استنتاج الاعتبارات العامة في تصميم الحديد المشغول للمساحات الخارجية للأماكن العامة

Conclusion of General Considerations in the Design of Wrought Iron for the Exterior Spaces of Public Places

أ.م.د وليد عبدالفتاح عبدالسلام
استاذ مساعد بقسم تصميم الأثاث والإنشاءات المعدنية -كلية الفنون التطبيقية – جامعة حلوان
Dr. Walid Abdel-Fattah Abdel-Salam
Assistant Professor, Department Of furniture Design and Metal Constructions – Faculty of Applied Arts, Helwan University
waleed.eissa@yahoo.com
م.د شيرين السيد حمدالله
مدرس بقسم الفنون الصناعيه شعبه الصناعات المعدنيه - كليه التربيه جامعه حلوان
Dr. Sherine El-Sayed Hamdallah
Lecturer, Department of Industrial Arts, Metal Industries Division- Faculty of Education, Helwan University
drshereenhamdy293@gmail.com

الملخص

يعد تصميم منتجات الحديد المشغول للمساحات الخارجية عملية معقدة تتطلب دراسة متأنية لعوامل مختلفة. حيث أن فهم الخصائص الهيكلية للمادة، مثل قوة الشد والليونة، في عملية التصميم بساهم في تقديم تصميم قادر على مجابهة العوامل والظروف الوظيفية والإنشائية التي قد يتعرض لها. مما يؤكد على أهمية تأثير التقنيات الحديثة على إنشائية وجماليات منتجات الحديد المشغول خاصة الموجهة للمساحات الخارجية والماكن العامة، وبالتالي تنبع أهمية تسليط الضوء على إمكانات التصميم والإنتاج الجديدة في رفع كفاءة منتجات الحديد المشغول. بالإضافة إلى ذلك فإن استخدام الحديد المشغول في الأماكن العامة يتطلب الإلمام باكبر قدر من الاعتبارات في عملية التصميم التي يجب أن توضع في الآعتبار والتي يجب ان تتوافق مع الانواع المختلفة للأثاث المصنوع من الحديد المشغول. وتنبثق مشكلة البحث من الحاجة إلى اتباع نهج شامل لتصميم منتجات الحديد المشغول وفق اعتبارات واضحة ومحددو، مع الأخذ في الاعتبار كل من خصائصها الهيكلية وإمكاناتها الجمالية. كما يهدف البحث لاستنتاج الاعتبارات العامة في تصميم الحديد المشغول للمساحات الخارجية للاماكن العامة. ويتبع البحث المنهج الوصفي. وتوصل البحث إلى أن مراعاة الاعتبارات الوظيفية والانشائية والاقتصادية والجمالية والارجونومية والامن والسلامة يساهم في تقديم تصميم مدروس ومتكامل ويلبي الاحتياجات الوظيفية والنفسية.

الكلمات المفتاحية

الحديد المشغول – الاماكن العامة – اعتبارت التصميم

Abstract

Designing wrought iron products for outdoor spaces is a complex process that requires careful consideration of various factors. Understanding the structural properties of the material, such as tensile strength and ductility, in the design process contributes to providing a design capable of confronting the functional and structural factors and conditions to which it may be exposed. This emphasizes the importance of the impact of modern technologies on the construction and

aesthetics of wrought iron products, especially those intended for outdoor spaces and public places, and thus stems the importance of highlighting the new design and production capabilities in raising the efficiency of wrought iron products. In addition, the use of wrought iron in public places requires that the greatest possible considerations be taken into account in the design process, which must be compatible with the different types of cast iron furniture. The research problem arises from the need for a comprehensive approach to the design of wrought iron products according to clear and specific considerations, taking into account both their structural properties and their aesthetic potential. The research also aims to deduce general considerations in the design of wrought iron for the outdoor spaces of public places. The research follows the descriptive method. The research concluded that taking into account functional, structural, economic, aesthetic, ergonomic, security and safety considerations contributes to providing a thoughtful and integrated design that meets functional and psychological needs.

Keywords
wrought iron - public places - design considerations

المقدمة
أن تصميم منتجات الحديد المشغول للمساحات الخارجية عملية معقدة تتطلب دراسة الكثير من الخصائص الهامة ومعرفة تأثير التقنيات الحديثة على بنية وجمالية هذه المنتجات، خاصة في الأماكن العامة. حيث أن اتباع نهج شامل يتضمن اعتبارات وظيفية، إنشائية، اقتصادية، وجمالية، يمكن أن يسهم في تحقيق تصميم متكامل يلبي الاحتياجات النفسية والوظيفية.
حيث أن الحديد المشغول استمر في التطور ولعب دورًا رئيسيًا في نمو وتطور الحضارة الإنسانية بأشكالها المختلفة. كان الحديد المشغول هو الشكل السائد خلال آلاف السنين التي استخدم فيها البشر الحديد، حيث يمكن تصنيعه ساخنًا أو باردًا لإنتاج الأسلحة والدروع والسكاكين والعديد من العناصر للحياة اليومية. زاد الطلب على الحديد المشغول بشكل كبير مع ظهور الثورة الصناعية. زاد إنتاج الحديد بسرعة في النصف الأول من القرن التاسع عشر، بدءًا من حوالي ٥٠ ألف طن في البداية إلى أكثر من ٥٠٠ ألف طن بحلول عام ١٨٥٠ مع الطلب الأساسي من السكك الحديدية. أدى الطلب على الحديد إلى حدوث طفرة في صناعة الحديد.(Charles Simcoe:2014)
تنبع أهمية دراسة إمكانات التصميم والإنتاج الجديدة في رفع كفاءة منتجات الحديد المشغول. كما إن استخدام الحديد المشغول في الأماكن العامة يتطلب الإلمام باكبر قدر من الاعتبارات في عملية التصميم التي يجب أن توضع في الآعتبار والتي يجب ان تتوافق مع الانواع المختلفة للأثاث المصنوع من الحديد المشغول.

مشكلة البحث
من الحاجة إلى اتباع نهج شامل لتصميم منتجات الحديد المشغول وفق اعتبارات واضحة ومحددو، مع الأخذ في الاعتبار كل من خصائصها الهيكلية وإمكاناتها الجمالية.

هدف البحث

لاستنتاج الاعتبارات العامة في تصميم الحديد المشغول للمساحات الخارجية للاماكن العامة.

فرض البحث

أن مراعاة الاعتبارات الوظيفية والانشائية والاقتصادية والجمالية والارجونومية والامن والسلامة سوف يساهم في تقديم تصميم مدروس ومتكامل ويلبي الاحتياجات الوظيفية والنفسية.

منهج البحث

يتبع البحث المنهج الوصفي.

