

دراسة تأثير أسس المسند الهيدروداينميكي على أداءه معاملات النابضية للمسند.

ابراهيم علي محسن¹، هوازن نجم شباط²

^{2,1} قسم الهندسة الميكانيكية، كلية الهندسة، جامعة تكريت، تكريت، العراق.

¹dribrahemali4@gmail.com, ²omerkalil1976@gmail.com

الملخص

تعد المساند الهيدروداينميكية من المكونات المهمة لأغلب الأجزاء الدوارة والتي لها دور فعال في التطبيقات المختلفة، تناول البحث الحالي دراسة اداء المساند التقليدية وهي المساند الاكثر شيوعا لكونها سهلة التصنيع وكلفتها واطئة نسبيا، وسعة تحميلها عالية، غير انها ذات استقرارية قليلة اذا ما قورنت بغيرها من المساند الهيدروداينميكية وذلك لاملاكها معاملات نابضية مرافقة كبيرة وهي المعاملات المسؤولة عن ظاهرة التدويم. تم بناء نموذج رياضي وعرض معادلات التغير الحاصل في سمك طبقة الزيت، بالاضافة الى الصيغة الرياضية لمعادلة رينولدز، واعتمد الحل العددي لمعادلة رينولدز باستخدام طريقة الفروقات المحددة (خمسة عقد) وحلها بأستخدام البرنامج الحاسوبي (MATLAB)) حيث تم ايجاد قيم الضغوط على شريحة طبقة الزيت وحساب قيم معاملات النابضية لطبقة الزيت. وتم الأخذ بنظر الاعتبار طبقة الزيت والأساس على انها نوابض مربوطة على التوالي وايجاد معاملات النابضية المكافئة لها. بينت النتائج أن أخذ تأثير الأساس بالحسبان يؤدي الى تقليل معاملات النابضية المكافئة بشكل عام. كما بينت النتائج ان استخدام مواد مختلفة في الأكساء (اختلفت في قيم معامل يونك لها) يؤدي الى تغير معامل النابضية نسبة لطبقة الزيت وينسب مختلفة اعتمادا على نوعية مادة الاكساء، كما تم استخدام طريقة الأكساء الجزئي وظهرت النتائج النظرية تحسن بعض قيم النابضية وانخفاضها في بعض الاحيان.

الكلمات الدالة: المسند الهيدروداينميكي، أسس المسند الهيدروداينميكي، المسند التقليدي، الإكساء الجزئي.

DOI: <http://doi.org/10.32894/kujss.2019.14.4.10>

Study the Foundation Effect on the Hydrodynamic Bearing Performance.

Ibrahim A. Muhsin¹, Hawazen N. Shubat²

^{1,2} Department of Mechanical Engineering, College of Engineering, Tikrit University, Tikrit, Iraq.

¹dribrahimali4@gmail.com, ²omerkalil1976@gmail.com

Abstract

The hydrodynamic bearings are important components of most of the rotary parts in different applications. The current study examines the performance of the traditional type, which is the most common because they are easy to the manufactured, relatively low cost, but they have low stability compared with other type because they have large values for the cross coupling stiffness coefficients, which are responsible for the whirl phenomenon. The mathematical model was constructed and the equations of the thickness change oil film were presented. In addition to the mathematical formula of Reynolds equation, the numerical solution was adopted to solve it using a (five-nodes) scheme method and it is solved using the (MATLAB) software. The oil film and the foundation were considered as springs that were connected to each other in series and the equivalent stiffness coefficient are calculated. The results showed that taking the foundation effect into account reduces the overall values of the stiffness coefficient. The results showed that the use of different materials in the covering leads to a decrease in the equivalent stiffness coefficient value depending on the layer thickness of the covering. The method of partial covering caused an important of some of stiffness coefficient and decrease.

Keywords: Hydrodynamic bearing, hydrodynamic bearing foundation, conventional bearing, partial covering.

DOI: <http://doi.org/10.32894/kujss.2019.14.4.10>

1. المقدمة:

