رقم (3) نماذج من قوالب الحني المستخدمة في التشكيل والوحدات الزخرفية الناتجه منها		
شكل القالب والوحدة الزخرفية	**شكل القالب والوحدة الزخرفية**	**شكل القالب والوحدة الزخرفية**
		 



3/2/4 قوالب تشكيل الوحدات الحلزونية

تستخدم الوحدات الحلزونية بكثرة فى تصميم المنتجات الحديدية كالأبواب والاسوار والنوافذ. وهي ذات تنوع كبير فى الشكل وتطور فى فنيات التصميم والتشكيل. وتعتمد جماليات الوحدات الحلزونية على النسب وخبرات التصنيع.[16]

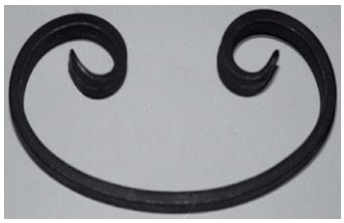
والحلزون هو منحنى ترسمه نقطة تبدأ من المركز وتتحرك حوله فى نفس الوقت الذي تبتعد عنه، وهاتان الخاصيتان هما اللتان تميزان الحلزون. ويمكن تخيل الحلزون اساسا وكأنه شكل مرسوم عن طريق دوران نصف القطر الموجه حول المركز الثابت بسرعة ثابتة، بينما تتحرك النقطة عليه الى الخارج، وفى هذة الحاله تتكون حركة النقطه من حركة على خط مستقيم، هو نصف القطر الموجه وحركة دورانية لنفس نصف القطر الموجه، ومسار هذة النقطة فى مستوى ثابت هو الحلزون، وبالرغم من ان الحلزون يتكون بنفس الطريقة مهما كان شكله، الا ان السرعة التى تتحرك بها النقطة على طول نصف القطر الذى يدور بسرعة ثابته قد تتغير، مما يؤدى الى انتاج حلزونات بأشكال مختلفه.[4] ويتم تشكيل الوحدات الحلزونية على قوالب الحنى المتخصصة التى تصنع من سبائك الصلب عالية الصلادة. وغالبا توجد هذة القوالب على نمطين، قوالب ذات نمط ثابت اى مكون من قطعة واحدة ويأخذ شكل الحلزون المطلوب تشكيله، والنوع الثانى قوالب مرنة الحركة تتكون من اجزاء تتصل مع بعضها بوصلات مفصلية بحيث يتم تشكيل الحلزون على عدة مراحل إذا كان الدوران كبير بما يضمن دقة وجودة دوران الحلية الحلزونية. ويوضح شكل رقم (10) ماكينة تشكيل الوحدات الحلزونية كما يوضح الجدول رقم (4) نماذج من قوالب الحنى والوحدات الحلزونية التى يمكن تشكيلها بواسطتها

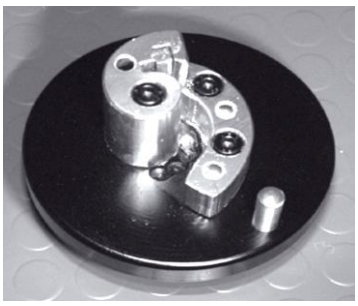
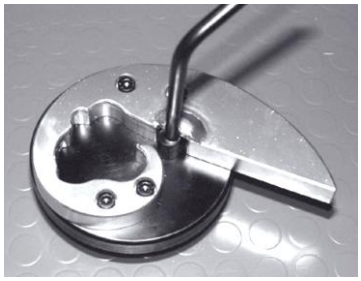
شكل رقم (10) ماكينة وقوالب الحني الآلي المستخدمة في تشكيل الوحدات الحلزونية
ellsenwroughtironmachinery.com/wrought-iron-scroll-ben

جدول رقم (4) نماذج من قوالب التشكيل الآلي للوحدات الحلزونية والوحدات الزخرفية الناتجة منها

