

تحليل الاجهادات على خطاف الرافعة باستخدام طريقة العنصر المحدودة للعديد من المقاطع العرضية المختلفة

محمد ابوخريس¹، نوري مفتاح جويلي²، مصطفى الطيب الفكاح²،

عمر خليفة فرنانة²، عبدالحكيم البخاري الرزاق³

1 قسم الهندسة الميكانيكية، كلية الهندسة، جامعة الزنتان، ليبيا

2 قسم الهندسة الميكانيكية، المعهد العالي للعلوم والتقنية، الزنتان، ليبيا

3 قسم الهندسة الميكانيكية، المعهد العالي للتقنيات الهندسية، غريان، ليبيا

1- Email :Mohamed.abokhris@uoz.edu.ly

2- Email: nj44292@gmail.com

ABSTRACT

The crane hook is one of the important parts that are exposed to high stresses as a result of lifting huge weights, where they are always subject to repeated and volatile loads which result in a concentration of high stresses resulting from excessive loading that leads to failure at the end, and to study the crane hook through the stress pattern and loading conditions, the researchers did analyses the crane hook theoretically based on the Hook Law is valid for curved beams and compared with analysis by using the finite elements method in the solid works software, where the crane hook is analyzed by applying different loads on the crane hook to different cross sections, rectangle, trapezoidal and circular ,using the same area for cross sections which is the same area for all shapes and this is done by using static analysis of different materials for hook manufacturing, because it gives better results in terms of comparing results, and the goal for that is to choose the best materials for hook manufacturing where AISI 1010 Steel, hot rolled bar and AISI 1045 Steel, cold drawn were used as materials for a hook and also by imposing safety factor 5 for all cross sections .

الخلاصة

خطاف الرافعة من الأجزاء المهمة التي تتعرض للإجهادات العالية نتيجة رفع الأوزان الكبيرة جدًا حيث تخضع دائمًا للأحمال المتكررة والمتقلبة التي ينتج عنها تركيز للإجهادات العالية الناتجة عن التحميل المفرط

الذي يؤدي لفشلها في النهاية ، و لدراسة خطاف الرافعة من خلال نمط الإجهاد وشروط التحميل قام الباحث بتحليل خطاف الرفع نظرياً على أن قانون هوك ساري المفعول للعتبات المنحنية ومقارنتها مع التحليل باستخدام طريقة العناصر المحدودة من خلال برنامج *solid works* . يتم تحليل خطاف الرافعة بتطبيق أحمال مختلفة على خطاف الرافعة للمقاطع العرضية المختلفة المستطيل وشبه المنحرف والدائري باستخدام نفس مساحة المقطع للمقاطع العرضية المختلفة ؛ أي تكون نفس المساحة لجميع الأشكال ، ويتم ذلك باستخدام التحليل الساكن لمواد مختلفة كمادة لتصنيع الخطاف ؛ لأنه يعطي نتائج أفضل من ناحية مقارنة النتائج ، والهدف من ذلك هو اختيار أفضل المواد لتصنيع الخطاف ؛ حيث تم استخدام الصلب **AISI 1010 Steel, hot rolled bar** المدرفل علي الساخن والصلب **AISI 1045 Steel, cold drawn** المدرفل علي البارد كمادة للخطاف وأيضاً يفرض عامل أمان 5 لكل المقاطع العرضية .

الكلمات المفتاحية : خطاف الرافعة ، *solid works* ، قانون هوك للعتبات المنحنية .

1. المقدمة

معدات و آلات الرفع تستعمل بشكل رئيسي لحركات المواد في مواقع البناء، قاعات الإنتاج أو قاعات التجميع ومناطق التخزين و في جميع المجالات الصناعية و الإنشائية؛ حيث اختصرت الوقت والتكاليف بشكل كبير جداً من خلال استخدامها في نقل وشحن ومناولة المواد و الأوزان الثقيلة بمختلف أنواعها التي يصعب علي الإنسان حملها . من المعلوم أن بعض أجزاء هذه المعدات عالية المسؤولية عند رفع الأوزان الكبيرة بصورة مباشرة ، و من هذه الأجزاء حبل الرفع واسطوانة الرفع و خطاف الرافعة حيث تم التركيز في هذا البحث على دراسة وتحليل خطاف الرافعة باستخدام طريقة العناصر المحدودة **FEM** نظراً لأن هذا الجزء يتعرض لأعباء ومشاكل كبيرة نتيجة للتحميل المتكرر والمتقلب ، ونتيجة للتحميل المفرط تحدث تغيرات في البنية الداخلية للمعدن ينشأ عنها تصدعات صغيرة على السطح الداخلي والخارجي للخطاف، ولكن طبقات البنية الداخلية لمعدن الخطاف تحدث لها تشوهات تتزايد مع التحميل المرتفع مع تزايد الإجهادات المتبقية نتيجة هذه الأضرار التي لا يمكن رؤيتها والتي تؤدي للفشل والانهيار في الغالب ، ولهذا السبب تم العمل على استخدام طريقة العناصر المحدودة **FEM** لإعطاء صورة أوضح و أقرب للواقع لعرض الطبقات الداخلية لمعدن الخطاف، للاطلاع على أماكن حدوث أقصى إجهاد والتشوهات داخل بنية المعدن تحت على العمل لوضع حلول مبكرة من خلال دراسة العديد من أشكال خطافات الرافعات المختلفة ، حيث تكون هذه الخطافات بأشكال مختلفة من حيث المقاطع العرضية ؛ منها شبه المنحرف ، الدائري ، المستطيل

والمثلث .. لأهمية هذه المعدات يجب العمل على تصميمها و تصنيعها بعناية لتوفير أقصى أداء في مختلف ظروف العمل .