المساند هي عبارة عن الية تتكون من جزئين أو أكثر ومرتبطة بشكل يسمح بالتحميل وكذلك الحركة النسبية بينهما والتي تكون خطية أو دورانية. ان الغرض من استخدام المساند الهيدروداينميكية هو توفير الدعم والاسناد لأعمدة الدوارة والذي يكون اما شعاعيا أو محوريا. عادة يتم تصميم هذه المساند بالأخذ بنظر الاعتبار السلوك الديناميكي للماكنة وتوفير قيم محددة من معاملات النابضية والتخميد، ويكتسب هذا الأمر أهمية خاصة في المكائن عالية السرعة. ان السلوك الديناميكي (الصلابة الديناميكية والتخميد الديناميكي) للمسند الهيدروداينميكي يعتمد على شكل المسند (اسطوانة، وسادة مائلة، ...الخ)، والسماحية بين المسند والعمود الدوار، ولزوجة الزيت. وان التعديل في اي من هذه العوامل يغير في سلوك المسند من حيث الاهتزازات العالية، الحك (البليان)، أو درجة حرارة عالية. تسبب الحركة الانتقالية للجزء الدوار ضمن حدود معينة واعاقه المزيث لهذه الحركة ما يسمى بالنابضية في المساند الهيدروداينميكية. اقل عدد يمكن أفترضه لمعاملات النابضية هو اربع اثنان منها تدعى بمعاملات النابضية الاساسية، واثنان منها تسمى بمعاملات النابضية المرافقة، ويرافق هذه المعاملات أربع معاملات تخميد، كما موضح بالشكل 1-2. وتعد هذه المعاملات من السمات الديناميكية للمسند [1]. قام الباحثان (Peng & Carpino) [2] بدراسة حساب معاملات النابضية والتخميد لمساند رقائق الغاز الدعومة مطاطيا، حيث استخدموا الغاز المثالي كمادة تزييت، وتم وصف سلوكه باستخدام معادلة رينولدز حيث ان النموذج الهيكلي يتألف من اسس مرنة فقط. واستخدما طريقة الفروقات المحددة لحل الأربع معاملات من النابضية والتخميد. وقد استنتجا بأن الأسس المرنة تقلل من معاملات النابضية والتخميد بصورة كبيرة نسبيا. قام الباحث (مهند زيدان) [4] بدراسة تحليل التحميل الديناميكي لوسادات المسند الديناميكي قابلة للضبط، حيث استخدمت طريقة الفروقات المحددة لحل معادلة رينولدز ذات البعدين وهذه المعادلة تضمنت ايجاد سمك طبقة الزيت الكلية (سمك طبقة شريحة الزيت ومادة الوسادة والتشوه المرن نتيجة الضغط المتولد) كما تمت دراسة عدة عوامل منها معاملات النابضية والتخميد وكذلك خسائر القدرة في اداء المسند. اثبتت النتائج ان سرعة مركز العمود بمقدار قيمة نسبة اللامركزية. كما تم تحديد القيمة القصوى لسرعة مركز المحور بواسطة قيم الطول والقطر. لوحظ ان معامل النابضية العمودي k_{yy} يزداد مع زيادة نسبة اللامركزية وخسارة الطاقة تزداد بزيادة نسبة الطول الى القطر. قام الباحث (Benasciutti) [6] بدراسة الاداء السكوني والديناميكي لمسند اسطواني نسبة الطول الى القطر فيه=0.6 ولزوجة الزيت فيه متغيرة تبعا لعاملتي الضغط ودرجة الحرارة،

وذلك من خلال حل معادلة رينولدز باستخدام طريقة العناصر المحددة لحساب معاملات النابضية الاربعة (k_{yy} , k_{yx} , k_{xy} , k_{xx}) بنظام احداثيات الاقفي (x) والشاقولي (y)، حيث تم الربط بين القيمة البعدية لمعاملات النابضية ونسبة اللا مركزية (n) بمدى يتراوح من (0.2-0.245)، حيث تبين انه بزيادة نسبة اللا مركزية (n) تزداد قيم معاملات النابضية ويكون سلوكها لا خطيا وبالتدرج من القيم العليا الى القيم الدنيا، ابتداء من المعامل k_{yy} يليه المعامل k_{xy} بعده k_{xx} ثم k_{yx} . قام الباحثان (Reddy Ganji & Kakoty) [7] بدراسة تأثير الملمس الاسطواني على الخصائص الديناميكية للمسند المقعدي، حيث استخدم معادلة رينولدز وقاما بحلها بطريقة الفروقات المحددة. وقد استنتجا بأن الملمس الاسطواني يسلك استقرار افضل من المسند المقعدي العادي. قام الباحث (محمد عويد) [8] بدراسة تأثير عدد الوسادات على معامل النابضية في المساند الهيدروداينميكية باستخدام البرنامج الحاسوبي (MATLAB)، حيث استخدم الباحث طريقة الفروقات المحددة لحساب معامل النابضية للمسند معتمدا على خمسة نماذج من هذا المسند اختلفت بعدد وساداتها من ثلاث الى سبع وسادات ضمن نسبة معينة من اللامركزية تراوحت من (0.1_0.5)، حيث تبين ان المسند التقليدي له معاملات نابضية مرافقة كبيرة القيمة مقارنة مع معاملاته الاساسية، اما معاملات النابضية في مسند الوسادات فتسلك سلوك معاكس عن المسند التقليدي حيث كانت المعاملات الاساسية هي المسيطرة على نابضية المسند، وعن تأثير عدد الوسادات فزيادة أعداد الوسادات تتخفف كل من قيمتي المعاملات الاساسية والمرافقة على حد سواء، اما عن العدد الامثل للوسادات فكان ثلاث وسادات بغية الوصول الى استقرارية جيدة ونابضية عالية، كما اثبت الباحث انه عند عدد معين من الوسادات وبثبوت نسبة اللامركزية (n) تزداد النابضية بزيادة زاوية ميل الوسادة (δ).