Joachim Krieger – Wrought iron machine systems – Germany

www. wrought-iron-systems.com

شكل القالب والوحدة الحلزونية	شكل القالب والوحدة الحلزونية	شكل القالب والوحدة الحلزونية
		

تابع جدول رقم (4) نماذج من قوالب التشكيل الآلي للوحدات الحلزونية والوحدات الزخرفية الناتجة منها		
شكل القالب والوحدة الحلزونية	شكل القالب والوحدة الحلزونية	شكل القالب والوحدة الحلزونية
		

3/4 مميزات تشكيل الوحدات الزخرفية بقوالب الثني والحني

1- تشكيل الوحدات الزخرفية الحديدية يحتاج الى فنيين ذوى مهارات عالية ومجهود ووقت طويل، وفى المقابل تكلفة انتاج عالية ومعايير غير ثابتة للجودة. بينما عند استخدام القوالب يمكن تشكيل الحليات بسرعة عالية ولا تتطلب مهارات خاصة من جانب المشغل بالاضافة الى ثبات المعايير القياسية.[24]

2- ضمان التماثل والتنميط لكل الوحدات الزخرفية المنتجة مما يسهل تجميعها فى التكوين الكلى بالمنتجات الحديدية.

3- عند ثنى الحليات على قوالب وماكينات التشكيل الالية يمكن التحكم اتوماتيكيا فى الوقت والموضع بما يضمن تناسق الاداء وبالتالى تقليل ساعات العمل وكثافة اليد العاملة.

4- عدم تشوه حواف واسطح الوحدات الحلزونية مثل ما يحدث فى حالة الانتاج اليدوى مما يزيد من جودة المنتجات الحديدية.

5- يمكن بسهولة تبديل أكثر من مقاس للقالب على الماكينة الواحدة مما يقلل من الوقت والمجهود.

6- قوالب التشكيل تكون غالبا مصممه بحيث تستوعب عدة تخانات للقطاعات المشكلة سواء كانت مربعة او مسطحة بالاضافة لنعومة حوافها مما يحافظ على الوحدات المنتجة. [24]

7- تتميز الماكينات والقوالب الالية بالانتاجية العالية فيمكن لماكينة تشكيل الوحدات الحلزونيه او المنحنية انتاج المئات من الوحدات فى زمن قياسى.

8- هناك العديد من ماكينات التشكيل الالية متعددة الوظائف بحيث تؤدى أكثر من عملية تشكيل مثل الثنى والحنى واللى والدرفلة وأحيانا كبس القطاعات المصمطة وذلك عن طريق تغيير قوالب التشكيل على حسب المهمة المطلوبة.

9- التقليل من الضوضاء الشديدة التي تحدث في حالة تشكيل القطاعات الحديدية بالطرق اليدويه بالطرق والسحب والثنى مما يحافظ على صحة وسلامة العاملين.

10- ماكينات وقوالب التشكيل ثابتة الاداء باختلاف الوقت والمكان عكس العمل اليدوى الحساس والعديد منها مزود ببرامج تحكم رقمى مما يحقق السيطرة والدقة لعمليات التشكيل.

11- فى العديد من ماكينات التشكيل يتم التحكم فى الحركة بدواسة القدم مما يفرغ ايدى العامل لضبط عمليات التشكيل على الماكينة.

النتائـــــج

1- أساليب النظم السابقة التجهيز مثل الوحدات المديولية الطولية والمسطحة والحجمية، والتنميط وتكويد المنتجات والمعايير القياسية وجدولة العناصر، تحقق سهولة عمليات النقل والتخزين والتبادل وتسويق اجزاء ومكونات المنتجات الحديديه سابقة التجهيز.

2- التنميط فى تصميم وانتاج مكونات المنتجات الحديدية السابقة التجهيز يسهل من عمليات الاحلال والابدال ويقلل من الوقت والمجهود اللازم لعمليات الانتاج ويحافظ على جودة المنتجات المتشابهة.