المحور الأول: مدخل تاريخي لنشأة وتطور الحديد المشغول

يمكن استعراض نشأة وتطور الحديد المشغول كما يلي:

١-١ الحقبة الأولى: حوالي القرن ٥ قبل الميلاد

نشأ في هذه الفترة استخدام أدوات الحديد والسندان عالميا. حيث تم تطبيق أفكار التوصيل لهياكل الحديد المشغول ، والتثبيت ، والربط ، واللحام بالحدادة منذ العصور القديمة أيضا في نفس الفترات, ومما لا شك فيه أن في هذه الحقبة الأولى ، كان للمنفعة والتطوير الوظيفي دور أساسي. وتعد القطع الفنية الحديدية الأكثر شهرة هي الأدوات ، والاعمال الجدارية ، والمراسي ، وروابط الجدران ، وأجزاء من أنواع مختلفة من الآلات مثل الرافعات البدائية أو البكرات. تم استخدام الحديد فقط في الحالات التي تتطلب قوة في المواد ، وخاصة قوة الشد .(Gordon, R., & Knopf, R:2005)

١-٢ الفترة الانتقالية (القرن ١١-١٣)

تعد هذه الفترة هي الفترة الانتقالية خاصة فيما يتعلق بمستوى المعرفة التقنية المتجذرة في العصور القديمة. حيث كانت الأدوات متطابقة مع تلك الموجودة في العصور القديمة ، وكان التقليد التقني لحرفة الحدادة مستمراً دون انقطاع منذ العصر الروماني. امتلك صانع الحديد في تلك الفترة المعرفة بالعمليات التكنولوجية الأساسية وعمل بأدوات الحديد (الحديد المشغول) على سندان من الحديد (وليس الصلب). من المفترض أن القرن المستدير على جانب واحد من السندان ، والذي مكن من تشكيل أسهل للتفاصيل المنحنية للقطع الفنية ، بقدر ما تم إعداد جميع العناصر يدويا ، أصبحت المنتجات فريدة من نوعها وعلامات الأدوات واضحة على القطع نتيجة لتشغيلها، وهي آثار الطرق على أسطح القطع الفنية ، والتي اصبحت هي الخصائص البصرية المميزة للفترة الانتقالية. وحتى نهاية العصر الروماني ، كانت وظيفة الحديد المشغول هي المهيمنة على الجانب الجمالي. تم تحديد مظهر الأشياء والعناصر المعمارية من خلال متطلبات المنفعة. جميع الزخارف ، التي ظهرت على القطع الفنية في تلك الفترة ، كانت ثانوية ولعبت دورا ثانويا في المظهر. (István Vidovszky: 2023)

١-٣ الفترة الثانية: انتشار الحديد المشغول في العمارة والفنون (القرن ١٣-١٧)

ترتبط بداية الفترة الثانية بظهور وانتشار المطارق في هذه الفترة ، بدأ التخصص في مهنة صناعة الحديد وظهرت منتجات جديدة في سوق السلع ، واشترى الحرفيون المواد على شكل ألواح وقضبان حديدية ، ونتيجة لذلك ، تمكن الحداد في ورشة العمل من التركيز على

الجزء الإبداعي من العمل ، أي تشكيل وزخرفة القطع الفنية وكان استخدام القالب على السندان له تأثير حاسم ، والتي كان لها تأثير مهم على مظهر قطعة الحديد المشغول فيما يتعلق بعناصر التفاصيل الزخرفية المتطابقة والمتكررة، مثل رؤوس الحربة على القضبان الحديدية.إلى جانب استخدام القوالب ، تم تطوير العديد من التقنيات الزخرفية الأخرى أيضا. ظهرت تقنيات النحت والنقش والإزميل والثقب في القرن ١٤ ، وتم تطبيق النقش مرة أخرى على مستوى تقني أعلى هذه هي الفترة الأولى بعد العصور القديمة عندما أنتج الحدادون وعمال الحديد منتجات ميكانيكية دقيقة ، مثل الساعات أو هياكل الشواء القابلة لإعادة ضبط الوضع أيضا. (Charles (Simcoe:2014

١-٤ الفترة الثالثة: ذروة الحديد المشغول في العمارة والفنون (القرن ١٧-١٨)

تتميز الفترة الثالثة من تطور الحديد المشغول المعماري بظهور تكنولوجيا الدرفلة في إنتاج الحديد في مصانع الحديد ، تم تجميع قضبان الحديد ولحامها ولف الحزم بدقة. كانت أسطح القضبان والألواح المدرفلة متساوية للغاية ، مرتبطة بتلك التي تم استخدامها من قبل ، لدرجة أن سطح الأشياء النهائية بالكامل كان نظيفا بشكل لافت للنظر تم توظيف هذه الظاهرة من خلال المزيد والمزيد من الأعمال الزخرفية المفصلة. في غضون ذلك ، تم تطوير قرن سندان ثان أيضا (مدبب أو مستدير) ، مما أتاح المزيد من الخيارات لتشكيل القطع الفنية. كانت الخيارات والمعرفة في هذه الفترة قابلة للتطبيق من قبل الحرفيين ، ومع ذلك ، فقد تم تسخيرها بعمق من قبل القادة العظماء في تلك الفترة. من وجهة نظر فنية ، يمكن اعتبار البراعة الرسمية للباروك ، وبعد ذلك أعمال الروكوكو ، التي تهدف الزخرفة إلى تقليد مرونة الأشكال الطبيعية والتي تعد بمثابة ذروة المهنة في العمارة والفنون. (István Vidovszky: 2023)

١-٥ الفترة الرابعة: الفترة السلبية للحديد المشغول في العمارة والفنون (القرن ١٩)

أدت العقلانية الرسمية للكلاسيكية إلى بطء تكنولوجيا الحدادة اليدوية وبالتالي تجارة الحديد ، تجاوز استخدام الحديد الجاهز جزئيا استخدام تكنولوجيا الحديد المشغول والتطبيقات الفنية اليدوية. ومع ذلك ، فإن تطبيقات الحديد المشغول لم تختف من صناعة البناء والتشييد. نظراً لأن الحديد الجاهز يفتقر إلى قوة الشد ذات الصلة ، فإنه لم يكن مناسبا لجميع الأغراض المعمارية والهيكلية. لكن في الإجمال تعد هذه الفترة هي الفترة السلبية للحديد المشغول في العمارة والفنون.

