

## التصميم الستاتيكي والديناميكي لجهاز اختبار العينات على التعب بفعل الشد والضغط

م. عبد الرحمن نوار، د. مصطفى طالب

كلية الهندسة الميكانيكية، جامعة إدلب

### الملخص:

يتلخص البحث في تصميم جهاز اختبار عينات من الفولاذ والألمنيوم على التعب بفعل الشد والضغط. يتألف الجهاز من كتلتين جزئيتين رئيسيتين وبعض الملحقات. تضم الكتلة الرئيسية الأولى نظام التحميل الهيدروليكي، والثانية هي القاعدة. يضم نظام التحميل الهيدروليكي محرك ومضخة متغيرة الغزارة ومجموعة من الصمامات والحساسات ومكبس لتطبيق حمولة الشد والضغط المحوريين بشكل ترددي ومتغير حسب المطلوب. بينما تحمل القاعدة كلاً من العينة ومجموعة النابض وملحقات الجهاز. الغاية من وجود النابض هي تطبيق الحمولة الديناميكية على العينة بشكل تدريجي حسب تردد الحمولة المطبقة. إن عدم وجود النابض يعني تطبيق الحمولة على العينة بشكل نبضة. تضم الملحقات حساسين لتحديد شوط المكبس وحساساً آخر لفصل التيار عن المحرك لدى كسر العينة وخلية حمولة (Load Cell) لقياس الحمولة المطبقة، بالإضافة إلى حساس لتسجيل عدد مرات تطبيق حمولة الشد والضغط. كما تم تزويد الجهاز بنظام تحصيل معلومات (Data Acquisition) موصول بالحاسب لتسجيل الحمل المطبق وعدد مرات تكرار الحمل اللازم لكسر العينة. يساعد نظام التحكم على تحديد تردد الحمل ضمن المجال (0-4 HZ). تم إنجاز نوعين من الدراسة على الجهاز بوجود عينة فولاذية بمساعدة برمجيات التحليل العددي (ANSYS 19.0).

**الكلمات المفتاحية:** تعب المعادن، اختبار التعب، عينات اختبار التعب، الشد والضغط

## **Static and Dynamic Design of Fatigue Testing Machine of Specimens Due to Tension and Compression**

**Abd Alrahman Nawwar, Dr. Mostafa Taleb**

### **Abstract:**

This research aims to design a fatigue testing machine, which applies tension and compression loads on specimens of steel and aluminum alloys. This machine consists of two main sub-assemblies and some accessories. The first sub-assembly is a hydraulic loading system and the second one is the base. The hydraulic system consists of an engine and a changed-flow pump, in addition to valves and sensors and a piston for applying axial repeated tension and compression load. The specimen, the spring and the accessories are installed on the base. The presence of the spring aims to applying the gradual dynamic load on the specimen. If there is no spring, the applying of the load will be as an impulse. The accessories consist of two sensors which determine piston stroke, a sensor to cut the power of the engine when the specimen is broken, a load cell to register the applied load and a final sensor to register the number of times the tension and compression loads are applied on the specimen. Data acquisition, connected to a computer to register the applied load and to register the number of repeated loads needed for breaking the specimen, was provided to the machine. The control system helps determine the load frequency inside the domain (0-4 HZ). Two types of analyses were achieved by the help of FEA software (ANSYS). The first is static study and the second is transient study.

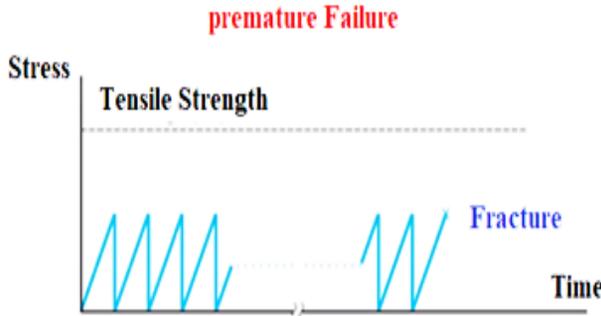
**Key words:** fatigue, fatigue test, specimens of fatigue, Tension and compression

## 1- أهمية ومبررات البحث:

التعب (Fatigue) هو الانهيار المفاجئ (Sudden Failure) للعناصر الإنشائية المعرضة لحمولات ديناميكية متكررة أثناء عملها بعد عدد معين من دورات التحميل (N Cycles). إن موضوع التعب ذو أهمية قصوى في المجال الهندسي للعناصر الإنشائية التي تتعرض للاهتزاز وخاصة في الأجسام الطائرة والقطارات والأجزاء المتحركة في جميع أنواع الآلات والجسور المعلقة ... الخ. وتشير الاحصائيات إلى أن أكثر من (90%) من الانهيارات في العناصر الإنشائية في المنشآت الهندسية تحدث بفعل التعب والشواهد على ذلك كثيرة [1].

إن خطورة الانهيار بالتعب تتضمن حصوله بدون إنذار مسبق، لذلك أخذت ظاهرة التعب (الكلال) جانباً مهماً من البحوث والدراسات التي تعالج فشل المعادن، إذ تركزت هذه البحوث والدراسات على طبيعة التعب وآلية الكسر ابتداء من تكون الشقوق وسلوكها خلال فترات نموها وانتهاء بالعمر العملي للأجزاء التي تتعرض إلى الإجهادات المتكررة التي تسبب التعب [2].

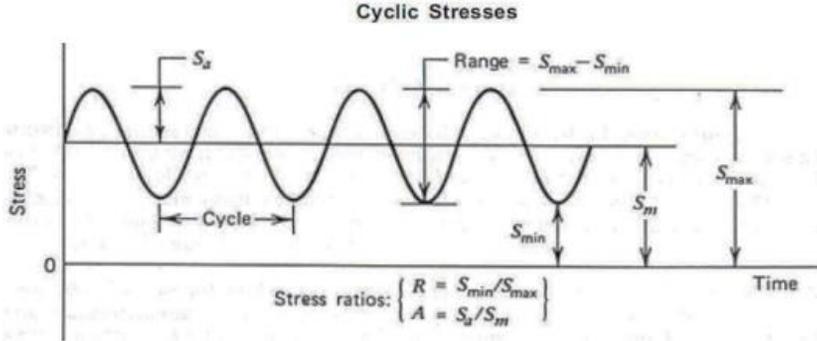
ويعتبر التحميل المتكرر ذا أهمية كبيرة في التطبيقات الهندسية إذ قد تتحمل المادة إجهاداً معيناً في حالة التحميل الستاتيكي بينما تنهار هذه المادة تحت تأثير نفس الإجهاد إذا كان مكرراً بعدد معين من دورات التحميل حتى لو كان الإجهاد أقل من إجهاد الخضوع. كما هو موضح بالشكل (1).