1.1 الخلفية

خطافات الرفع هي عناصر تستخدم لتعليق ورفع الأحمال باستخدام آلات الرفع المختلفة حيث هي أجزاء مهمة للرافعات بمختلف أنواعها ، و لهذا تستخدم في تعليق الأحمال المختلفة من الأماكن المحددة لها لتسهيل عملية الرفع و الحركة والتنقل بهذه الأحمال بدون مشاكل، و هناك الكثير من الاستخدامات اعتماداً على التصميم المخصص للاستخدام ، تتعدد أنواع وأشكال خطافات الرافعات ، و لذلك يتم تصنيف خطافات الرافعات اعتماداً على مواد التصنيع الخاصة ومن حيث الاستخدام المحدد و ذلك من بين عوامل أخرى ، وفقاً لهذا ، فإن بعض الجوانب أكثر أهمية من الجوانب الأخرى . يمكن تصنيف أنواع مختلفة من خطافات الرافعات وفقاً لأشكالها أو شكل المقطع العرضي لها أو طريقة تصنيعها أو طريقة تشغيلها أو غيرها من الخصائص الفريدة ، وهي مصنوعة في مجموعة متنوعة من الأنماط لتلبية الاحتياجات ويتم تصنيفها وفقاً لكمية الحمولة من حيث النوع والحجم لفهم ذلك بعمق ، سيتم التركيز على الأنواع الرئيسية لخطافات الرافعات المتوفرة في السوق ومعرفة التطبيقات الأكثر ملائمة لها ؛ خطاف الرافعة الأحادي أو المفرد و خطاف الرافعة المزدوج . عند تصنيف خطافات الرافعات اعتماداً على شكلها ، ستتمكن من الاختيار بين خطاف الرافعات المفرد والخطاف المزدوج . تعد خطافات الرافعات المفردة هي الخيار الأمثل إذا كان التعامل مع حمولات تصل إلى 75 طن ؛ وهو خطاف رافعة بسيط وسهل الاستخدام أما الخطاف المزدوج فإن هذا التصميم مناسبٌ للأحمال الأثقل من 75 طن . و يتم تصنيف خطافات الرافعات حسب النوع أو من خلال الوظيفة و أيضاً من خلال التركيب الكيميائي لمادة التصنيع... ، فإن من بعض الأشياء الأكثر أهمية التي تخص خطافات الرافعات هي الفشل وانهيار خطافات الرافعات و الأسباب التي تؤدي إلى ذلك هي الاجهادات نتيجة التقادم التي تتسبب في التقشر^[1] التي هي بداية الانهيار وذلك بسبب التذبذب في التحميل المستمر الذي يؤدي إلى تغيير في البنية المجهرية ، حيث إجهاد الانحناء جنباً إلى جنب مع إجهاد الشد ، و ضعف الخطاف بسبب البلي والتقادم ، و التشوه البلاستيكي بسبب الحمولة الزائدة ، و الاجهادات الحرارية المفرطة هي بعض الأسباب الأخرى للفشل، و بالتالي الاستخدام المستمر لخطافات الرافعات قد يزيد من حجم هذه الاجهادات وتؤدي في النهاية إلى فشل الخطاف. يمكن منع جميع الإخفاقات المذكورة أعلاه إذا تم التنبؤ جيداً بمناطق تركيز الإجهاد وبعض التعديلات في التصميم لتقليل الاجهادات في هذه المناطق^[2].

حيث توالت الدراسات والأبحاث لأجل هذه الأسباب من خلال التحليل الرياضي والتصوير الحراري الذي يبين المواقع الأعلى حرارة أثناء عملية الرفع ، حيث تكون هي الأماكن الأكثر تركيزاً للإجهادات و أيضاً التصميم باستخدام الحاسوب بأحد البرمجيات منها ANSYS و SOLIDWORKS وغيرها كثيرة التي تعطي صوراً أقرب للواقع ، و ذلك لتصنيع هذه المعدات بأعلى درجات الأمان ؛ لمنع الحوادث وتوفير جو عمل آمن مع تقليل التكاليف .

2.1 بيان المشكلة

يعد التحميل المتقلب والمفرط أو الزائد عن الحد المسموح به الذي بدوره يحدث مشاكل و تغيرات وإجهادات متبقية داخل ألياف البنية البلورية لمعدن خطاف الرافعة وهي من أهم المشاكل التي تؤدي إلى فشل وانهيار خطافات الرافعات حيث نقل ورفع وحركة المواد داخل المواقع الصناعية والهندسية والإنشائية و في عمليات التخزين و في جميع مجالات الحياة من أكبر التحديات ، و لتلافي مشاكل رفع الأحمال الثقيلة وعمل خطافات الرافعات بشكل آمن ، ولهذا تجب دراسة هذه العناصر بعناية .

3.1 الأهداف

إجراء تحليل القوة في الحالة الساكنة علي خطاف الرافعة باستخدام العناصر المحدودة FEM للاطلاع على كل طبقات المعدن الداخلية وكيفية تأثير الإجهادات في كل الطبقات من خلال القطاعات لتوضيح الأماكن المجهددة التي عندها يحدث الفشل بإجراء محاكاة باستخدام برنامج SOLIDWORKS لتوضيح إجهاد الشد والضغط وفقاً لقانون هوك للعتبات المنحنية و إجراء مقارنة وتحديد الاختلاف بين القيم النظرية والقيم العملية لنتائج الإجهاد ، و يتضمن ذلك :

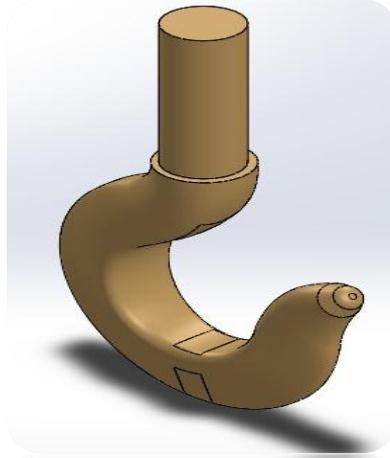
- تطوير وتحديد نماذج ثلاثية الأبعاد المناسبة لدراسة تأثير الإجهاد علي العتبات المنحنية باستخدام solid works .
- إجراء محاكاة لخطاف الرافعة لتوضيح أماكن تركيز الإجهادات من خلال رؤية واقعية .
- تحديد أماكن حدوث الفشل في خطاف الرفع بدقة عالية للعمل على اتخاذ إجراءات وقائية .
- دراسة الأحمال الساكنة وتحديد التصميم الأمثل لخطاف الرافعة من حيث الشكل ومساحة المقطع و نوع مادة التصنيع .