١-٦ الفترة الأخيرة: فترة انتشار للحديد المشغول في العمارة والفنون (القرن ٢٠-٢١)

كانت بداية الفترة الخامسة تعني انتشار المنتجات الصناعية ، وبالتالي نهاية عصر الحرف اليدوية وتقنيات الحرف اليدوية. كان التحول في صناعة الحديد في النصف الثاني من القرن ١٩ وظهور الحديد المتجانس عالي الجودة (الفولاذ الطري) ، الذي غير مادة الحديد المشغول في الأسواق ، في بداية القرن ٢٠ تقنيات الربط الجديدة مثل اللحام بالغاز ، وفي وقت لاحق تم اختراع لحام القوس الكهربائي. حلت هذه محل تقنية لحام الحدادة التقليدي. وبالتالي ، أصبح إعداد العناصر وتجميعها أسهل بكثير وأصبح الاتصال أكثر موثوقية. بالتوازي مع تقليل الزخرفة الشكلية في الأشكال المعمارية ، يمكن ملاحظة اتجاهات مماثلة في مجال صناعة الحديد المشغول أيضا. أصبحت التصميمات المعمارية المصنوعة من الحديد المشغول أكثر بساطة. كانت البساطة ووقت التصنيع المنخفض هي المرتكز والاتجاه العالمي. تم توظيف تكنولوجيا الحدادة وتطويرها لدعم ترميم الآثار الفنية وفي مجال الفنون التطبيقية. كان الأول مسؤولا عن الحفاظ على التكنولوجيا التقليدية التي يمتلكها الأخير مع عرض الاختراع ، ونتيجة لذلك ، في النصف الثاني من القرن ٢٠ والقرن ٢١ يمكن ملاحظة نوع معين من إحياء المهنة ، والتي سخرت أخيرا الخيارات التقنية الجديدة ومزايا المواد المتجانسة في التطوير للعمارة والفنون. ((István Vidovszky: 2023

المحور الثاني: مفهوم ومزايا وعيوب الحديد المشغول

١/١ مفهوم الحديد المشغول

يمكن تحديد مفهوم الحديد المشغول بأنه الأعمال التي تتم باستخدام الحديد المطروق على أدوات معدنية وبمعدات مجهزة لتشكيل الحديد (مثل السندان وزهرة الاستعدال) والذي يمكن تحديد وظيفتان اساسيتان للحديد المشغول وهما الحماية والتجميل وبواسطة الحرفي الماهر الفني. (تعريف إجرائي للبحث) ونجد انه في كل عصر اختلفت التشكيلات والتصميمات لتتوافق مع روح هذا العصر وخاصة فى الأماكن العامة والتي تحدث فيها العديد من الأنشطة، والتي توفر فرصًا للأشخاص للمشاهدة من اتجاهات مختلفة، أو حيث يرغب الأشخاص في الاستفادة من المناظر الأمامية والخلفية ، وتوفر الأماكن العامة الجيدة أنواعًا مختلفة من تصميمات الحديد المشغول فى المقاعد او البوابات او الحواجز في أماكن أو مواقع مختلفة داخل نفس المنطقة في الشمس أو في الظل، في مجموعات، بمفردهم ، قريب من النشاط، أو بعيد بعض الشيء عن النشاط .

٢/١ مزايا الحديد المشغول

يعتبر الحديد المشغول أحد أقوى المواد المتاحة، مما يجعله مثاليًا للاستخدام في تصنيع الهياكل والأثاث والأبواب والنوافذ والسلالم والتزيينات المعدنية ويمكن تحديد مزاياه كما يلي:-

- **تحمل الظروف البيئية**: يمكنه بسهولة تحمل أي ضغط ودرجة حرارة ورطوبة ولا يتأكل في الشمس.
- **مقاوم للكسر**: من الصعب للغاية كسر مقعد معدني مما يجعله يتحمل الاستخدام اليومي وظروف البيئة المختلفة بدون أي مشاكل
- **قابل للتجديد:** يمكن إعادة طلاءه بأي لون حسب رغبة المستخدمين.
- **مستقر وأمن** : نظرًا لوزنه الكبير ، فإن الأثاث من الحديد المشغول يعد مستقر ويقل احتمال تعرضه للسرقة.
- **مقاوم للتأكل ومستدام**: أثناء عملية الحدادة يتم معالجة الحديد المشغول بمواد مانعة للتآكل مثل الدهانات والمطليات **الخاصة**، مما يجعله مقاومًا للتآكل وأكثر استدامة ، ومعالج للحماية من الرطوبة والتآكل والظروف الجوية السيئة
- **لمسة جمالية:** الحديد المشغول لمسة فنية وأناقة إلى أي مكان يستخدم فيه .
- **يتناسب مع المواد الأخرى**: مثل الزجاج المقاوم للصدمات، والخشب، والمنسوجات، والبلاستيك الكثيف.

شكل رقم (١) ميزات الحديد المشغول

٣/٢ عيوب الحديد المشغول

الحديد المشغول وعملية تصنيعه ،فهو عرضة للصدأ وتآكل السطح بالتدريج مما قد يتسبب ذلك في فقدان الجمالية والتدهور مع مرور الوقت ، تكلفة عالية مقارنة بخيارات الخشب والبلاستيك ، ولكن عند مقارنتها بالعمر الفعلي للعناصر ، لا يبدو الفرق ملحوظًا ، توصيل الحراري العالي للمعدن ، والذي يسخن بسرعة في الحرارة ويبرد في البرودة ، إذا تم تسخين سطح العمل في الحديقة بسرعة ، فيمكن تغطيته برقائق PVC الشفافة.

المحور الثالث: استنتاج الإعتبارات العامة في تصميم وإنتاج الحديد المشغول

١/٣ الأعتبارات الوظيفية

مع تطور أشغال فن الحديد المشغول أصبح ذو وظيفة أساسية نفعية وفنية فى البناء المعمارى، فقد جاءت إستخدامات الحديد المشغول الزخرفى كمحاولة لتقوية الأبواب والنوافذ منعا من دخول المعتدين إلى داخل البناء، ولقد أقيمت للسبب ذاته حواجز حديدية للقصور والكاتدرائيات لا سيما نوافذ غرف حفظ النقود، كما إزداد تطور أشغال الحديد المشغول نتيجة للتطور الذى شهده مجال العمارة" حيث بدأت الأشكال المعمارية فى التغير مع إعتمادها بشكل كبير على عنصر الحديد فى بنائها، فنجد أن الصناع فى أوروبا قد بدأوا فى تغيير الطرز التاريخية كافة حينما شاع إستعمال الحديد فى أعمال العمارة ، وخاصة فى المساحات العامة كالأسوار والمقاع والمناضد ، وأدى ذلك إلى أن بدأ الحديد المشغول يدخل فى مجال التصميم بصورة وظيفية تحتوى على قيم جمالية فى تشكيل خامة الحديد عن ذى قبل (عزه أمين ، ٢٠١٥).

عند تصميم الحديد المشغول، هناك العديد من الاعتبارات الوظيفية الهامة التي يجب مراعاتها:

1. **الوظيفة الإنشائية(القوة والصلابة الإنشائية):** يجب أن يتم تصميم الحديد المشغول بحيث يتمتع بقوة وصلابة كافية لتحمل الأحمال والضغوط المتوقعة، سواء كانت داخلية أو خارجية.