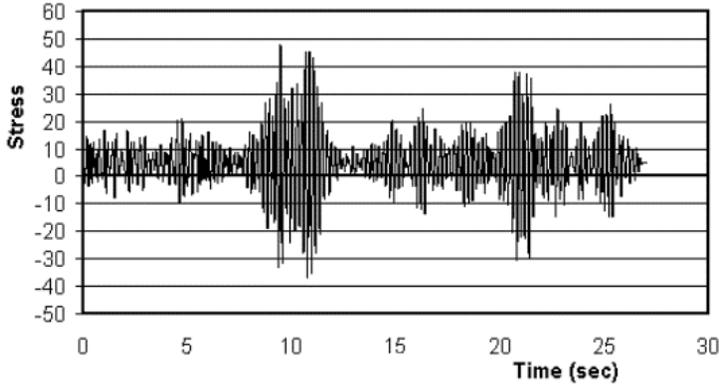
الشكل (1) حدوث التعب المبكر

## 2- الدراسة المرجعية:

تتعرض العديد من أجزاء الآلات للانهايار نتيجة للإجهادات الميكانيكية لأسباب تصميمية أو ميتالورجية، مما يسبب لها التعب أثناء حياتها في الآلة. ويمكن أن تسبب الحمولات المتكررة إجهادات دورية أو عشوائية حسب طبيعتها كما هو مبين في الشكلين (2) و(3)، [3].



الشكل (2) حمولة دورية متكررة (Cyclic Load)

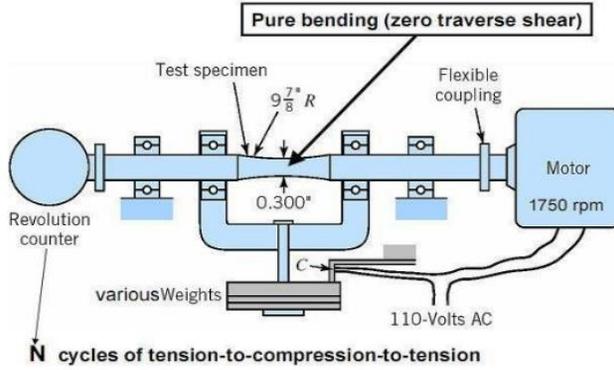


الشكل (3) حمولة عشوائية (Fluctuating Load)

ويمكن أن تكون الحمولة المتكررة حمولة شد أو ضغط أو شد وضغط معاً أو فتل، كما يمكن أن تكون حمولة الانعطاف مترافقة مع قص (Shear Force) أو انعطاف صرف (Pure Bending) أو حمولات مركبة تظهر الأشكال (4-5-6-7-8) بعض أجهزة اختبارات التعب إذ إن موضوع التعب حاز وبشكل واسع على اهتمام المهندسين والباحثين في علم المواد [4].

## 2-1- أجهزة التعب بفعل الانعطاف بالدوران (Rotating Bending)

في هذه الأجهزة يمكن تطبيق حمولة الانعطاف مترافقة مع قوى قص (Shear Force) أو انعطاف صرف (Pure Bending)، كما يبين الشكل (4).



الشكل (4) مخطط لآلة اختبار على التعب بفعل الانعطاف الصرف (Pure Bending) [5]

## 2-2- أجهزة التعب بالفتل: Torsion

يبين الشكل (5) جهاز اختبار على التعب بفعل الفتل، حيث إن أحد فكي الآلة ثابت والآخر يدور بزواوية معينة بالاتجاهين مع وعكس عقارب الساعة.

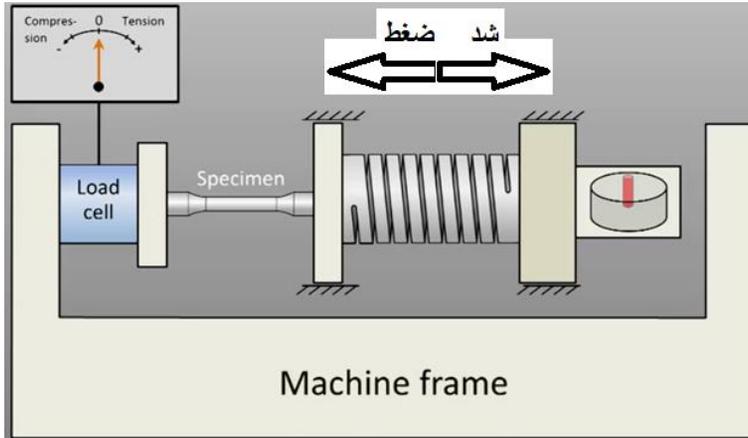
Angle control  
Test Frequency 1Hz  
Amplitude +/- 6°  
Test mode : sine-wave



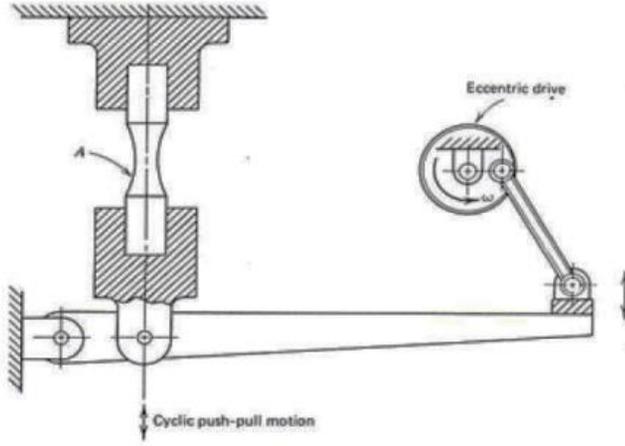
الشكل (5) صورة لآلة اختبار على التعب بفعل الفتل [6]

### 2-3- أجهزة التعب بالشد والضغط:

في هذه الأجهزة يمكن تطبيق حمولة الشد والضغط بطرق مختلفة مثلاً الضغط على نابض عن طريق مكبس هوائي أو هيدروليكي أو بشكل ميكانيكي. يبين الشكل (6) مخططاً لآلة اختبار على التعب بفعل الشد والضغط، حيث يقوم القرص اللامركزي (على يسار الشكل) بتطبيق حمولة شد وضغط على النابض والذي يقوم بدوره بنقل الحمولة إلى العينة ومن ثم إلى خلية الحمولة (Load Cell) والتي تمكن من قياس الحمولة المطبقة على العينة. كما تبين الأشكال (7) و(8) بعضاً من هذه الأجهزة المستخدمة في اختبارات التعب.



الشكل (6) مخطط لآلة اختبار على التعب بفعل الشد والضغط [7]



الشكل (7) مخطط لآلة اختبار عينة على التعب بفعل الشد والضغط (مقدار التشوه ثابت) [4]



الشكل (8) صورة لآلة اختبار حديثة على التعب بفعل الشد والضغط [4]

كما يمكن أن تكون الحمولة شداً أو ضغطاً فقط حسب تصميم الآلة والهدف من الاختبار. في هذا المشروع تم اعتماد فكرة الجهاز المبين بالشكل (6)، إذ تم استبدال القرص اللامركزي بمكبس هيدروليكي لتطبيق الحمولة الديناميكية على العينة.