2. الجزء النظري:

في الموديل الرياضي تم عرض معادلات التغير الحاصل في سمك طبقة الزيت، بالإضافة الى الصيغة الرياضية لمعادلة رينولدز وعرض الشروط الحدية للضغط على سطح المسند قيد الدراسة. اما الحل العددي فقد تم فيه حل معادلة رينولدز باستخدام طريقة الفروقات المحددة (خمسة عقد) تم حلها باستخدام البرنامج الحاسوبي (MATLAB) حيث تم ايجاد قيم الضغوط على شريحة طبقة الزيت ومن ثم ايجاد القوى المؤثرة ومحصلتها ومن ثم حساب قيم معاملات النابضية

لطبقة الزيت، حيث إن ϕ هي زاوية الهيئة، أما عن معاملات النابضية فتمت صياغتها بعد سلسلة من الاشتقاقات الصيغة النهائية لها هي [9]:

$$k_{rr} = \frac{\partial w}{\partial e} \cos \phi - w \frac{\partial \phi}{\partial e} \sin \phi \quad (1)$$

$$k_{ss} = \frac{w}{\varepsilon} \cos \phi \quad (2)$$

$$k_{rs} = \frac{-w}{\varepsilon} \sin \phi \quad (3)$$

$$k_{sr} = \frac{\partial w}{\partial e} \sin \phi + w \frac{\partial \phi}{\partial e} \cos \phi \quad (4)$$

حيث ان :

k_{rr} تمثل معامل النابضية الاساسي باتجاه (r) .

k_{ss} تمثل معامل النابضية الاساسي باتجاه (s) .

k_{rs} تمثل معامل النابضية المرافق تكون فيه القوة باتجاه (r) والازاحة باتجاه (s).

k_{sr} تمثل معامل النابضية المرافق تكون فيه القوة باتجاه (s) والازاحة باتجاه (r).

w تمثل الحمل او القوى الهيدروديناميكية للمسند.

ϕ تمثل زاوية الهيئة.

$\Delta \phi$ تمثل مقدار التغير في زاوية الهيئة.

ε تمثل القيمة الابتدائية للامركزية.

Δe تمثل مقدار التغير في اللامركزية.

Δw تمثل مقدار التغير في القوى الهيدروديناميكية.

تم حل معادلة رينولدز باستخدام طريقة الفروقات المحددة وذلك عن طريق تقسيم سطح المسند الهيدروديناميكي تقسيماً شبكياً وبالالاتجاهين المحيطي والمحوري، ان ايجاد قيمة ضغط شريحة الزيت عند اي نقطة ($P_{i,j}$) يتم من خلال حل معادلة رينولدز (8). حيث أن عدد الشبكات ليس بالضرورة ان يكون متساوي في كلي الاتجاهين المحوري (m) والمحيطي