2. الدراسات السابقة

[3] Sayyed kasim Ali1, Harish Kumar2 و صفا عملهما على تحليل إجهاد خطاف الرافعة بالمقطع العرضي المختلف يستعمل طريقة عنصر محدود. في هذا التحليل بقيت الخواص المادية للخطاف ثابتة في كافة أنحاء التحليل ويتم العمل على تغيير الأبعاد الهندسية للمقاطع العرضية لخطاف الرافعة لتخفيض الإجهاد ، و بعد ذلك اتجهت الأنظار نحو مادة تصنيع خطاف الرافعة المتوفرة ، حيث يتم تحديد المنطقة التي يؤثر فيها أقصى إجهاد باستخدام التحليل باستخدام FEM ثم تتم إزالة طبقات المادة لتوضيح أقصى إجهاد عند نقطة حدوث الفشل^[4] قام Yogesh Tripathi1, U.K Joshi2 IJRET "بمقارنة الإجهاد بين نظرية Winkler-Bach وطريقة العناصر المحدودة من خلال برنامج ANSYS لخطاف الرافعة نو مقطع عرضي شبه منحرف". حيث تمت مقارنة الإجهادات المحسوبة نظرياً من نظرية Winkler-Bach للعتبات المنحنية ومقارنتها بالنتائج التي تم الحصول عليها بواسطة برنامج ANSYS^[5] Patel Ravin B, Bhakti K., Patel وصفا عملهما على "تصميم وتحليل خطاف الرفع بمواد مختلفة"، حيث كانت قيم الإجهاد المحسوبة والإجهاد المتحصل عليه من تحليل FEA للعديد من المواد المختلفة مثل الفولاذ المطروق والحديد المطاوع و سبائك الألمونيوم ، بالنسبة للمواد المختلفة ، حيث يلاحظ أنه تم الحفاظ على الأبعاد للمقاطع العرضية باستخدام المواد المختلفة ، تم الحصول على نتائج مختلفة ، ولكن من خلال هذا وجد أن مادة الفولاذ المطروق تعطي الحد الأدنى للإجهاد.^[6] Vinod Rohilla, Amandeep Singh وصفا عملهما على تحسين وتحليل الإجهادات وتحقيق الأفضلية لخطاف الرافعة باستخدام طريقة العناصر المحدودة حيث يتم العمل على تخفيض الوزن و موازنة الاقتصاد ، من خلال هذه الدراسات يتم إجراء تحليل خطاف الرافعة باستخدام solid works على ضوء هذه الدراسات يتم العمل^[7] Ms. Mamta .R. Zade وصفت عملها "تحليل العنصر المحدود وتحليل إعياء لخطاف الرافعة بالمواد المختلفة" تم إجراء التحليل الساكن لخطاف الرافعة للعديد من المقاطع العرضية المختلفة مثل المستطيل و شبه المنحرف مع تطبيق الحمل نفسه على خطاف الرافعة باستخدام العديد من المواد المختلفة كمادة للخطاف صلب الهياكل والحديد المطاوع وسبائك الألمونيوم كمادة لخطاف الرافعة و تحليل الكلال .

1.2 مواصفات النموذج

لإنشاء نموذج من خلال برنامج SOLIDWORKS لخطاف الرفع تم افتراض الأبعاد للخطاف حيث كان القطر الداخلي $R_i = 90mm$ والقطر الخارجي للخطاف $R_o = 190mm$ وعليه تم تحديد المساحة من المقطع العرضي الدائري حيث تم تثبيت المساحة لجميع المقاطع الدائري و المستطيل وشبه المنحرف أي نفس المساحة لجميع المقاطع العرضية ، و الجدول (1-2) أدناه يوضح خواص أو بعض المواصفات للمعادن المستخدمة كمادة لتصنيع الخطاف و أيضًا بفرض عامل أمان 5 لجميع المقاطع العرضية .



الشكل (1 - 2)

الجدول (1-2) يوضح بعض الخواص للمعادن المستخدمة كمادة لخطاف الرفع

Properties		
Name:	AISI 1010 Steel, hot rolled bar	AISI 1045 Steel, cold drawn
Model type:	Linear Elastic Isotropic	Linear Elastic Isotropic
Default failure criterion:	Max von Mises Stress	Max von Mises Stress
Yield strength:	1.8e+008 N/m ²	5.3e+008 N/m ²
Tensile strength:	3.25e+008 N/m ²	6.25e+008 N/m ²
Elastic modulus:	2e+011 N/m ²	2.05e+011 N/m ²

Poisson's ratio:	0.29	0.29
Mass density:	7870 kg/m³	7850 kg/m³
Shear modulus:	8e+010 N/m²	8e+010 N/m²
Thermal expansion coefficient:	1.22e-005 /Kelvin	1.15e-005 /Kelvin

1.1.2 العتبات المنحنية

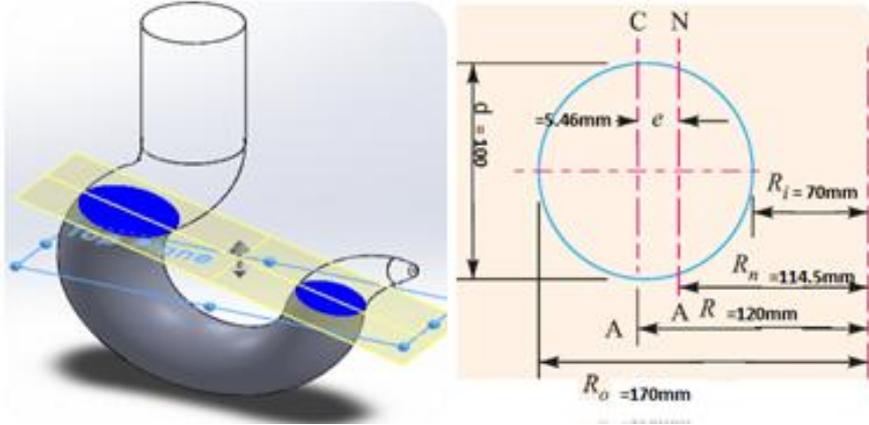
غالبًا ما تتعرض عناصر الآلات ذات الأجزاء المنحنية لأحمال الانحناء أو الأحمال المحورية أو لمجموعة من أحمال الانحناء المحوري. مع انخفاض نصف قطر الجزء المنحني، يصبح الضغط الناتج عن الانحناء أكبر وتكون نتائج معادلات العتبات المستقيمة عند استخدامها أقل إرضاءً ولكن بافتراض أن قانون هوك ساري المفعول للعتبات المنحنية المرنة، بالنسبة لنصف قطر الانحناء الصغير نسبيًا، قد تكون الضغوط الفعلية أكبر بكثير من القيمة التي يتم الحصول عليها في العتبات المستقيمة، لقد أثبت من خلال نتائج التجارب المرنة في حالة العتبات المنحنية، لذلك يكون المحور المحايد لا يتطابق مع المحور الذي يمر بمركز النقل 'cancroids' ولكن ينتقل في اتجاه مركز الانحناء. وقد وجد أيضًا أن إجهاد الضغط في المنحني الخارجي لا تتناسب مع إجهاد الشد على المنحني الداخلي عند المحاور المحايدة، كما هو مفترض لعتبة مستقيمة.