3- نظم سبق التجهيز فى التصميم والانتاج لمكونات المنتجات الحديدية يحسن من الكفاية الاقتصادية وتوافر المكونات باسعار مناسبة وباحجام واشكال متعددة تلبى متطلبات المستهلك.

4- توافر العديد من المؤسسات الصناعية العالمية المنتجة لمكونات المنتجات الحديدية السابقة التجهيز يؤكد ويدعم امكانية اتباع هذة النظم الصناعية فى مصر لتحسين وتطوير منتجات الحديد المعمارى وهو ما اتضح فى دراسة الحالة لاحد الشركات العالمية.

5- تتميز مكونات المنتجات الحديدية المشكلة بالطرق الالى فى القوالب بالصلابة العالية وقوة التحمل وتماسك وتجانس البناء الداخلى وجودة التشطيب وقلة المواد الخام المستهلكة مما ينعكس على جودة المنتج والتركيب.

6- فى حالة تشكيل الوحدات الزخرفية بالطرق الآلي فان ماكينات وقوالب الطرق توفر الكثير من المجهود العضلى والذهنى المبذول فى حالة الانتاج اليدوى بالاضافة لتحقيق الدقة وقلة التجاوزات الهندسية للمنتجات.

7- يمكن تشكل العديد من الخامات المعدنية على قوالب الطرق المتساقط ولا تقتصر على الحديد الصلب مما يعطى فرصة أكبر لثراء وتنوع مكونات منتجات الحديد المعماري سابقة التجهيز.

8- قوالب الحدادة المغلقة تحتاج عناية خاصة فى انتاجها وقوة أكبر لاستخدامها على الماكينات الالية ومنتجاتها تتميز بالدقة العالية وغالبا تكون جاهزة للاستخدام المباشر ولا تحتاج عمليات انهاء كثيرة على الماكينات.

9- توفر قوالب الثنى والحنى الوقت والمجهود فى تشكيل الوحدات الزخرفية الخطية وتحافظ على نظافة وسلامة أسطح وحواف المشغولات وتحقق جودة عالية فى الإنتاج، الامر الذى تفتقدة الاساليب اليدوية عند تشكيل هذة الوحدات المماثلة.

10- على الرغم من مميزات الانتاج الالى المنظم على القوالب المعدنية، الا ان الكثير من الاساليب اليدويه لايمكن باى حال الاستغناء عنها فى عمليات الإنتاج، بل انها كانت ومازالت تحقق الكثير من القيم الجمالية والروحية والفنية بالاضافة الى الحرية والانطلاق وطلاقة الابداع والتعبير فى تشكيل مكونات منتجات الحديد المعمارى.

التوصيـــــات

1- ضرورة تفعيل أساليب النظم السابقة التجهيز فى تصميم وتشكيل مكونات منتجات الحديد المعمارى فى المؤسسات الصناعية المتخصصة فى مصر لمنافعة الكثيرة فى تحسين وتطوير جودة الانتاج والنهوض بهذة الصناعة.

2- ضرورة الاستعانة بالاساليب الانتاجية الحديثة فى تصنيع القوالب والاسطمبات المستخدمة فى تشكيل المنتجات الحديدية سابقة التجهيز لتحقيق معايير اقتصاديات الانتاج والجودة النهائية للقوالب والعناصر المنتجة من خلالها.

3- يجب مراعاة معايير جودة الانتاج عند تشكيل مكونات منتجات الحديد المعمارى سابقة التجهيز بداية من جودة الخامات مرورا بعمليات التصنيع وانتهاءا بالتشطيب حتى تكون قادرة على المنافسة والتسويق الجيد.

4- ضرورة مراعاة التوافق الجمالى بين أجزاء ومكونات المنتجات الحديدية السابقة التجهيز والنمط العام للشكل المعمارى عند تجميع عناصر الحديد المعمارى فى المبنى سواء داخليا او خارجيا.