### 3- المنهجية: Methodology

- 1- تحضير المخططات الأولية لجهاز الاختبار باستخدام برامج الرسم التصميم بمساعدة الحاسب CAD software.
- 2- اختيار مقاطع قياسية مناسبة للقاعدة من أجل تحمل الحمولة وتخفيض الاهتزاز.
- 3- تصميم الدارة الهيدروليكية المطلوبة وإجراء العديد من التجارب الأولية عليها قبل اختيارها.
- 4- اختيار المحرك والمضخة المناسبين.
- 5- تصميم المكبس مع نظام التبريد الخاص به (Double Jacket)
- 6- تصميم الماسك الخاص بالعيينة.
- 7- اختيار خلية الحمولة (3 ton).
- 8- اختيار الحساس اللازم لحساب عدد مرات تطبيق الحمل.
- 9- تصميم نظام تحصيل المعلومات اللازم (Data Acquisition)
- 10- اختيار الحساسين من أجل تحديد طول شوط المكبس في حالتي الشد والضغط.
- 11- اختيار حساس لفصل التيار الكهربائي عن المحرك لدى كسر العينة.
- 12- تم تزويد الحاسب ببرنامج لرسم شكل الحمولة المطبقة ومعرفة قيمتها.
- 13- رسم المخططات النهائية للجهاز باستخدام برنامج (Solid works).
- 14- تصنيع القطع.
- 15- تجميع القاعدة.
- 16- تجميع واختبار مجموعة الهيدروليك.
- 17- تحضير قاعدة بيتونية لتثبيت القاعدة عليها.
- 18- التجميع والتثبيت والمعايرة وإجراء الاختبارات الأولية.

#### 4- مصاعب آلية الاختبار : Difficulties of testing machine

##### 4-1- مشاكل التمحور : Pivoting Issues

- ◀ - ضبط محور تطبيق الحمولة على محوري العينة وخليّة الحمولة مروراً بالنابض وذلك لتفادي أي حمولات إضافية غير محورية على العينة أثناء الاختبار.
- ◀ - لتحقيق الهدف السابق تم وضع الدليلين الجانبيين على طول الجهاز.
- ◀ - ضبط أفقية القاعدة.

#### 4-2- المشاكل الإنشائية: Structural issues

- ❖ - تمت المبالغة في جميع أبعاد عناصر القاعدة للتغلب على الاهتزازات الناجمة عن تردد الحمولة من ناحية وللتغلب على التشوهات التي يمكن أن تحصل لعناصر القاعدة أثناء العمل.

#### 4-3- التعديل المطلوب: Modification Required

- ★ - تم إجراء أكثر من تعديل على القاعدة نتيجة الأخطاء في التصنيع بالإمكانات المتوفرة.
- ★ - تم تعديل ماسك العينة أكثر من مرة للوصول للشكل الحالي.
- ★ - تم تثبيت القاعدة على البلاط الموجود ولكن تبين فيما بعد ضعف تثبيتها لذلك تم إنشاء قاعدة بيتونية.

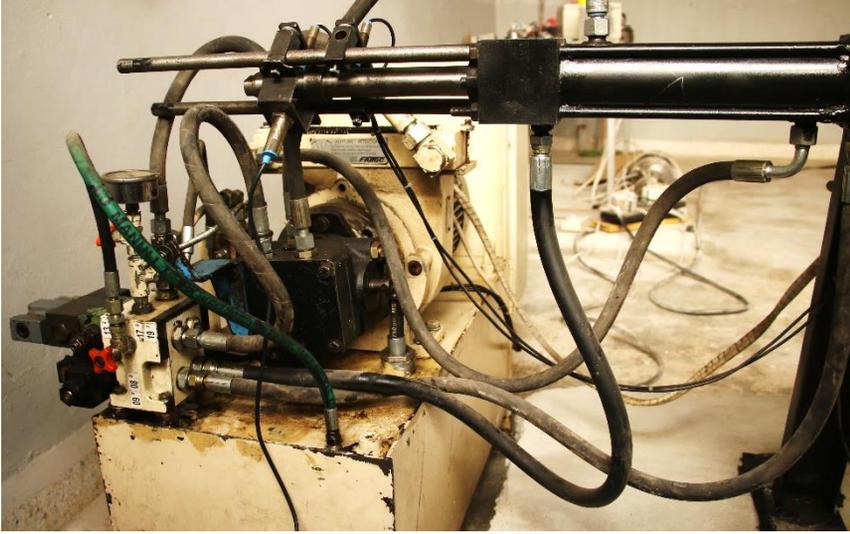
#### 5- التصميم واختيار العناصر الرئيسية للجهاز Design and selection of main components of machine

يتكون جهاز الاختبار بشكل أساسي من كتلتين رئيسيتين وبعض الملحقات.

##### 5-1- كتلة الهيدروليك وتتألف من: (الشكل (9))

- ① محرك كهربائي ثلاثي الطور باستطاعة  $(P = 5 \text{ hp} \cong 3.7 \text{ KW})$ .
- ② مضخة سحب نجمية موصولة مع المحرك مباشرة لسحب الزيت من الخزان.
- ③ مضخة متغيرة الغزارة تتلقى الزيت من المضخة السابقة.
- ④ صمام بدء العمل أو صمام تنظيم ضغط أول.
- ⑤ صمام التوجيه.

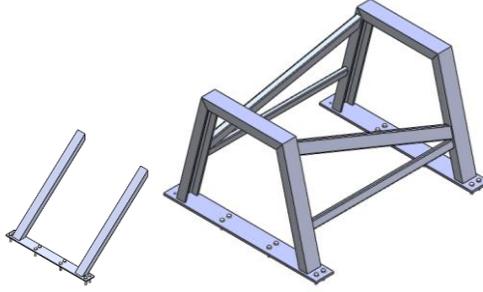
- ⑥ صمام تنظيم ضغط ثانٍ.
- ⑦ ساعة لقياس الضغط.
- ⑧ دارة تبريد الزيت مزودة بمروحة.
- ⑨ مكبس هيدروليكي باتجاهين مزود بداراة تبريد (Double Jacket)
- ⑩ خزان زيت بسعة حوالي (75 لتر) مزود بفلتر.



الشكل (9) كتلة الهيدروليك ويظهر فيها حساس تسجيل عدد مرات تطبيق الحمولة وحساسا تحديد شوط المكبس

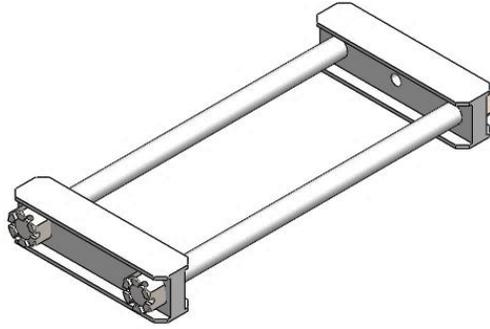
#### 5-2- كتلة القاعدة:

- تم تثبيت كتلة القاعدة على منصة بيتونية بأبعاد مناسبة لطول وعرض الجهاز وبسماكة حوالي (15 cm) كما في الشكل (10)، وتتألف من:
- 1- القاعدة: وتتألف من مجموعتين من المقاطع الفولاذية:
    - ← القاعدة الرئيسية: وهي مجمعة باللحام.
    - ← القاعدة الداعمة: وتتصل بالقاعدة الرئيسية باللحام.