3. التحليل النظري

$$\sigma_i = \frac{My_i}{AeR_i} \quad \text{إجهاد الضغط على ألياف المنحني الداخلي للخطاف}$$

$$\sigma_o = \frac{My_o}{AeR_o} \quad \text{إجهاد الشد على ألياف المنحني الخارجي للخطاف}$$

$$\sigma_t = \frac{M}{A} \quad \text{الإجهاد المباشر على الخطاف}$$



الشكل (1-3)

1.3 حسابات الإجهاد النظري للمقطع العرضي الدائري

$$R_i = 90\text{mm}$$

$$R_o = 190\text{mm}$$

$$R_n = \frac{[\sqrt{R_o} + \sqrt{R_i}]^2}{4} = \frac{[\sqrt{190} + \sqrt{90}]^2}{4} = \frac{541.53}{4} = 135.38\text{mm}$$

$$R_c = R_i + \frac{d}{2} = 90 + \frac{100}{2} = 140\text{mm}$$

$$e = R_c - R_n = 140 - 135.38 = 4.62\text{mm}$$

$$A = \frac{d^2 \times \pi}{4} = \frac{100^2 \times \pi}{4} = 7853.9\text{mm}^2$$

$$\sigma_t = \frac{W}{A} = \frac{10 \times 10^3}{7854} = 1.27\text{MPa}$$

$$x = d = 100\text{mm}$$

$$M = W \times x = 10 \times 10^3 \times 100 = 2 \times 10^6\text{Nmm}$$

$$\sigma_i = \frac{My_i}{AeR_i}$$

$$y_i = R_n - R_i = 135.38 - 90 = 45.35\text{mm}$$

$$y_o = R_o - R_n = 190 - 135.38 = 54.62\text{mm}$$

$$\sigma_i = \frac{My_0}{AeR_0} = \frac{1 \times 10^6 \times 45.35}{7853.9 \times 4.62 \times 90} = 14.87 \text{ MPa}$$

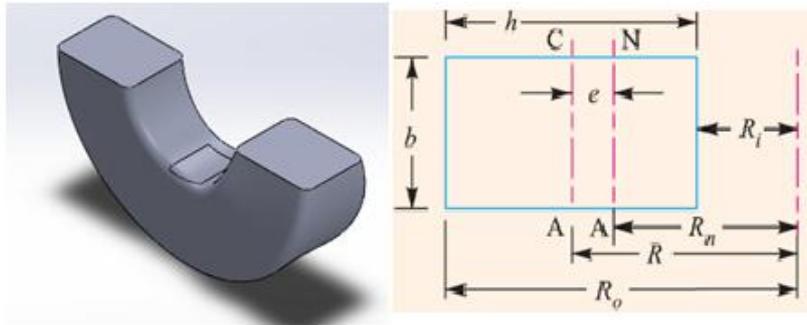
$$\sigma_0 = \frac{My_0}{AeR_0} = \frac{1 \times 10^6 \times 54.62}{7853.9 \times 4.62 \times 190} = -1 \text{ MPa}$$

الجدول (1-3) يوضح قيم الإجهاد النظري من خلال قانون هوك للعتبات المرنة للمواد المختلفة صلب 1010 و صلب 1045 كمادة تصنيع الخفاف وذلك للمقطع العرضي الدائري

الجدول (1-3)

المقطع العرضي الدائري					
Load KN	$\sigma_t + \sigma_i$ MPa	$\sigma_t + \sigma_0$ MPa	σ_i MPa	σ_t MPa	σ_0 MPa
10	15.17	-6.65	13.90	1.27	-7.92
02	30.34	-13.30	27.79	2.55	-15.85
03	45.51	-19.95	41.70	2.38	-23.77

1.1.3 حسابات الإجهاد النظري للمقطع المستطيل



الشكل (2-3)

$$R_i = 90mm$$

$$R_0 = 190mm$$

$$R_n = \frac{h}{\ln\left(\frac{R_0}{R_i}\right)} = \frac{100}{\ln\left(\frac{190}{90}\right)} = 133.8mm$$

$$R_c = R_i + \frac{d}{2} = 90 + \frac{100}{2} = 140mm$$

$$e = R_c - R_n = 140 - 133.8 = 6.2mm$$

تحديد مساحة المقطع لشكل المستطيل

$$A = 7854 mm^2$$

$$A = hb$$

$$h = R_0 - R_i$$

$$h = 190 - 90 = 100$$

$$7854 = 100 \times b$$

$$b = \frac{7854}{100} = 78.54mm$$

$$\sigma_t = \frac{W}{A} = \frac{10 \times 10^3}{7854} = 1.27 MPa$$

$$x = d = 100mm$$

$$M = W \times x = 10 \times 10^3 \times 100 = 1 \times 10^6 Nmm$$

$$\sigma_i = \frac{My_i}{AeR_i}$$

$$y_i = R_n - R_i = 133.8 - 90 = 43.8mm$$

$$y_0 = R_0 - R_n = 190 - 133.8 = 56.2mm$$

$$\sigma_i = \frac{My_i}{AeR_i} = \frac{1 \times 10^6 \times 43.8}{7853.9 \times 6.2 \times 90} = 9.99 MPa$$

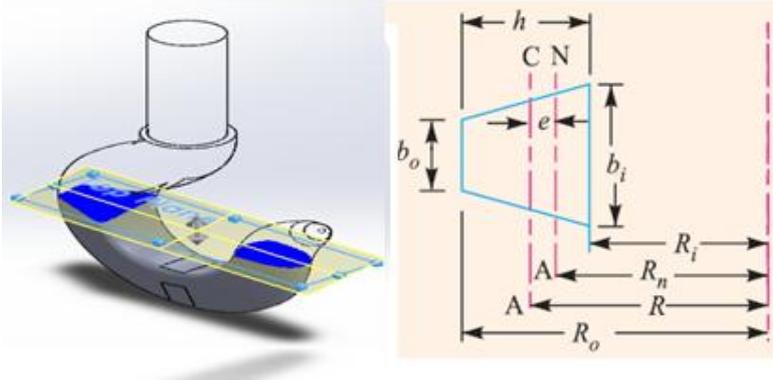
$$\sigma_0 = \frac{My_0}{AeR_0} = \frac{1 \times 10^6 \times 56.2}{7853.9 \times 6.2 \times 190} = -6.10 MPa$$