المراجـــــع

1- أعضاء هيئة التدريس . مقدمة في التشكيل العجائني للمعادن . قسم الهندسة الميكانيكية . كلية الهندسة. جامعة طنطا . مطبعة جامعة طنطا . 2000.

2- أعضاء هيئة التدريس . مقدمة في هندسة الانتاج . كلية الهندسة . جامعة الاسكندرية . القاهرة . دار المعارف 2000.

3- أ. سوفوروف . تشكيل المعادن بالضغط . ترجمة دار مير للطباعة والنشر . عالم الكتب . القاهرة. 1995.

4- أوتو شميدت . الرسم الهندسي (الأسس التكنولوجية) . ترجمة رضا محمود سليمان . القاهرة . مطابع الاهرام التجارية 2005.

5- احمد حامد مصطفى . الجوانب البنائية المؤثرة فى تصميم الوصلات المسبوكة المستخدمة فى الاثاثات المعدنية . رسالة ماجستير. جامعة حلوان . القاهرة . 2001 . غير منشورة .

6- برهام شفيق صقر . معايير تصميم الوحدات المديولية والاستفادة بها في مجال الهياكل المعدنية الخفيفة سابقة التجهيز . رسالة دكتوراه . جامعة حلوان . القاهرة . 2000 . غير منشورة .

7- س.أ. روزينوف . حدادة وتشكيل المعادن . ترجمة فاروق عثمان . القاهرة . دار النهضة العربية للطبع والنشر.

8- فكرى سعد الدين . الموجز في هندسة الانتاج . القاهرة . الناشر المؤلف. 2016 .

9- محمد عبدالله محمد رضوان . النظم سابقة التجهيز كأحد الأساسيات التصميمية لعمليات التأثيث والإنشاء المعدني . مجلة علوم وفنون، دراسات وبحوث . جامعة حلوان . العدد الثاني، المجلد الحادي عشر. 1999

10- محمود على المليجى . تكنولوجيا تشغيل الالواح (الانفرادات) . القاهرة . دار الفكر العربى . 2004.

11- ميسون محيي هلال العقيلي . دور التنسيق النمطي للبناء المصنع في سرعة انجاز الوحدات السكنية . مجلة الهندسة والتنمية . العدد الثاني . المجلد الثالث عشر. حزيران .2009 ISSN 1813-782

12- Arteferro compendium, Industria italiana arteferro (ind.i.a.),pdf, www.Arteferro.com

13- Classification of Forging Operations , pdf www.home.sogang.ac.kr/sites/nsmlab/Couse

14- Groover.mikell, Fundamentals of Modern Manufacturing, John wily & sons, New York 2000.

15- Hebo hydroulik units, profile bending and straightening, pdf, Germany , p7, www.boehl-gruppe.de

16- Joachim Krieger, Wrought iron machine systems, Germany, p.62 www.wrought-iron-systems.com

17- Metallideen Glaser, Machinary catalog.wrought iron.Tupe processing machines, pdf Germany, 201, www.glaser.de

18- Nargesa, Power hammer MP50 Mp6 . instruction book, prada nargesa, spain, www.nargesa.com

19- Ragender singh, Introduction to basic manufacturing processes and workshop technology, New age international publisher, india, 2006 .

20- Rural development commissions, Wrought iron work Amanual of instruction for craftsmen part1, Salisbury,1997.

21- Taylan alton,G, cold and hot forging fondamentals and applications, ASM international ohio,usa ,2005.

22- S.Gopalakrishnan, prefabricated structures, A Course, department of engineering, sasurie of engineering, 2017, India.

23- www.dropforging.net/adventages.and.disadventages.of.closed-die- forging.html

24- www.ellsenwroughtironmachinery.com/wrought-iron-scrol-bender

25- www.en.wikipedia.org/wiki/Module

26- www.mechanicalengineeringblog.com