٢. **الوظيفة البيئية(القدرة على مقاومة العوامل البيئية):** يجب أن يكون الحديد المشغول مقاومًا للتآكل والصدأ والتلف الناتج عن التعرض للعوامل الجوية والبيئية المختلفة .

٣. **الوظيفة الاقتصادية(الوزن والحمولة وتكاليف التصميم والانتاج والتشغيل):** يجب أن يتم تصميم الحديد المشغول بحيث يكون اقتصادياً بحيث يكون خفيف الوزن بما يكفي لتحمل الحمولات المطلوبة دون التأثير على الهيكل الأساسي وأيضاً مراعاة التناسب بين تكاليف التصميم والانتاج والتشغيل مقارنة بالمردود الاقتصادي.

٤. **الوظيفة الاستخدامية (الأمان والحماية عند الاستخدام ومنع التخريب):** في حالة استخدام الحديد المشغول في البيئات الخارجية - مثل استخدامه كسياج أو حاجز أمني- يجب أن يتم تصميمه بطريقة تضمن الحماية والأمان المطلوبين عند الاستخدام خاصة من الفئات الخاصة كالأطفال وذوي الاحتياجات الخاصة, كما يجب تصميمه لحمايته من التخريب اثناء الاستخدام الوظيفي.

٥. **وظيفة الصيانة والتشغيل (التركيب والصيانة):** يجب أن يكون تصميم الحديد المشغول سهل التركيب والصيانة، مع الأخذ في الاعتبار إمكانية الوصول والتنظيف والإصلاحات المستقبلية.

٦. **الوظيفة الجمالية**: يجب أن يتم تصميم الحديد المشغول بطريقة تعزز الجوانب الجمالية والتصميمية للمبنى أو المنطقة المحيطة به .

٣-٢ أعتبارات التصميم الارجونومي المريح

تعد أعتبارات التصميم الارجونومي المريح من اهم المفاهيم الارجونومية التي ترتبط بعدة جوانب في عملية التصميم، و التي من ضمنها تصميم الحديد المشغول كنظام تصميمي يرتبط بشكل مباشر مع تفاعل الانسان مع النظام، و بالتالي تعتبر مدخلا لتحقيق تفاعل مثمر بين الانسان و النظام.

يجب أن تكون قطع الحديد المشغول من المقاعد والمناضد المزخرفة والمصممة للمساحات الخارجية مصنوعة من مواد آمنة أرجونومياً ومصممة لمنع الإصابة، دون حواف حادة أو مثبتات مكشوفة .وعادةً ما يتم تثبيتها على الأرض باستخدام مسامير التثبيت متعددة الاستخدام (على سبيل المثال، باستخدام التثبيت السطحي، أي ربط مقعد ببلاطة خرسانية .وبطبيعة الحال، يجب تحديد التقنية المستخدمة في التركيب مسبقًا بحيث تتوافق مع تحقيق الراحة في الاداء الوظيفي الارجونومي، كما يجب أن يأخذ الأبعاد الانثروبومترية والقياسات الارجونومية للأثاث وترتيبه في الاعتبار وكذلك اعتبارات الرؤية والمظهر المرئي. كما يتم تصميم منتجات الحديد المشغول للمساحات الخارجية بزاوية إمالة لتقليل الضغط على العمود الفقري للإنسان أو عضلات أو اوتار القدمين واليدين، مما يشير إلى مراعاة راحة المستخدم وسلامته. إن الاستخدام المطول لأي منتجات من الحديد المشغول غير مصممة هندسيا وفق المعايير والاعتبارات الارجونومية من شأنه أن يسبب ألما عضليا في كل من القدم والرسغ والكتفين. (B. Balaji & S. Porchilamban 2015) فكلما زاد التوافق بين الاداء الانساني و استخدام عناصر منتجات الحديد المشغول (او النظام)، كلما ارتفع مستوى قابلية الاستخدام المتحققة. مما يعني ان تحديد و دراسة مدى قابلية الاستخدام يعكس مستوى اداء و جودة العناصر المستخدمة في التصميم الارجونومي. في تصميم الحديد المشغول، يجب مراعاة التصميم الارجونومي الذي يسهم في راحة الأشخاص الذين سيستخدمون المنتجات. يجب أن يكون تصميم الحديد المشغول سهل الاستخدام وملائم للحركة الطبيعية للجسم، ويجب أن يوفر دعماً جيداً للظهر والعنق والأطراف. ينبغي أيضًا مراعاة توفير مساحة كافية للتحرك وضمان سلامة استخدام المنتجات. التصميم الارجونومي الجيد يساعد في تقليل التعب والإجهاد ويعزز الكفاءة والراحة للمستخدمين.

شكل رقم (٢) اعتبارات التصميم الارجونومي المريح

٣-٣ أعتبارات الأمان الإنشائي

يعد الأمان الإنشائي أيضًا مشكلة حقيقية لأنها مرغوبة وذات قيمة كبيرة، ويرجع كون أعمال الحديد المشغولة من أكثر الأعمال التي تراعي الأمان الإنشائي أساسًا إلى أن الدعامات الحديدية الحاملة والجودة الزخرفية لنهايات المنتجات الحديدية من الحديد, (MA. Almandrawy: 2016) فنجد مثلا البرجولات المصنوعة من الحديد المشغول قد تكون الأسطح المحمولة على دعامات خفيفة من الحديد المشغول مزججة جزئيًا بواسطة صفوف منتظمة من مسطحات الزجاج للسقف وقابلة لتحمل وزنها ووزن الزجاج واي اضافات تكميلية أخرى، أو صلبة أسفل السقف مغطاة بألواح الحديد/الصاج المموج أو مادة مناسبة أخرى، غالبًا ما تشتمل مثل هذه الهياكل على مظلات حول المحيط لتوفير المأوى من المطر والشمس. (Ken (Fieldhouse,2012

ويمكن تحديد الاعتبارات المهمة التي يجب مراعاتها لضمان الأمان الإنشائي للحديد المشغول وضمان استخدامه بشكل آمن وفعال، هناك عدة اعتبارات يجب مراعاتها لضمان توفير بيئة آمنة للاستخدام. تشمل هذه الاعتبارات:

1. **قوة الهيكل:** يجب أن يتم تصميم وتصنيع الهياكل من الحديد المشغول بحيث تتحمل الحمولات المتوقعة وتكون قادرة على تحمل الضغوط والقوى المختلفة بشكل آمن.

2. **توجيهات التركيب**: يجب اتباع توجيهات التركيب السليمة واستخدام الوسائل الأمنية المناسبة لضمان تثبيت الهيكل بشكل آمن وثابت.

3. **مقاومة التآكل**: يجب مراعاة استخدام مواد مقاومة للتآكل وتطبيق تقنيات الصيانة الوقائية لمنع تلف الحديد المشغول نتيجة للعوامل البيئية.