الجدول (2-3) يوضح قيم الإجهاد النظري من خلال قانون هوك للعتبات المرنة للمواد المختلفة صلب 1010 و صلب 1045 كمادة تصنيع الخطاف وذلك للمقطع العرضي المستطيل

الجدول (2-3)

المقطع العرضي المستطيل					
Load KN	$\sigma_t + \sigma_i$ MPa	$\sigma_t + \sigma_o$ MPa	σ_i MPa	σ_t MPa	σ_o MPa
10	3211.	4.83-	0510.	1.27	6.10-
02	64.22	9.66-	20.10	2.55	12.20-
03	497.33	14.48-	15.03	3.82	18.31-

2.1.3 حسابات الإجهاد النظري للمقطع الرباعي او شبه منحرف



الشكل (3-3)

$$R_i = 90mm$$

$$R_o = 190mm$$

$$R_n = \frac{\left(\frac{b_i+b_0}{2}\right) h}{\left(\frac{b_i R_0 - b_0 R_i}{h}\right) \ln\left(\frac{R_0}{R_i}\right) - (b_i - b_0)}$$

$$R_n = \frac{((100 + 57.08)/2) \times 100}{\left(\frac{100 \times 190 - 57.08 \times 90}{100}\right) \ln\left(\frac{190}{90}\right) - (100 - 57.08)} = 129.5mm$$

$$R_c = R_i + \frac{h(b_i + 2b_0)}{3(b_i + b_0)} = 90 + \frac{100(100 + 2 \times 57.08)}{3(100 + 57.08)} = 135.45mm$$

$$e = R_c - R_n = 135.45 - 129.5 = 5.98 mm$$

$$A = 17854 mm^2$$

$$\sigma_t = \frac{W}{A} = \frac{10 \times 10^3}{7854} = 1.27 MPa$$

$$x = d = 100mm$$

$$M = W \times x = 10 \times 10^3 \times 100 = 1 \times 10^6 Nmm$$

$$\sigma_i = \frac{My_i}{AeR_i}$$

$$y_i = R_n - R_i = 129.5 - 90 = 39.5mm$$

$$y_0 = R_0 - R_n = 190 - 129.5 = 60.5mm$$

$$\sigma_i = \frac{My_i}{AeR_i} = \frac{1 \times 10^6 \times 39.47}{7853.9 \times 5.95 \times 90} = 9.34 MPa$$

$$\sigma_0 = \frac{My_0}{AeR_0} = \frac{1 \times 10^6 \times 60.53}{7853.9 \times 5.95 \times 190} = -6.78 MPa$$

الجدول (3-3) يوضح قيم الإجهاد النظري للعتبات المرنة للصلب 1010 و الصلب 1045 كمادة الخفاف وذلك للمقطع العرضي شبه المنحرف أو الرباعي

الجدول (3-3)

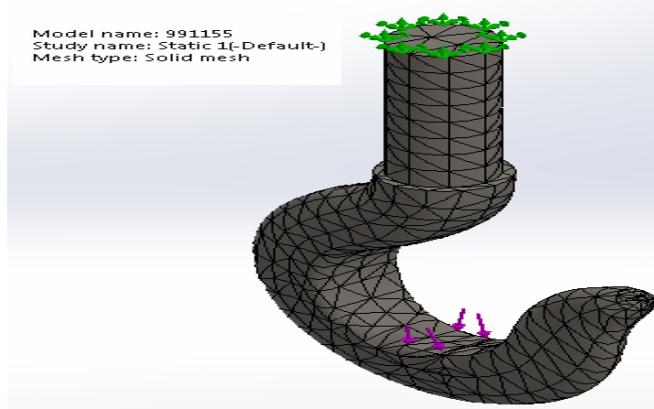
للمقطع العرضي شبه المنحرف					
<i>load</i>	$\sigma_t + \sigma_i$	$\sigma_t + \sigma_0$	σ_i	σ_t	σ_0
<i>KN</i>	<i>MPa</i>	<i>MPa</i>	<i>MPa</i>	<i>MPa</i>	<i>MPa</i>
10	10.61	-5.51	9.34	1.27	-678
02	21.21	-11.02	18.67	2.55	-13.57
03	31.82	-16.53	28.00	3.82	-20.35

1.2.3 المنهجية

تتلخص التقنيات المستخدمة في تنفيذ هذا البحث بشكل سريع في ، استخدام الباحث solidworks لتحليل الإجهادات على خطاف الرفع لتبسيط التجربة ، حيث تتضمن الدراسة التحليل الساكن و المحاكاة وكل الخطوات التي تليها لإنجاز أهداف هذه الدراسة.

4. تحليل العناصر المحدودة لخطاف الرفع باستخدام SOLIDWORKS

أصبحت طريقة العناصر المحدودة أداة سائدة للتحليل العددي لمجموعة واسعة من المشاكل الهندسية، تتعدد التطبيقات لدراسة التشوهات وتحليل الإجهاد على أجزاء الآلات و هياكل الطائرات و السيارات ، وبناء الهياكل الكبيرة مثل الجسور و السفن .. مع التقدم في تكنولوجيا برمجيات الكمبيوتر وأنظمة CAD ، أصبح من السهل حل المشاكل الصعبة و تصميم الأجزاء المعقدة باستخدام طريقة FEM وفي هذه الطريقة من التحليل ، يتم تقسيم المنطقة المعقدة إلى سلسلة متصلة من الأشكال الهندسية البسيطة تسمى العناصر المحدودة، و لذلك يتم النظر في خصائص المواد والعلاقات المؤثرة على هذه العناصر، والنظر في قيود التحميل والنتائج لمجموعة من المعادلات. و لحل هذه المعادلات يعطينا السلوك التقريبي للاستمرارية، حيث الشكل (4-1) يوضح طريقة تقسيم خطاف الرفع إلى سلسلة متصلة من الأشكال الهندسية البسيطة تسمى العناصر المحدودة .