الشكل (10) القاعدة الرئيسية والقاعدة الداعمة

2- مجموعة المحاور: وتتألف من محورين من الكروم المصقول بقطر (50 mm) وبطول (1015 mm) وبلاطتين من الفولاذ بسماكة (42 mm) وأربع صواميل ثقيلة للتجميع كما في الشكل (11). تثبت هذه المجموعة على القاعدة الرئيسية باللحام.



الشكل (11) مجموعة المحاور

3- مجموعة النابض Spring Assembly وتتضم:

- ❖ النابض: تم اختيار نابض بقطر سلك كبير (30 mm) ويعدد لفات (6) وبطول (262 mm) كما في الشكل (12). تم تحديد ثابت صلابة النابض تجريبياً ( $K = 300 \text{ N/mm}$ ). وقد تم اختيار النابض بهذه المواصفات من أجل تطبيق قوى كبيرة على العينة بانتقالات صغيرة وذلك من أجل تصغير شوط المكبس.
- ❖ بلاطتين من الفولاذ بسماكة (23 mm).
- ❖ تم تثبيت النابض على البلاطتين بواسطة أربع شكالات من كل طرف بقطر (8 mm) مثبتة ببراعي مزدوجة من كل طرف.

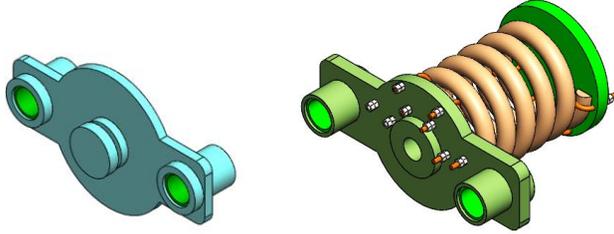
❖- تم تزويد البلاطة الإمامية بدليلين للانزلاق على الأميال الجانبية من أجل ضبط محورية الحمولة المطبقة.

❖- كما تم تلبس دليلي البلاطة الأمامية من الداخل بطبقة من البولي أميد بسماكة (5 mm) تقريباً من أجل تقليل الاحتكاك بين الدليلين والأيال.

4- القرص الخلفي ويتصل من الأمام مع مجموعة النابض ومن الخلف مع محور المكبس. الوصل بالبراغي.

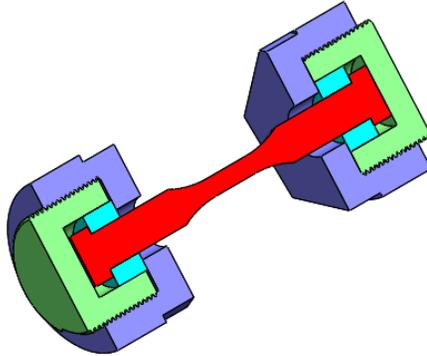
←- تم تزويد القرص الخلفي بدليلين للانزلاق على الأميال الجانبية من أجل ضبط محورية الحمولة المطبقة أيضاً.

←- كما تم تلبس دليلي البلاطة الأمامية من الداخل بطبقة من البولي أميد بسماكة (5 mm) تقريباً من أجل تقليل الاحتكاك بين الدليلين والأيال أيضاً.



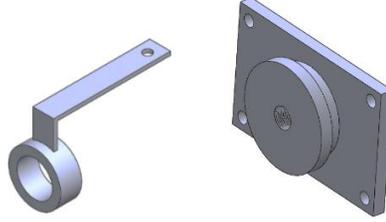
الشكل (12) مجموعة النابض والقرص الخلفي

5- ماسك العينة ويتألف من مجموعتين متناظرتين لمسك العينة من الطرفين، كل مجموعة تتألف من عدة قطع الشكل (13).



الشكل (13) الماسك مع العينة

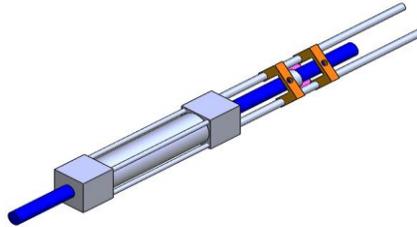
- 6- قاعدة تركيب خلية الحمولة: وتتألف من قطعتين ملحومتين معاً.  
7- قاعدة تثبيت حساس الفصل: وتتألف من قطعتين ملحومتين معاً.



الشكل (14) قاعدة تركيب خلية الحمولة مع قاعدة تركيب حساس الفصل.

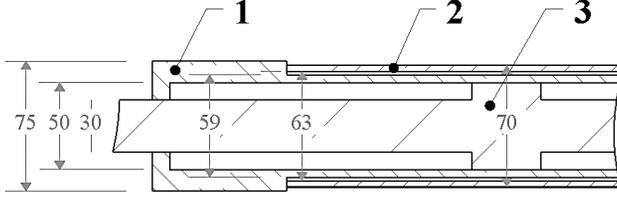
- 8- مجموعة المكبس (الشكل (15)): Piston Subassembly وتتألف من:

- 1- المكبس ومهمته تطبيق حمولة الشد والضغط على العينة.
  - ❖ قطر المكبس (50 mm) ويساوي القطر الداخلي لأسطوانة المكبس
  - ❖ القطر الخارجي لأسطوانة المكبس (59 mm)
  - ❖ قطر محور المكبس (30 mm)
  - ❖ المساحة الصافية للمكبس ( $12.56 \text{ cm}^2$ )
  - ❖ القطر الداخلي للجاكيت (63 mm)
  - ❖ القطر الخارجي للجاكيت (70 mm)
- 2- دارة تبريد الزيت في المكبس وهي تعمل بالزيت أيضاً، وقد صممت لتعمل بالماء إن لم يكن التبريد بالزيت كافياً أثناء العمل الطويل.
- 3- قاعدتي تثبيت حساسي تحديد طول شوط المكبس.
- 4- قاعدة تثبيت الحساس الخاص بتسجيل عدد مرات تطبيق الحمل.



الشكل (15) مجموعة المكبس

أما الشكل (16) فيمثل مقطعاً طولياً توضيحياً لمجموعة المكبس مع التوصيلات الموضحة في الشكل (9).