4. **تصميم الأطراف والحواف**: ينبغي تصميم الحديد المشغول بحيث لا تكون أطرافه حادة أو خطيرة للمستخدمين، ويفضل تغطية الحواف بمواد تقلل من خطر الإصابة.

5. **احترام اللوائح والمعايير المحلية والدولية:** يجب الامتثال للوائح الصناعية والمعايير الأمنية والإنشائية المحلية والدولية لضمان الامتثال والسلامة العامة.

كما توجد مجموعة من الاحتياطات يمكن اعتبارها الاحتياطات اللازمة لتحقيق بيئة وموثوقة عند استخدام الحديد المشغول في المشاريع الإنشائية والتصميمية في البيئات الداخلية والخارجية كما يلي:-

١- **تحليل الإجهادات والأحمال**: يجب إجراء تحليل دقيق للإجهادات والأحمال المتوقعة على الهيكل من الحديد المشغول لضمان قدرته على تحملها دون تعريض السلامة للخطر.

٢- **اختبارات الجودة:** تأكد من شراء المنتجات الحديدية المشغولة من مصادر موثوقة والتحقق من صحة وجودة المواد المستخدمة لضمان استقرار وأمان الهيكل.

٣- التأمين الفعال: ينبغي توفير تأمينات فعالة ومناسبة للحماية ضد أي حوادث محتملة أثناء التصنيع، التركيب، وفترة الاستخدام.

٤- الاستشارة الهندسية: يُنصح إشراف المهندسين المتخصصين لتقديم النصائح والتوجيهات الصحيحة خلال عملية تصميم وتنفيذ الهياكل.

٥- التدريب والوعي: يُعتبر توفير التدريب اللازم للعمال والمستخدمين حول كيفية التعامل الآمن مع الحديد المشغول والتحذير من المخاطر جزءًا أساسيًا من العملية الأمان.

شكل رقم (٣) اعتبارات الأمان الإنشائي

٣-٤ الاعتبارات البيئية

يجب أن يكون الحديد المشغول مكونًا من مواد ذات جودة عالية لتحمل الظروف البيئية المتغيرة و ظروف الاستخدام اليومي ، حيث يجب أن يكون الحديد المشغول مقاومًا للعوامل الجوية مثل الأمطار والرطوبة والأشعة الشمسية وعوامل الرياح ودرجة حرارة الجو، ومن ثم يُفضل استخدام طلاءات مقاومة للصدأ لضمان استدامة المظهر والحماية من التآكل كما يجب أن يأخذ تصميم الحديد المشغول فى الاثاث فى المساحات المفتوحة في الاعتبار تأثيرات الطقس مثل ضوء الشمس، والتمدد والانكماش، وإجهاد الرياح، والرطوبة، وفي بعض الحالات، رذاذ الملح، والصقيع، أو الجليد وما إذا كانت التهوية ضرورية لتجفيفه أثناء فترات الطقس الرطب، وما هي الظروف الجوية، وما إذا كانت هناك إمكانية لاستخدام مواد صديقة للبيئة .. (M. Almandrawy 2016)

ان المعالجة الجيدة لمنتجات الحديد المشغول تمنع التآكل و تساهم في إطالة عمر منتجات الحديد المشغول. ويعد اختيار التشطيبات البيئية المناسبة التي لها خصائص حافظة مناسبة للحديد أحد اعتبارات التصميم الرئيسية ويعد الحديد المعالج جيداً من الخامات البيئية المستدامة.(Benjamin Ansah 2020)

تصميم وإنتاج الحديد المشغول يتطلب مراعاة العديد من الاعتبارات البيئية للحفاظ على البيئة والموارد الطبيعية. يجب مراعاة استخدام مواد قابلة لإعادة التدوير وتقليل كميات النفايات الناتجة عن عملية الإنتاج. كما ينبغي تحسين كفاءة استخدام الطاقة والمياه في عمليات التصنيع والحد من الانبعاثات الضارة.

٣-٥ أعتبارات المظهر المرئي والصيانة

المظهر هو اعتبار مهم آخر حيث يجب تصميم أعمال الحديد المشغول لتتناسب مع محيطها، لأنها تعمل كامتداد للعقار المجاور لها، ويعطي الشارع إحساسًا بالملكية ، يفضل استخدام الحديد المطلي بطبقة حماية مثل الطلاء المقاوم للصدأ لتجنب التآكل لأعمال الحديد المشغول، على مستوى أكثر عمومية، يجب التصميم مع مراعاة المظهر والصيانة الدورية حيث سيساهم ذلك بشكل إيجابي في سلامة وأمن المنتجات مع الحفاظ على استدامة مظهرها، يتم وضع أعمال الحديد المشغول في كثير من الأحيان في المناطق التي يحب الناس الالتقاء فيها أو حيث يوجد منظر جيد، كما هو الحال في حديقة الزهور حيث يمكن للمرء الاستمتاع بالنظر إلى عروض الأزهار، أو في مكان يمكن للناس أن يستريحوا فيه أحيانًا بجوار أحد المباني أو تحت البرجولات .إن تقاليد أعمال الحديد المشغول والحدائق الحديدية غنية جدًا، مع مئات التصميمات المختلفة التي تنتجها السباكة الفنية المعدنية المتوفرة في العديد من التصاميم المختلفة وعادة ما تشتمل أفضل التصميمات على أشكال قوية وبسيطة والمواد البيئية المحلية والطبيعية، بشكل عام تتسم أعمال الحديد المشغول باستخدام اللون الأسود والرمادي والألوان الترابية، مزينة بألوان زاهية، ويتم في اغلب الاحيان دمج أعمدة الحديد الزهر مع ألواح حديدية صلبة أو مزججة جزئيًا مع أنماط زخرفية بارزة لتشكيل التصميم بملامس والوان متعددة. (kçen Firdevs YücelِG,2013)

إن أعمال الحديد المشغول بحاجة إلى برنامج صيانة متتالي ، لذلك يجب توفير التصميم الذي يحقق سهولة الصيانة. مما يسهل الحفاظ عليها عبر اتباع إرشادات للحفاظ على منتجات الحديد المشغول لمنع الصدأ والاستهلاك وكذلك اعتبارات التنظيف وإعادة الطلاء.(M. Almandrawy 2016)