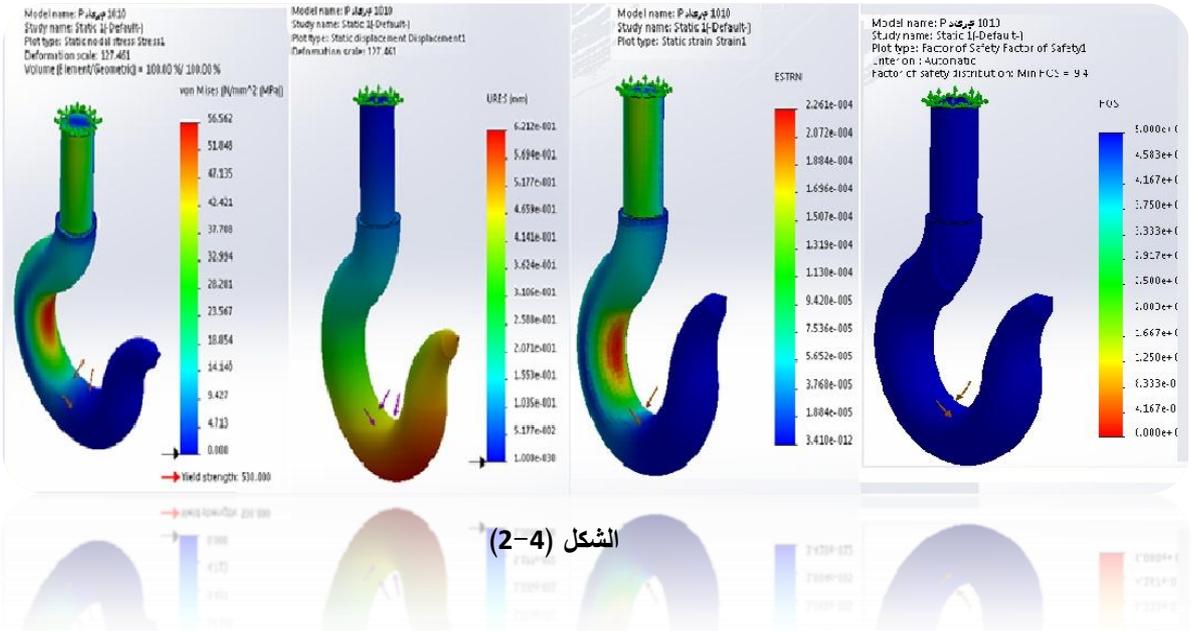


الشكل (1-4)

1-4 قيم الإجهاد الأقصى على المقاطع العرضية المختلفة لخطاف الرفع الفولاذي

الشكل (2-4) أذناه يوضح أماكن قيم أقصى إجهاد وانفعال و إزاحة وأيضاً أقل قيمة لعامل الأمان

على بنية الخطاف ذي المقطع العرضي الدائري كما في الجدول (1-4)



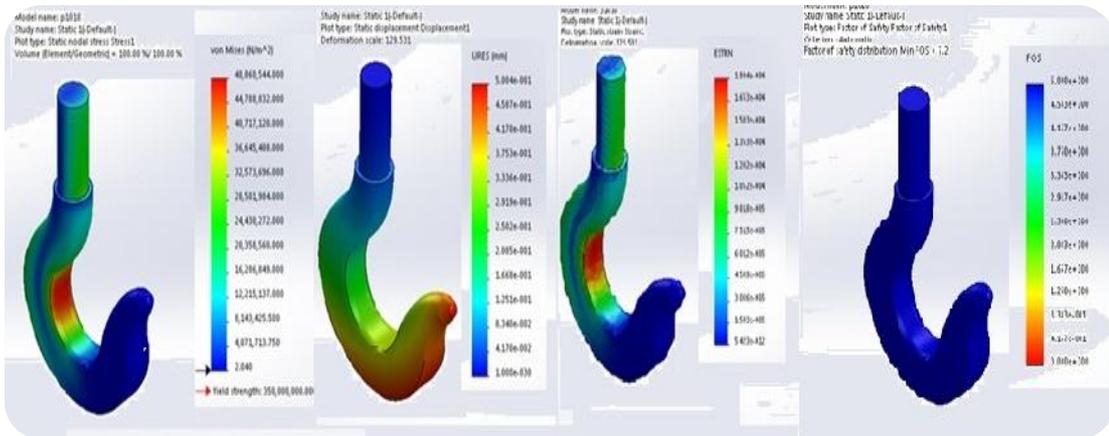
الشكل (2-4)

الجدول (1-4) يحتوي على قيم الإجهاد و الإزاحة والانفعال و أقل عامل أمان لكل عملية تحميل، وهذه القيم مستحثة من خلال التحليل الساكن لمواد مختلفة صلب 1010 و صلب 1045 كمادة تصنيع الخفاف وذلك للمقطع العرضي الدائري .

الجدول (1-4)

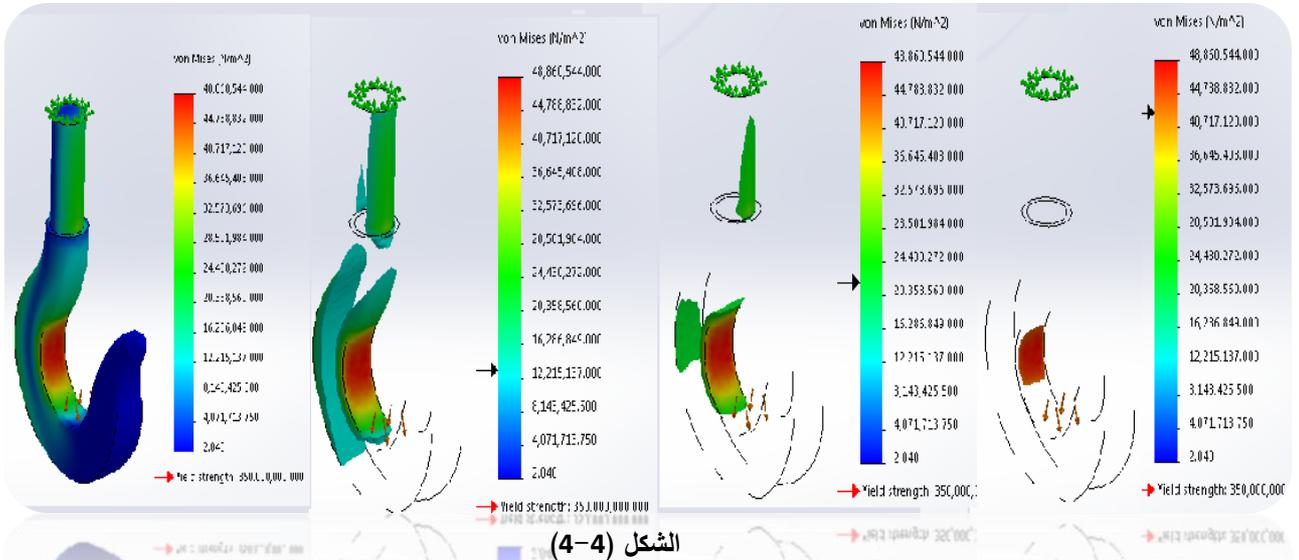
AISI 1010 Steel, hot rolled bar								
AISI 1045 Steel, cold drawn								
load KN	1010 VON: von Mises Stress FEM MPa	Displace ment mm	Strain × 10 ⁵	Fact or of Safet y min	1045 VON: von Mises Stres FEM MPa	Displace ment mm	Strain × 10 ⁵	Factor of Safety min
10	19.6	0.212	7.720	9.5	18.80	0.207	7.536	28
02	4139.	0.425	15.45	4.8	37.60	0.414	15.07	14
03	58.71	0.637	23.18	3.2	56.40	0.621	22.61	9.8