الشكل (16) مقطع توضيحي في مجموعة المكبس

1- جسم المكبس 2- الجاكت 3- المكبس مع المحور

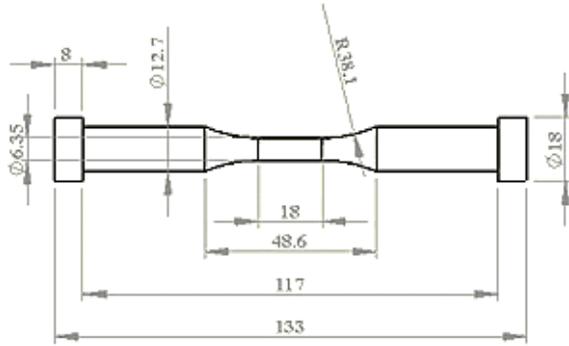
3-5- ملحقات الجهاز:

1- عينة الاختبار: وهي عينة قياسية من فولاذ النقل (الترانسمسيون) أو فولاذ الناقل للحركة (transmission Steel) وهو مصطلح مستخدم في مواصفة [8]:

(SAE 1008 - SAE 1010 - SAE 1012 - SAE 1013 VE ST-37)

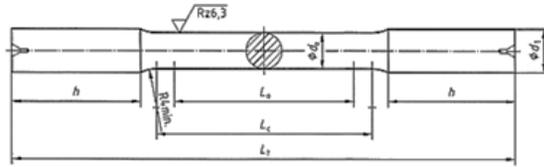
من الفولاذ، وهو فولاذ قابل للحام بشكل ممتاز لاحتوائه على نسب منخفضة من الكربون كما يحتوي على نسبة من المنغنيز (Mn) الذي يرفع من حد متانته (Ultimate Stress)، كما أنه رخيص الثمن ومتوفر بشكل قضبان وصفائح. هذه الخصائص جعلت هذا النوع من الفولاذ يستخدم في أجزاء الآلات والسيارات والأبراج بكثرة ولهذه الأسباب تم اختيار مادة العينة من هذا الفولاذ.

تم تزويد عينة الاختبار بأكتاف من الطرفين لإمكانية تطبيق قوى الشد والضغط عليها كما هو مبين بالشكل (17).



الشكل (17) عينة الاختبار الفولاذية [9]

تم إجراء اختبار شد لعينتي شد قياسييتين (الشكل (18)) لتحديد بعض المواصفات الميكانيكية لمعدن العينة على جهاز الشد وكانت النتائج كما في الجدول (1).



الشكل (18) عينة اختبار الشد [10]

$$d_0 = 10 \text{ mm}, d_1 = 13 \text{ mm}, h = 35 \text{ mm}, L_1 = 140 \text{ mm}$$

الجدول (1) نتائج اختبارات الشد للعينتين

الموصفة	العينة الاولى	العينة الثانية
الحمولة الاعظمية (KN)	50.51	51.3
الإجهاد الاعظمي (MPa)	643.5	654.14
إجهاد الخضوع (MPa)	572	559.5
الاستطالة (mm)	6.3	6.2
الانفعال الأعظمي (%)	12.6	12.4
سرعة التحميل (mm/min)	5	2.5

ولدى مقارنة نتائج اختبار العينات مع أصناف الفولاذ الأخرى نجد أن المواصفات الميكانيكية لفولاذ النقل المستخدم قريب من المواصفات الميكانيكية للفولاذ (AISI 1045 Medium Carbon). يبين الجدول (2) التركيب الكيميائي لهذا الفولاذ، والجدول (3) يبين بعض الخصائص الميكانيكية له.

الجدول (2) التركيب الكيميائي للفولاذ (AISI 1045 Medium Carbon) [11]

Carbon	Silicon	Manganese	Phosphorus	Sulphur
0.45%	0.25%	0.75%	0.05% max	0.05% max

الجدول (3) المواصفات الميكانيكية للفولاذ (AISI 1045 Medium Carbon) [11]

Finish	Yield Strength MPa	Tensile Strength MPa	Elongation %	Hardness HB
Cold Drawn	500-650	640-850	8 min	190-270

2- خلية الحمولة

3- حساس تسجيل عدد مرات تطبيق الحمولة

4- نظام تحصيل المعلومات



الشكل (19) خلية الحمولة ونظام تحصيل المعلومات وحساس تسجيل عدد مرات تطبيق الحمولة

- 5- حساسا تحديد شوط المكبس
- 6- حساس فصل الدارة الكهربائية عن المحرك لدى كسر العينة
- 7- حاسوب والبرنامج المحتوي على واجهة النتائج مبين بالشكل (13).



جامعة إدلب  
Idlib University

جامعة إدلب  
كلية الهندسة الميكانيكية

بحسب للحصول على درجة الدكتوراه في الهندسة الميكانيكية

دراسة تأثير خضونة المسطح والضغط على ظاهرة التعب وميكانيك الانحمار لعينات من الفولاذ والألمنيوم

Study of Effect of Surface Finishing and Geometry on Fatigue Phenomenon and Fracture Mechanics of Steel CK50 and AL 2024 Specimens

تصميم

المصنح محمد الرحمن نوار  
ماجستير في الهندسة الميكانيكية

أبحاث

الدكتور مسطوي طاهر  
دكتوراه في الهندسة الميكانيكية

Connection

---

Test

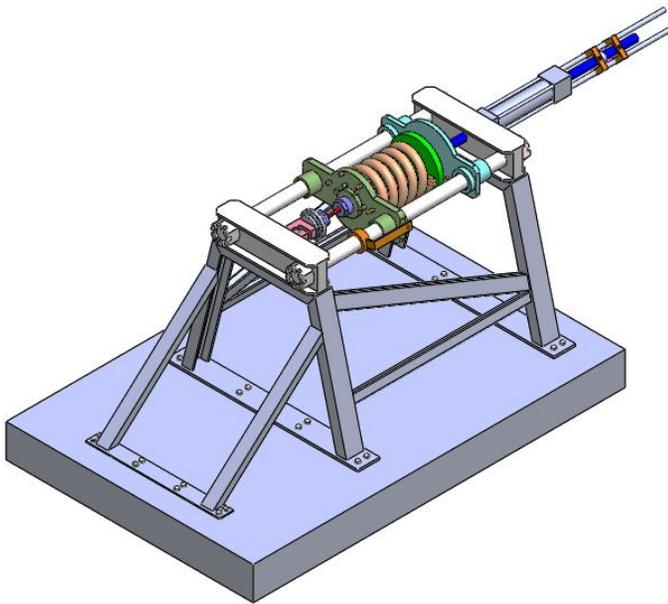
Applicable Load  N

Cycles Number  C

- الشكل (20) واجهة خرج نظام تحصيل المعلومات (مقدار الحمولة وعدد مرات تطبيقها)
- 8- دارة التحكم الكهربائية (الشكل (21)) أما الشكل (22) فيمثل القاعدة مجمعة ومثبتة على القاعدة البيتونية والشكل (23) عبارة صورة للجهاز والقاعدة.