عند تصميم الحديد المشغول للمساحات الخارجية تتنوع التصاميم لضمان تحقيق توازن بين الجمال والوظائف والمتانة، حيث ان وحدات الحديد المشغول ذات الزخرفه الحلزونيه هي من أكثر الوحدات الزخرفيه استخدماً في تصميم المنتجات الحديدية وهي ذات تنوع كبير في الشكل والحجم ، وذلك وفقاً للكيفيه التي يتم استخدامها في التصميم إما بالتكرار بشكل معين او استخدامها بشكل اكثر تحرراً ، وتنبع جماليات وحدات الزخرفه الحلزونيه من الشكل الحلزوني نفسه ، فالحلزون هو خط منحنى ترسمه نقطة تبدأ من مركز الحلزون وتتحرك حوله مبتعده عنه، فهو بذلك يملك جاذبيه بصريه قويه للرائي ويولد لديه إحساس قوي بالحركة نحو مركز الحلزون أو خارجا منه وذلك طبقا للنقطة التي يبدأ منها الرائي في النظر للحلزون ، والتصميم على هيئة أعواد الحديد مثل الجدل ، عمل القمقم (الخرشوفه، أو الوحده الصنابوريه) ، تسطيح وتمشيط النهايات . ففي جدل عود الحديد او جزء منه يتم تثبيت احد طرفي العود ولف الطرف الآخر حول محوره الطولي فينتج شكل(منحني) حلزوني بطول عود الحديد بأكمله او في جزء محدد منه ويختلف شكل المنحنى الحلزوني الناتج باختلاف قطاع عود الحديد المستخدم وكذلك حسب عدد اللفات التي تعرض لها العود وارتباطها بطول العود ككل او جزء العود المراد جدله ،،، فالمنحنى الحلزوني الناتج بطبيعته ذو إيقاع بصري له جاذبيه تخطف الأنظار خاصه عند وقوع ضوء عليه فتنتج ظلال تزيد من جاذبيته (ياسر محمد ،٢٠٢١)

أتاح الحديد المشغول أيضاً الحل للعديد من المهندسين المعماريين من خلق ابتكار الهوية المعمارية المزدوجة ، حيث يكون الهيكل الخارجي للمبني من مواد البناء التقليدية مثل الحجر والطوب، متناغم مع مساحة داخلية مدعومة بهيكل مستقل من الحديد والزجاج. والذي يعد من اعتبارات التصميم للمساحات الخارجية في الاماكن العامة.(P. Dobraszczyk 2012)

في تصميم الحديد المشغول، يجب مراعاة الاعتبارات المتعلقة بالمظهر المرئي وصيانة المنتج. يجب أن يكون المظهر النهائي للحديد المشغول جذابًا ومتناسبًا مع الأغراض المقصودة له، سواء كانت تقليدية أو حديثة. يجب أن تكون الأسطح معالجة بشكل جيد للحفاظ على جودتها ومظهرها على المدى الطويل.

بالإضافة إلى ذلك، يجب أن تكون عمليات الصيانة مبسطة وسهلة لضمان استمرارية جودة المنتج. ينبغي توفير توجيهات وتعليمات واضحة بشأن كيفية الحفاظ على الحديد المشغول وتنظيفه بشكل صحيح، وكذلك تقديم أي توصيات للصيانة الدورية التي قد تكون مطلوبة للحفاظ على المنتج في حالة جيدة.

شكل رقم (٤) اعتبارات المظهر المرئي

٦/٣ اعتبارات المتانة والمقاومة للتخريب

يجب أن يكون الحديد المشغول مكونًا من مواد ذات متانة عالية خاصة عندما يتم استخدامها في المقاعد العامة التي غالبًا ما تُستخدم العناصر الحديدية لتحقيق جانب الدعم والمتانة للمقعد، مما يساعد على منعه من التحرك تحت الحمل.وظروف الاستخدام غيرالجيدة حيث يمكن أن تتعرض المقاعد لضغط كبير من التأرجح أو الالتواء نتيجة الاستخدام القاسي أو الغير منضبط، وفي حالة فشل الدعامات، يكون هناك خطر كبير لإلحاق الضرر بالمستخدم .لذلك من المهم أن يتم تصميم المقاعد من مادة ذات متانة عالية وفحص أي دعامات للمقعد للتأكد من عدم وجود أي حركة هيكلية مفرطة قد تتسبب في أن تكون عناصر التثبيت مشوهة أو متشققة أو تالفة حيث ان متانة التصميم الكلي يحافظ على عدم وجود أجزاء مفككة أو متدهورة ,ان تكون اللحامات سليمة وعلى درجة من المتانة وتجنب اللحامات المتشققة أو الصدئة. (MA. Almandrawy: 2016)

قد تكون الزخارف الحديدية المشغولة الكبيرة في المقاعد أقل راحة من الشرائح الصغيرة، ولكنها قد تكون أكثر ملاءمة في المناطق التي يميل فيها المراهقون إلى الجلوس على المساند الخلفية للمقاعد .بشكل عام، يجب أن يأخذ اختيار المقاعد أو تصميمها في الاعتبار جميع شروط الاستخدام ذات الصلة وما إذا كان الأثاث مقاومًا للتخريب لأن مقعد الحديقة يعد سمة

مشتركة في الحدائق العامة، المقاعد عرضة للتخريب ونقص الصيانة الدورية .إن تلف المقاعد الشرائحية الخشبية يجعلها عديمة الفائدة وغالباً ما يتم إزالتها من الاستخدام .(Ken Fieldhouse,2012)

اعتبارات المتانة والمقاومة للتخريب في أعمال الحديد المشغول تعتبر أمرًا حيويًا لضمان جودة وطول العمر للمنتجات. يمكن تحسين متانة ومقاومة منتجات الحديد المشغول وتقليل فرص التخريب والتلف على المدى الطويل:

١. اختيار المواد المناسبة للغرض الوظيفي: استخدام مواد عالية الجودة ومقاومة للتآكل مثل الفولاذ المقاوم للصدأ أو معالجتها بأساليب تحسين المقاومة للتآكل يساهم في زيادة المتانة والمقاومة للتخريب.

٢. التصميم المخصص وطرق الانهاء: تصميم الهياكل بشكل يقلل من تراكم المياه والرطوبة ويسهم في تقليل فرص التآكل وزيادة عمر المنتجات. كما أن اتباع تقنيات الانهاء الملائمة مثل الدهانات المضادة للصدأ يمكن أن يزيد من متانة المنتج.

٣. الاختبارات وضمان الجودة: إجراء اختبارات دورية للتأكد من مقاومة المواد والمنتجات للتآكل والاجهاد، وضمان وجود آليات لتحديث أو استبدال المكونات المتأثرة.

٤. الصيانة الدورية: توفير جدول زمني للصيانة والفحص المنتظم للهياكل والمنتجات المصنوعة من الحديد المشغول للتحقق من عدم وجود تآكل أو تلف واتخاذ الإجراءات الوقائية أو التصحيحية إن لزم الأمر.

٥. الوعي والتدريب: التوعية بأساليب الاستخدام الصحيح والصيانة المناسبة للحفاظ على المقاومة والمتانة، وتوفير التدريب اللازم للعمالة والمستخدمين لمقاومة التخريب المتعمد او الغير مقصود.