الشكل (3-4) أدناه يوضح أماكن قيم أقصى إجهاد وانفعال وإزاحة أو (قيمة تشكل) و أيضاً أقل قيمة لعامل الأمان على بنية الخفاف ذي المقطع العرضي المستطيل كما في الجدول (2-4)



الشكل (3-4)

الشكل (4-4) يوضح إجراء قطاعات بإزالة طبقات معدن الخطاف التي تكون أقل عرضة للإجهاد حسب التدرج في الألوان حيث اللون الأزرق الغامق ليس عليه أي تأثير للإجهاد و تكون من أكثر الأماكن أمانًا و الأماكن التي لونها الأزرق الفاتح و الأخضر تكون عرضة لبعض الإجهادات لكنها في منطقة الأمان و كلما اتجهنا إلى أعلى نتجه إلى الأماكن التي تكون عرضة لإجهاد أعلى حتى الوصول إلى الأماكن التي يمثلها اللونان الأصفر و الأحمر وهي أماكن الخطر أو الأماكن التي يؤثر عليها أقصى إجهاد .



الشكل (4-4)

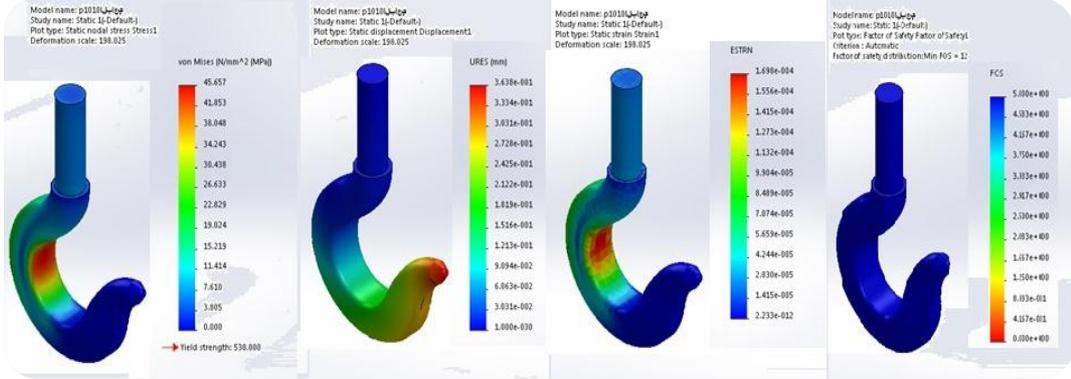
الجدول (2-4) يحتوي على قيم الإجهاد والانفعال و الإزاحة او التشوه و أقل عامل أمان لكل عمليات التحميل المختلفة ، وهذه القيم من خلال محاكاة باستخدام برنامج السوليدوركس SOLIDWORKS في الحالة الساكنة للصلب 1010 و صلب 1045 كمادة للمقطع العرضي المستطيل .

الجدول (4-2)

AISI 1010 Steel, hot rolled bar للمقاطع المستطيل
AISI 1045 Steel, cold drawn

load KN	1010 VON: von Mises Stress FEM MPa	Displace ment mm	Strain $\times 10^5$	Factor of Safety min	1045 VON: von Mises FEM Stress MPa	Displace ment mm	Strain $\times 10^5$	Factor of Safety min
10	16.18	0.172	6.487	11	16.38	0.167	6.063	32
02	32.36	0.344	12.97	5.6	32.77	0.334	12.130	16
03	49.16	0.513	18.864	3.7	49.15	0.501	18.190	11

الشكل (4 - 5) أذناه يوضح أماكن قيم أقصى إجهاد وانفعال وإزاحة أو (قيمة تشكل) وأيضاً أقل قيمة لعامل الأمان على بنية الختاف ذي المقطع العرضي شبه المنحرف .



الشكل (4-5)

الجدول (3-4) يحتوي على قيم الاعلى للإجهاد والانفعال و الإزاحة و أقل عامل أمان لكل عمليات التحميل المختلفة وهذه القيم من خلال منصة عمل في الحالة الساكنة للصلب 1010 و الصلب 1045 للمقطع العرضي شبه المنحرف أو الرباعي .

الجدول (3-4)

للمقاطع شبه منحرف AISI 1010 Steel, hot rolled bar								
AISI 1045 Steel, cold drawn								
load KN	1010 VON: von Mises FEM Stress MPa	Displacement mm	Strain $\times 10^5$	Factor of Safety min	1045 VON: von Mises FEM Stress MPa	Displacement mm	Strain $\times 10^5$	Factor of Safety min
10	15.17	0.124	5.816	12	15.28	0.121	5.674	35
02	30.33	0.248	11.63	5.9	30.36	0.242	11.35	17
03	45.50	0.371	17.45	3.9	45.84	0.362	17.02	12

5. التحليل والنتائج

قيم الإجهاد الأقصى في المقاطع العرضية المختلفة لخطاف الرافعة

قيم الإجهادات النظرية باستخدام قانون هوك و قيم الإجهادات العملية من خلال التحليل الساكن باستخدام طريقة FEM لمعدنين مختلفين للصلب 1010 و الصلب 1045 كمادة تصنيع الخطاف وذلك للمقطع العرضي الدائري الذي يمثل شكل الخطاف ، حيث من القيم في الجدول تكون النتائج متقاربة حيث قيم عامل الأمان تكون هي الأعلى بالنسبة للصلب 1045 من الصلب 1010 كما في الجدول (1-5) .

الجدول (1-5) .