الشكل (21) دائرة التحكم الكهربائية



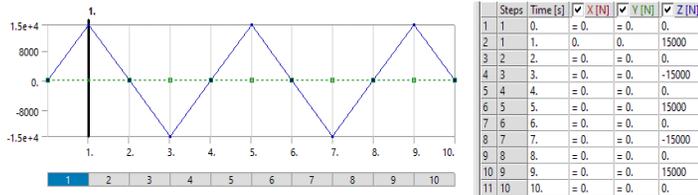
الشكل (22) القاعدة مجمعة بشكل كامل مع القاعدة البيتونية



الشكل (23) صورة عامة للجهاز مجعماً

## 6- الدراسة النظرية:

- ❖ - تم قياس ثابت صلابة النابض تجريبياً  $(K = 300 \text{ N/mm})$ .
- ❖ - يطبق المكبس لدى عمله حمولة شد وضغط خطيتين على العينة والنابض، أما بقية عناصر القاعدة فتتعرض إلى حمولات مختلفة. هذه الحمولات تكون ترددية حسب تردد القوة المطبقة على المكبس.
- ❖ - الحمولة المطبقة  $(F = \mp 15000 \text{ N})$ .
- ❖ - تم افتراض الزمن اللازم لتطبيق حمولتي الشد والضغط  $(t = 1 \text{ s})$ .
- ❖ - كما تم افتراض الزمن اللازم لارتداد النابض  $(t = 1 \text{ s})$  أيضاً.
- ❖ - الإجهاد النظري المحسوب  $(\sigma = \frac{F}{A} = 474 \text{ MPa})$ .
- ❖ - يظهر الشكل (24) شكل الحمولة المطبقة في الحل الديناميكي.



الشكل (24) تمثيل الديناميكية للقوى التي تتعرض لها العينة (الإشارة السالبة تدل أن اتجاه الحمولة المطبقة هو عكس اتجاه المحور Z)

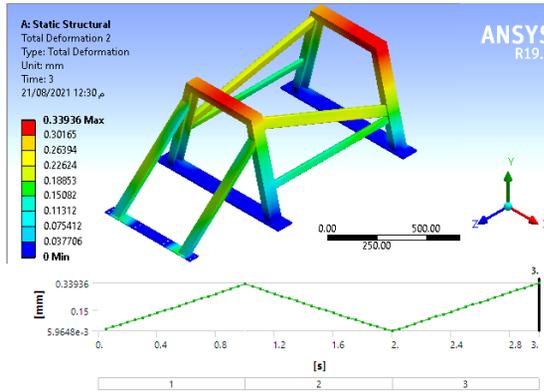
## 7- التحليل باستخدام العناصر المنتهية: Finite Element Analysis (FEA)

\*- تم استبدال خلية الحمولة بقطعة أسطوانية الشكل وبطولها تماماً.

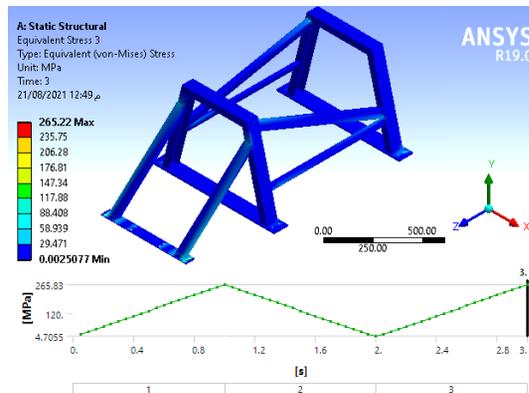
### 7-1 التحليل الستاتيكي:

☆- هنا تم افتراض أن الحمولة المطبقة هي ضغط ثم شد مع ارتداد النابض (دورة تحميل واحدة).

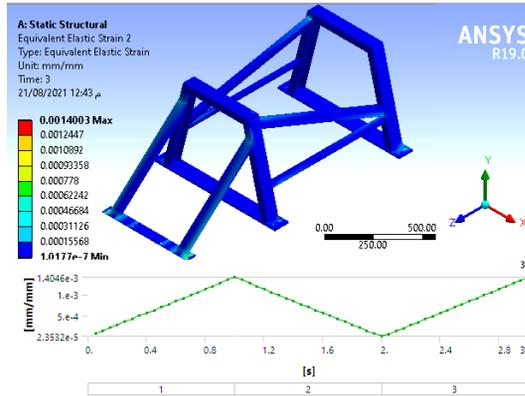
☆- تمت الدراسة بافتراض وجود احتكاك ( $f=0.02$ ). والأشكال من (25) وحتى (30) تظهر نتائج الدراسة.



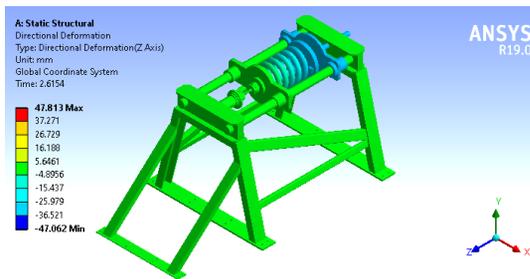
الشكل (25) توزيع الانتقالات (Total Deformation) في القاعدة



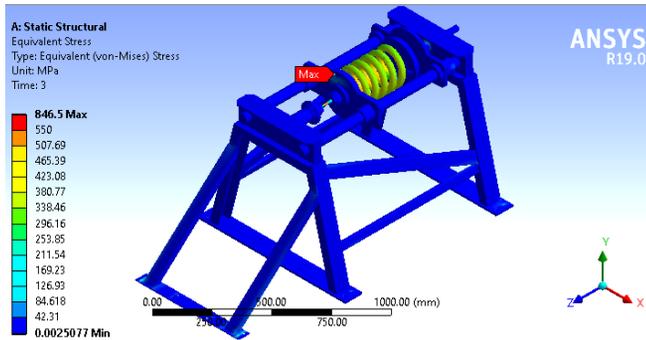
الشكل (26) توزيع الإجهاد المكافئ (Equivalent Stress) في القاعدة



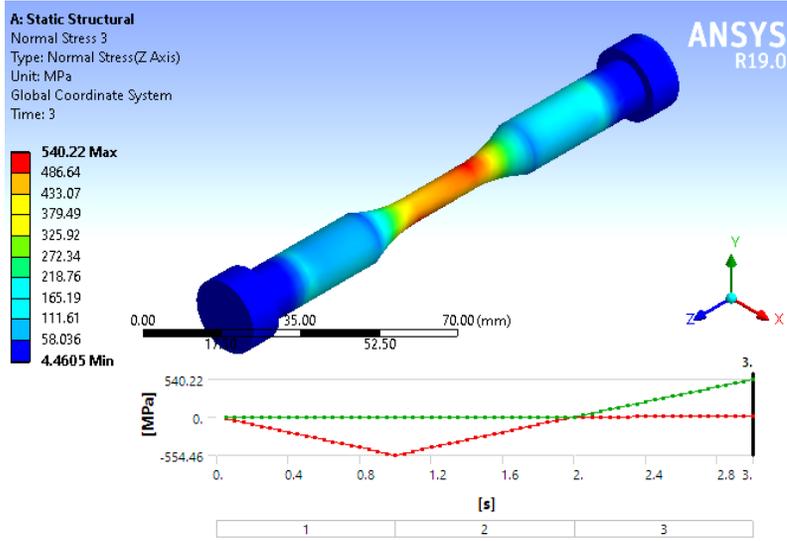
الشكل (27) توزيع الانفعال المرن المكافئ (Equivalent Elastic Strain) في القاعدة