٣-٧ الأعتبارات الاقتصادية

أن وضع العامل الاقتصادي في الحسبان من الامور الهامة التي يجب مراعاتها عند تصميم وانتاج الحديد المشغول سواء للمنتجات الصعيرة كالاثاث ووحدات الاضاءة الخارجية او الكبيرة كالمظلات والبرجولات, ويجب مراعاة عدد المرات التي من المحتمل أن يتم فيها استخدام منتجات الحديد المشغول ومن يقوم به، وما هي التكاليف الأولية، بما في ذلك تكاليف التركيب وسهولة الصيانة, كما ان التعامل الجيد في معالجة اسطح المنتجات الحديد المشغول تساهم في زيادة العمر الافتراضي لها مما يضيف خصائص اقتصادية كأحد اعتبارات التصميم الرئيسية المستدامة.**(Benjamin Ansah 2020)**

عند تصميم الحديد المشغول، هناك العديد من الاعتبارات الاقتصادية الهامة التي يجب مراعاتها:

١. تكلفة المواد

- يجب اختيار المواد الخام لأعمال الحديد المشغول بعناية لتحقيق التوازن بين الجودة والتكلفة.
- يجب النظر في استخدام مواد أكثر اقتصادية وتحقيق التوافق بين استخدام الحديد أو السبائك الفولاذية المناسبة او المواد التكميلية.

٢. تكلفة التصنيع

- يجب تصميم الحديد المشغول بطريقة تسهل عملية التصنيع وتقلل من الوقت والجهد المطلوب.
- يجب النظر في إمكانية استخدام تقنيات التصنيع الحديثة مثل اللحام الآلي لتقليل التكاليف ووقت التصنيع.

٣. تكلفة التركيب والصيانة

- يجب أن يكون تصميم الحديد المشغول سهل التركيب والصيانة لتقليل التكاليف المرتبطة بذلك.

- يجب النظر في إمكانية استخدام أساليب تركيب وصيانة بسيطة وفعالة من حيث التكلفة

٤. العمر الافتراضي والاستدامة

- يجب تصميم الحديد المشغول بحيث يتمتع بعمر خدمة طويل وقابلية للصيانة المستمرة.
- يجب النظر في إمكانية إعادة استخدام أو تدوير الحديد المشغول في نهاية عمره الافتراضي .

٥. التكاليف التشغيلية

- يجب أن يكون تصميم الحديد المشغول موفر للطاقة والموارد الطبيعية لتقليل التكاليف التشغيلية على المدى الطويل.
- يجب النظر في إمكانية استخدام تقنيات صديقة للبيئة لتقليل التكاليف التشغيلية.

٣-٨ اعتبارات التكنولوجيا الحديثة

لقد تم استلهام الفن والهندسة المعمارية والتصميم من الهندسة والرياضيات والعكس صحيح .حفزتنا الزخارف لتصميمات اكثر ابداعا باستخدام برامج الحاسوب المتطورة مما ساهم في ابداع استخدام الحديد المشغول من منظور هندسي وجمالي ، أحيانًا يتم تزيين سياج الحدائق وأبواب ونوافذ مداخل المباني السكنية بروائع من الحديد المشغول .يبدو أن تصميماتها الرشيقة تحقق توازنًا مثاليًا بين الجمال والمتانة، فعند تجربة المنحنيات التي تجتاحها نقاط مرتبطة بمثلثات بونسيليه (Poncelet triangles)، يصبح المرء على دراية ببعض العناصر المشتركة التي تربط هذين العالمين، على سبيل المثال، تناظر الطيات الاربعة ، والحلزونات المعدنية، والانعكاسات، والتبليط، والتكرار، وما إلى ذلك، ما يضيف تدريجيًا نوعًا من الموهبة الجمالية مع ميزات تهدف إلى تجميل هذه المنحنيات.(Dan Reznik,2022)

ومما لا شك فيه إن استخدام هذه التقنيات الحديثة، يمكن تحسين عمليات تصميم وإنتاج الحديد المشغول بشكل كبير، مما يزيد من الدقة والكفاءة ويساهم في تطوير منتجات ذات جودة عالية وبالتالي يمكن أن تلعب التكنولوجيا الحديثة دوراً حيوياً في تصميم وإنتاج الحديد المشغول، وهنا بعض الاعتبارات الهامة:

١. استخدام النمذجة الثلاثية الأبعاد 3D Modeling: استخدام النمذجة الثلاثية الأبعاد يمكن أن يساعد في تصميم القطع المعقدة وفهم كيفية تفاعل الأشكال المختلفة مع بعضها البعض قبل البدء في عملية الإنتاج.

شكل رقم (٥) استخدام النمذجة البارامترية في تصميم الحديد المشغول

٢. **الطباعة الثلاثية الأبعاد :** الطباعة الثلاثية الأبعاد تتيح إنتاج نماذج أولية وأجزاء صغيرة بشكل سريع وفعال، مما يقلل من التكلفة والوقت اللازمين لاختبار التصاميم وتحسينها.

شكل رقم (٦) استخدام الطباعة الثلاثية الأبعاد في تصميم الحديد المشغول

٣. **القطع بالليزر والتشكيل بالماء (Laser Cutting & Water Jet Cutting):** تقنيات القطع بالليزر والتشكيل بالماء توفر طرق دقيقة لقطع الحديد وتشكيله وتمكن من إنتاج تفاصيل دقيقة بدقة عالية.

شكل رقم (٧) استخدام تقنية القطع بالليزر في الحديد المشغول

٤. **تحكم رقمي بالكمبيوتر (Computer Numerical Control - CNC):** أجهزة CNC تسمح بتصنيع القطع بدقة عالية وتكرارية بناءً على التصاميم المدخلة بواسطة الكمبيوتر، مما يزيد من كفاءة عملية الإنتاج.

٥. **تكنولوجيا المعلومات والاتصالات (ICT):** تقنيات ICT توفر القدرة على تخزين ومشاركة التصاميم والبيانات بين الفرق والمصانع بطريقة فعالة، مما يزيد من سرعة التطوير والانتاجية.

6. **تقنيات التحليل والمحاكاة (Analysis & Simulation)** : استخدام تقنيات التحليل والمحاكاة يمكن أن يسهم في فهم سلوك المواد والتصاميم تحت ظروف مختلفة وتحسين الأداء والمتانة.

٣-٩ اعتبارات الجودة في منتجات الحديد المشغول

يشمل تحقيق الجودة و الذي يرتبط باستخدام معايير محددة في مجال الحديد المشغول العناصر التالية:

- **الفائدة**: مردود الخدمة المقدمة من منتج الحديد المشغول.
- **السعة**: المقدار الكافي من قدرة نوع منتج الحديد المشغول.
- **المصداقية و الموثوقية** من استخدام كفء لمنتجات الحديد المشغول.(Rasha Waheeb:2023)

ان الجودة في التصميم في مجال الحديد المشغول يضمن القدرة على زيادة القيمة المضافة والميزة التنافسية لمنتجات الحديد المشغول الى اعلى مستوى، و التي اصبحت من المباديء الاساسية في استراتيجيات تطوير المنتجات.