AISI 1010 Steel, hot rolled bar للمقاطع الدائرية									
AISI 1045 Steel, cold drawn									
load KN	1010 VON: von Mises Stress FEM MPa	Factor of Safety min	1045 VON: von Mises Stres FEM MPa	Factor of Safety min	$\sigma_t + \sigma_i$ MPa	$\sigma_t + \sigma_0$ MPa	σ_i MPa	σ_t MPa	σ_0 MPa
10	19.6	9.5	18.80	28	15.17	-6.65	13.90	1.27	-7.92
02	4139.	4.8	37.60	14	30.34	-13.30	27.79	2.55	-15.85
03	58.71	3.2	56.40	9.8	45.51	-19.95	41.70	23.8	-23.77

الجدول (2-5) يوضح قيم الاجهادات النظرية و قيم الإجهادات العملية من خلال التحليل الساكن باستخدام طريقة FEM لمعدنين مختلفين للصلب 1010 و الصلب 1045 كمادة تصنيع الخفاف وذلك للمقطع العرضي المستطيل ، حيث من القيم في الجدول تكون النتائج متقاربة لكن من حيث عامل الأمان للصلب 1045 أعلى أمان من الصلب 1010 .

الجدول (2-5)

AISI 1045 Steel, cold drawn AISI 1010 Steel, hot rolled bar للمقاطع المستطيل									
load KN	1010 VON: von Mises FEM Stress MPa	Factor of Safety min	1045 VON: von Mises FEM Stress MPa	Factor of Safety min	$\sigma_t + \sigma_i$ MPa	$\sigma_t + \sigma_0$ MPa	σ_i MPa	σ_t MPa	σ_0 MPa
10	16.16	11	16.15	32	3211.	4.83-	0510.	1.27	6.10-
02	32.32	5.6	.6130	16	64.22	9.66-	20.10	2.55	12.20-
03	48.45	3.7	48.45	11	497.33	14.48-	15.03	3.82	18.31-

الجدول (3-5) يوضح قيم الإجهادات النظرية و قيم الإجهادات العملية من خلال التحليل الساكن باستخدام طريقة FEM و ذلك للمقطع العرضي شبه المنحرف أو الرباعي من الواضح من خلال النتائج تكون متقاربة جداً لمعدني تصنيع الخطاف من حيث الإجهاد والانفعال وقيمة التشكل أو الإزاحة لكن هنالك فرق واضح في قيم عامل الأمان .

الجدول (3-5)

AISI 1010 Steel, hot rolled bar <i>شبه منحرف</i>									
AISI 1045 Steel, cold drawn									
<i>load</i> <i>d</i> <i>KN</i>	<i>1010 VON:</i> <i>von Mises</i> <i>FEM Stress</i> <i>MPa</i>	<i>Factor</i> <i>of</i> <i>Safety</i> <i>min</i>	<i>1045 VON:</i> <i>von Mises</i> <i>Stress</i> <i>FEM</i> <i>MPa</i>	<i>Factor</i> <i>of</i> <i>Safety</i> <i>min</i>	σ_t + σ_i <i>MPa</i>	σ_t + σ_0 <i>MPa</i>	σ_i <i>MPa</i>	σ_t <i>MPa</i>	σ_0 <i>MPa</i>
10	15.17	12	15.28	35	10.61	-5.51	9.34	1.27	-678
02	30.33	5.9	30.36	17	21.21	-11.02	18.67	2.55	-13.57
03	45.50	3.9	45.84	12	31.82	-16.53	28.00	3.82	-20.35

1.6 الاستنتاجات

نتائج تحليل الإجهاد التي تم الحصول عليها من خلال طريقة FEM للمواد المختلفة كمادة للخطاف حيث كانت هذه المواد هي الصلب AISI 1010 Steel, hot rolled bar والصلب AISI 1045 Steel, cold drawn متقاربة من حيث الإجهاد والانفعال وقيمة التشوه أو التشكل ، حيث كان التباين واضحاً بشكل كبير في قيم عامل الأمان و كان الصلب AISI 1045 Steel, cold drawn هو الأفضل كما في كل الجداول أعلاه أما بالنسبة للمقطع العرضي للخطاف فكانت النتائج مختلفة كما في الجدول (3-5) حيث كان المقطع العرضي الرباعي أو شبه المنحرف الأكثر تحملاً للإجهاد و يظهر عنده أقل إجهاد أثناء عملية التحميل كما في الجدول (3-5) لذا من الممكن تصنيع الخطاف من الصلب AISI 1045 Steel,

cold drawn وله شكل المقطع عرضي شبه منحرف ، لأنه يقاوم الحد الأقصى من الإعياء (الكلال)

بشكل آمن قبل الفشل .

2.6 التوصيات

بعد دراسة شاملة في مجال العناصر المحدودة FEM لخطاف الرافعة يوصي الباحثون بما يلي :

- تحليل ديناميكي باستخدام إحدى البرمجيات لتوضيح سلوك الخطاف أثناء تعرضه للقوة الديناميكية في حالة التحميل .
- العمل على توفير المواد عن طريق التعديل للتحسين في مساحة المقطع العرضي مع مراعاة تركيز الإجهاد لتخفيض تكاليف التصنيع .
- يُنصح بإجراء اختبار المرونة الفوتوغرافي لخطاف الرافعة لغرض التحقق من أجل الحصول على رؤية أفضل لتركيز الإجهاد .

المراجع

- [1] Y.yokoyamal, "Study of Structural Relaxion- Induced Embrittelment of Hypoeutectic Zr-Cu- Al", Ternary Bulk Glassy Alloys,Acta Materialia, Vol. 56, No. 20, pp. 6097-6108, 2008.
- [2] Chetan N. Benkar 1, Prof. N. A. Wankhade2, Vol. 3 Issue 1, January – 2014, ISSN: 2278-0181 ,Design and Analysis of Crane Hook – Review,
- [3] Sayyedkasim Ali1, Harish Kumar2, Stress Analysis of Crane Hook with Different Cross Section Using Finite Element Method, IndiaIndex Copernicus Value (2013): 6.14 | Impact Factor (2013): 4.438
- [4] Yogesh Tripathi1, U.K Joshi2 IJRET: International Journal of Research in Engineering and Technology eISSN: 2319-1163 | pISSN: 2321-7308 Comparison of stress between Winkler-Bach theory and Ansys Finite Element Method for crane hook with a Trapezoidal cross-section
- [5] Patel Ravin B, Patel Bhakti K., (may 2014) ISSN:2319-7900 design and analysis of crane hook with different material

- [6] Amandeep Singh, Vinod Rohilla (IJMECH) Vol.4, No.4, November optimization and Fatigue Analysis of a crane hook using Finite Element Method
- [7] [7] Ms. Mamta .R. Zade, Stress Finite Element Analysis And Fatigue Analysis of Crane Hook With different MATERIALS, IndiaIndex Copernicus Value (2017)