الشكل (28) توزيع الانتقالات (Total Deformation) في القاعدة والناض



الشكل (29) الإجهاد المكافئ (Equivalent Stress) في القاعدة والناض



الشكل (30) توزيع الإجهاد الناظمي (Normal Stress) في العينة

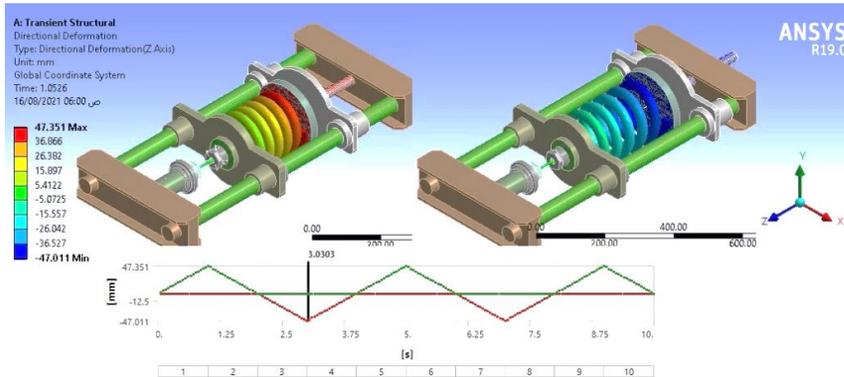
## 7-2- التحليل الديناميكي:

☆- هنا تم افتراض أن الحمولة المطبقة هي ضغط ثم شد مع ارتداد النابض كما هو مبين بالشكل (24).

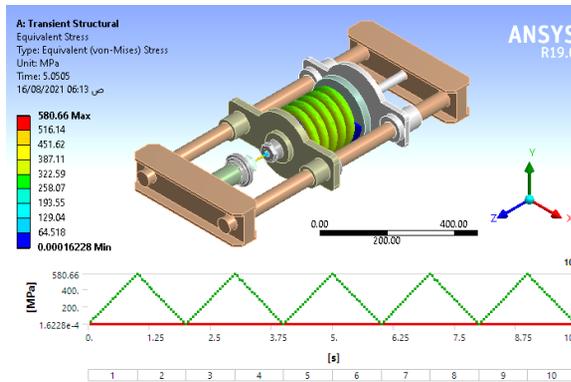
☆- تم افتراض أن كل عناصر القاعدة غير قابلة للتشوه (Rigid body) عدا النابض والعينة نظراً لصغر قيم كل من الإجهادات والانفعالات فيها وفق ما أظهرته الدراسة الستاتيكية السابقة.

كما تمت الدراسة الديناميكية في حالتين بوجود احتكاك وبدونه. وفي كلا الحالتين تمت دراسة توزيع الانتقال الاتجاهي والإجهاد المكافئ في العينة والنابض، وكذلك الإجهاد الناظمي والانفعال الناظمي المرن في العينة. وكانت النتائج كما في الأشكال (31, 32, 33, 34) على التوالي بالنسبة لحالة بدون احتكاك والأشكال (35, 36, 37, 38) لحالة بوجود احتكاك.

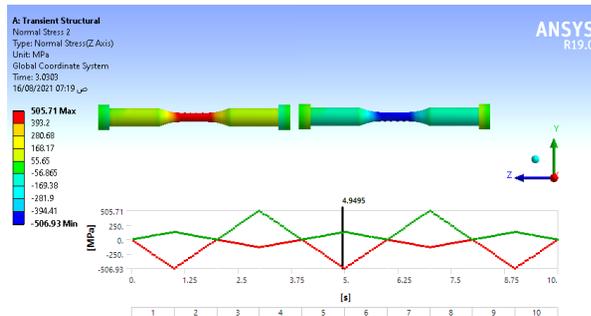
### Frictionless : 1-2-7 بدون احتكاك



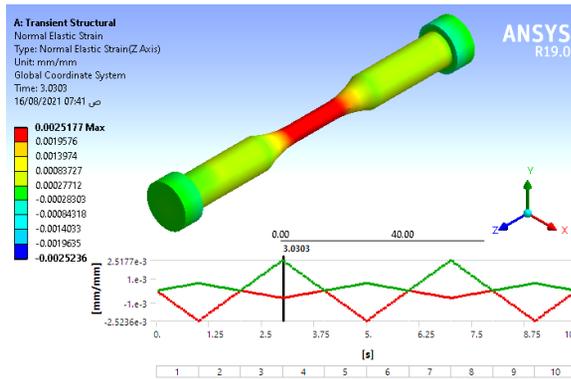
الشكل (31) توزيع الانتقال الاتجاهي (باتجاه المحور (Z) ) (Directional) Deformation في الجهاز



الشكل (32) الإجهاد المكافئ (Equivalent Stress) في العينة والناض

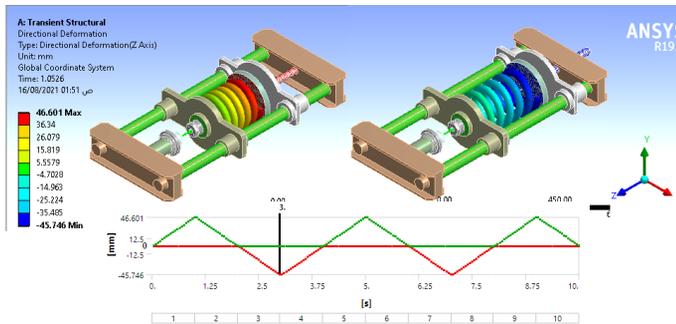


الشكل (33) توزيع الإجهاد الناظمي (Normal Stress) في العينة

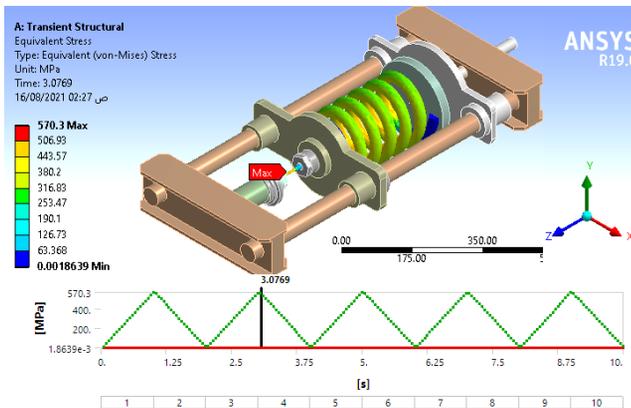


الشكل (34) الانفعال الناظمي المرن (Normal Elastic Strain) في العينة

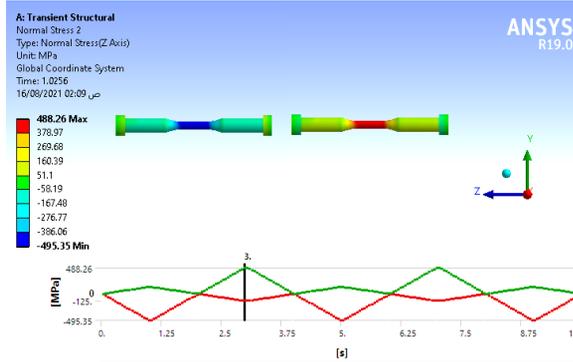
7-2-2- مع احتكاك Frictional



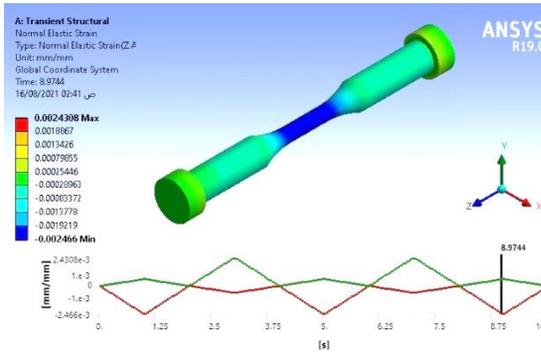
الشكل (35) الانتقال الاتجاهي (Directional Deformation) في النابض