يعتمد تحقيق اهداف الجودة على تبني هدف وظيفي للتصميم موجه لتقديم الخدمة بالوسيلة الاكثر نجاحا، من خلال الابتكار، و العصف الذهني، و المرونة، و القدرة على التغيير للافضل.

نتائج البحث

1- اكد تتبع التطور التاريخي للحديد المشغول الدور الرئيسي الذي مارسه في نمو وتطور الحضارة الإنسانية بأشكالها المختلفة باعتباره الشكل السائد خلال آلاف السنين التي استخدم فيها البشر الحديد.

2- أن مراعاة الاعتبارات الوظيفية والانشائية والاقتصادية والجمالية والارجونومية والامن والسلامة يساهم في تقديم تصميم مدروس ومتكامل ويلبي الاحتياجات الوظيفية والنفسية.

3- يجب أن تكون قطع الحديد المشغول من المقاعد والمناضد المزخرفة والمصممة للمساحات الخارجية مصنوعة من مواد آمنة أرجونومياً ومصممة لمنع الإصابة، دون حواف حادة أو مثبتات مكشوفة

4- يجب أن يكون تصميم الحديد المشغول سهل الاستخدام وملائم للحركة الطبيعية للجسم، ويجب أن يوفر دعماً جيداً للظهر والعنق والأطراف. ينبغي أيضًا مراعاة توفير مساحة كافية للتحرك وضمان سلامة استخدام المنتجات. التصميم الارجونومي الجيد يساعد في تقليل التعب والإجهاد ويعزز الكفاءة والراحة للمستخدمين.

5- يجب أن يتم تصميم وتصنيع الهياكل من الحديد المشغول بحيث تتحمل الحمولات المتوقعة وتكون قادرة على تحمل الضغوط والقوى المختلفة بشكل آمن.

6- يجب إجراء تحليل دقيق للإجهادات والأحمال المتوقعة على الهيكل من الحديد المشغول لضمان قدرته على تحملها دون تعريض السلامة للخطر

7- تصميم وإنتاج الحديد المشغول يتطلب مراعاة العديد من الاعتبارات البيئية للحفاظ على البيئة والموارد الطبيعية. يجب مراعاة استخدام مواد قابلة لإعادة التدوير وتقليل كميات النفايات الناتجة عن عملية الإنتاج. كما ينبغي تحسين كفاءة استخدام الطاقة والمياه في عمليات التصنيع والحد من الانبعاثات الضارة.

8- يجب أن تكون عمليات الصيانة مبسطة وسهلة لضمان استمرارية جودة المنتج. ينبغي توفير توجيهات وتعليمات واضحة بشأن كيفية الحفاظ على الحديد المشغول وتنظيفه بشكل صحيح، وكذلك تقديم أي توصيات للصيانة الدورية التي قد تكون مطلوبة للحفاظ على المنتج في حالة جيدة.

9- إن استخدام هذه التقنيات الحديثة، يمكن تحسين عمليات تصميم وإنتاج الحديد المشغول بشكل كبير، مما يزيد من الدقة والكفاءة ويساهم في تطوير منتجات ذات جودة عالية وبالتالي يمكن أن تلعب التكنولوجيا الحديثة دوراً حيوياً في تصميم وإنتاج الحديد المشغول

10-ان الجودة في التصميم في مجال الحديد المشغول يضمن القدرة على زيادة القيمة المضافة والميزة التنافسية لمنتجات الحديد المشغول الى اعلى مستوى، و التي اصبحت من المباديء الاساسية في استراتيجيات تطوير المنتجات.

توصيات البحث

ومن خلال نتائج البحث يوصي الباحث بما يلي:

1. ضرورة اجراء الدراسات والبحوث المتعلقة بالاعتبارات الوظيفية والانشائية والاقتصادية والجمالية والارجونومية والامن والسلامة وانعكاساتها على مجال الحديد المشغول.
2. التوجه نحو الاستفادة من الاعتبارات الوظيفية والانشائية والاقتصادية والجمالية والارجونومية والامن والسلامة مفرادات في تصميم الحديد المشغول لتحقيق طابع معين يمكن الاستفادة به في المجال السياحي والتجاري.

مراجع البحث

1- عزه أمين عبدالله سالم ، إستحداث صياغات تشكيلية للمشغولة الفنية قائمة على التوليف بين فن الحديد الزخرفى و اشغال الجلود على ضوء فنون ما بعد الحداثة و الأستفادة منها لدى طالب كلية التربية النوعية ، كلية التربية النوعية ، جامعة بنها ، ٢٠١٥

2- ياسر محمد الصادق عبد العزيز ، أثر استخدام التقنيات الحديثه لقطع المعادن على جماليات تصميم زخارف المنتجات الحديديه ، مجلة التصميم الدولية، المجلد ١١، العدد٤

3- Almandrawy, M. (2016). Design Safety Barriers of Balconies and Windows from Decorative Iron Sections. *International Journal of Engineering Research and* Technology, V 5.

4- Almandrawy, M.A. (2016). Design Considerations Iron Bench in the Gardens. *International Journal of Engineering Research and* Technology, V 5.

5- Balaji, B., & Porchilamban, S. (2015). Conceptual Design of Iron Box Handles with Ergonomic Aspects. *Applied Mechanics and Materials, 766-767*, 1103 - 1108.

6- Benjamin Ansah; Kafui Kwesi Agyeman; Harold Awuley Quaye; Frederick Ampah Clement(2020) Water Fountain in Iron and Aluminium Cast Utensils, IJISRT, Volume 5, Issue 6 – June

7- Charles Simcoe (2014). Wrought Iron: A Metal for the Ages. Advanced Materials and Processes. 172. 24-25.

8- Dan Reznik (2022). The Wrought Iron Beauty of Poncelet Loci. *ArXiv, abs/2201.06960*.

9- Dobraszczyk, P. (2012). Victorian Market Halls, Ornamental Iron and Civic Intent. Architectural History, 55, 173-196.

10- István Vidovszky (2023). The impact of material and crafting technology on the shaping and design of wrought iron architectural elements. JOURNAL OF ARCHITECTURE AND URBANISM. 47. 171-182.

11- Ken Fieldhouse, Jan Woudstra (2012) The Regeneration of Public Parks , Taylor & Francis.

12- Gokçen Firdevs Yücel (2013) Street Furniture and Amenities: Designing the User-Oriented Urban Landscape, Advances in Landscape Architecture .

13- Gordon, R., & Knopf, R. (2005). Evaluation of wrought iron for continued service in historic bridges. Journal of Materials in Civil Engineering, 17(4), 393–399.

14- Rasha Waheeb. (2023). Quality Control of Steel in Steel Iron Product Factory System. SSRN Electronic Journal.