الشكل (36) الإجهاد المكافئ (Equivalent Stress) في العينة والنابض



الشكل (37) توزيع الإجهاد الناظمي (Normal Stress) في العينة



الشكل (38) الانفعال الناظمي المرن (Normal Elastic Strain) في العينة

## 8- النتائج: Results

تبين الأشكال من (25) وحتى (38) نتائج الدراسة الستاتيكية والديناميكية للجهاز مع العينة الفولاذية. تم تلخيص القيم الأعظمية لنتائج الدراسة في الجدول (4).

الجدول (4) ملخص نتائج الدراسة الستاتيكية والديناميكية

التحميل الديناميكي		التحميل الستاتيكي f=0.02)	الخصائص	
مع احتكاك (f=0.02)	بدون احتكاك			
15000	15000	15000	الحمولة المطبقة (N)	
10	10	-	الزمن (s)	
-	-	0.33963	الانتقال mm	القاعدة
-	-	0.0014	الانفعال المرن	
-	-	265.22	الإجهاد المكافئ MPa	
0.13288 -0.13168	0.13598 -0.13641	0.48971 -0.48709	الانتقال الناظمي mm	العينة
0.0024308 -0.002466	0.002517 -0.00252	0.0026887 -0.0027593	الانفعال الناظمي المرن	
491.89	503.39	536.32	الإجهاد المكافئ MPa	
488.26 495.35	505.71 -506.93	540.22 -554.46	الإجهاد الناظمي MPa	
46.603	47.35	47.063	الانتقال mm	الناضب
0.00286	0.002912	0.0045	الانفعال المرن	
570.3	580.66	846.5	الإجهاد المكافئ MPa	

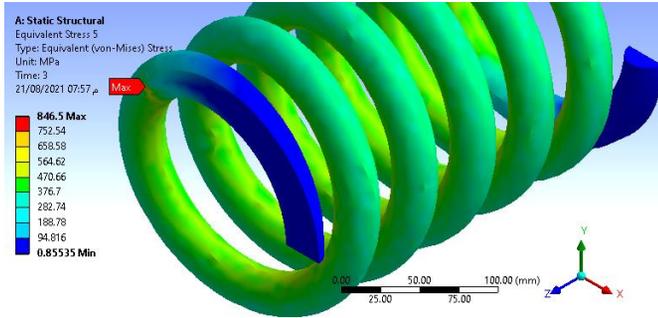
## 9- تحليل النتائج:

من الجدول (4) نلاحظ ما يلي:

- 1- من نتائج الحل الستاتيكي (الاشكال 25 حتى 29) نجد أن قيم الإجهاد والانفعال والانتقال في جميع عناصر القاعدة صغيرة جداً إذا ما قورنت بمثيلاتها في العينة، وهذا ما يؤكد صحة فرضية أن القاعدة غير قابلة للتشوه.
- 2- قيم الإجهادات والانتقالات في الحلين الستاتيكي والديناميكي متقاربان، ويعود الفرق بينهما، وهو بحدود (6%) كحد أقصى لتأثير الاحتكاك (معامل الاحتكاك

( $f = 2\%$ ) في الحل الديناميكي، حيث يقوم الاحتكاك بين الدلائل والمحاور بامتصاص جزء من الحمولة المطبقة، كما نلاحظ أن الاحتكاك يؤثر في جميع القيم بالمقارنة بين نتائج الحلين الديناميكي مع وبدون احتكاك.

3- من الجدول (2) والشكل (29) نلاحظ أن الإجهاد المكافئ في الطرف الأيسر من النابض ( $\sigma_{eq} = 846.5 \text{ MPa}$ ) وهذه القيمة كبيرة وغير واقعية وهي منطقة تركيز إجهاد صغيرة جداً يمكن تجاوزها في طريقة العناصر المنتهية (FEM) ويعود ذلك إلى عملية تقطيع الشكل (Mesh Geometry) وإذا أهملنا هذه النقطة نلاحظ أن الإجهاد المكافئ هو بحدود ( $\sigma_{eq} = 505 \text{ MPa}$ ) وهو من مرتبة الإجهاد الذي تتعرض له العينة كما يظهر الشكل (39).



الشكل (39) منطقة تركيز الإجهاد في النابض

4- بمقارنة توزيع الانتقال الناظمي بين الحلين الستاتيكي والديناميكي نلاحظ وجود فرق كبير وهو تقريباً يساوي الانتقال الأعظمي في القاعدة ويعود سبب ذلك إلى أنه تم اعتبار القاعدة غير قابلة للتشوه (Rigid Body) في الحل الديناميكي.

**10-المراجع العلمية: References**

- 1- امام، محمود. الصدمة والكلال، الباب الثاني، الكلال (التعب) Fatigue
- 2- زرنبي، محمد نظمي. 1980. مقاومة المواد. منشورات جامعة حلب. حلب. سورية.
- 3- ضايح عاصي. عبد الله، حسين عمران. سلمان، تأثير المراجعة لفولاذ متوسط الكربون على سلوك الكلال، The Iraqi Journal For Mechanical And Material Engineering, Vol.11,No.4,2011)
- 4- Azeez, Abass Adeyinka, 2013 “Mechanical Engineering and Poduction Technology” Riihimäki, 15/05/2013
- 5- [https://www.researchgate.net/figure/RR-Moore-rotating-beam-fatigue-testing-machine\\_fig1\\_323204925](https://www.researchgate.net/figure/RR-Moore-rotating-beam-fatigue-testing-machine_fig1_323204925)
- 6- <https://www.youtube.com/watch?v=N7E3jEU4Tg>
- 7- [https://www.youtube.com/watch?v=LhUclxBUV\\_E](https://www.youtube.com/watch?v=LhUclxBUV_E)
- 8- <https://www.alpsteel.com.tr/transmission-steels>
- 9- ASTM Standard E606\E606M-1
- 10- Din-50125:2004-01
- 11- <https://www.scribd.com/document/270358690/Medium-Tensile-Steel-a-is-i-1045>