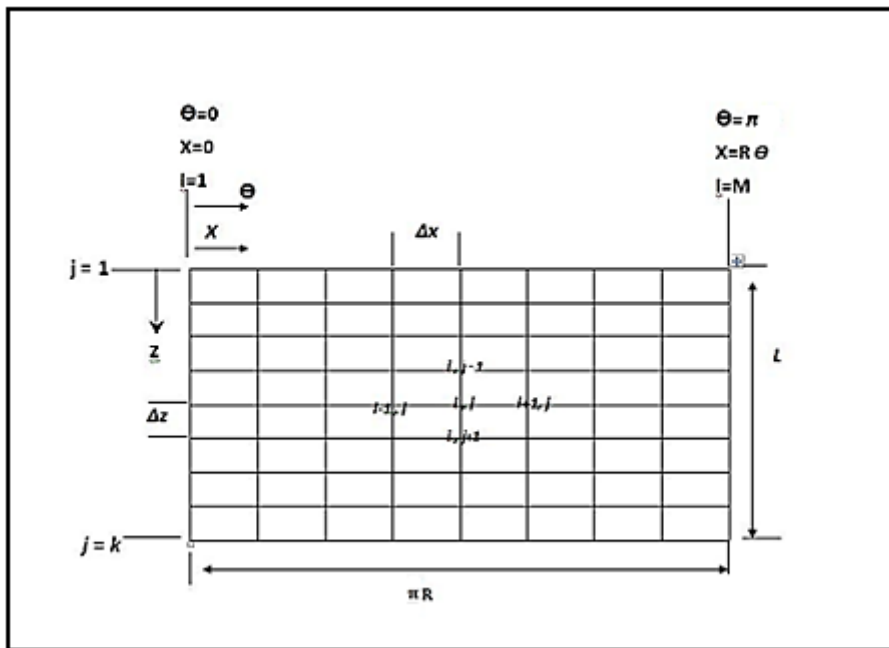
(k) كما مبين في الشكل 1، استخدمت في هذا الشكل العقد الخماسية لطريقة الفروق المحددة. وبعد سلسلة من

الاشتقاقات، يتم التوصل الى معادلة الضغط عند أي نقطة i, j في شبكة التحليل العددي:

$$P_{i,j} = C_1 P_{i+1,j} + C_2 P_{i-1,j} + C_3 P_{i,j+1} + C_4 P_{i,j-1} - C_5 \quad (5)$$

حيث ان $(C_1, C_2, C_3, C_4, C_5)$ هي مجرد معاملات تتعلق بأبعاد المسند والظروف التشغيلية مثل المزيث والسرعة

الدورانية.



شكل 1: التقسيمات المحورية والمحيطية على شبكة التحليل العددي لسطح المسند [10].

وباستخدام (σ_r) للمسند الاسطواني السميك والمضغوط ومن ثم باستخدام:

$$\sigma_r = E \times \epsilon_r \quad (6)$$

$$\frac{F_r}{A} = E \times \frac{\Delta t}{t} \quad (7)$$

حيث ان :

σ_r تمثل الاجهاد باتجاه نصف القطر و F_r القوى باتجاه نصف القطر، بينما ϵ_r تمثل الانفعال باتجاه نصف القطر.

ويضرب الطرفين في $(A/\Delta t)$ نحصل على:

$$\frac{F_r}{\Delta t} = \frac{E A}{t}$$

$$k_r = \frac{EA}{t}$$

اذن:

$$k_r = \frac{E \cdot \pi D L}{t} \quad (8)$$

t: سمك طبقة معدن الاكساء وغالبا يتراوح ما بين (5-10) ملم

E: معامل المرونة لطبقة معدن الاكساء (سبيكة الالمنيوم)

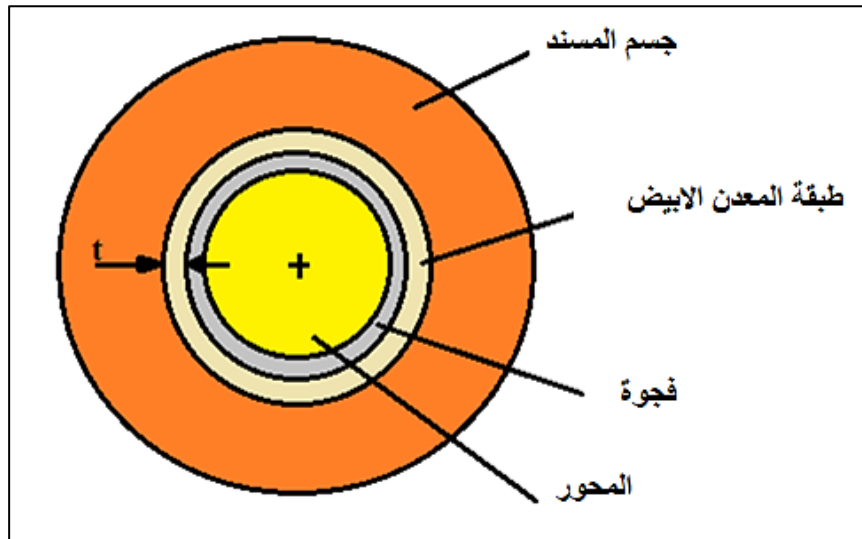
A: المساحة الحلقية

$$A = \pi D .L$$

D: قطر المسند

L: طول المسند

ومن الشكل 2:



شكل 2: تأثير اضافة طبقة الاكساء.

ثم (K_r) يحسب تحت ظروف التحميل حيث تمثل معاملات النابضية لطبقة الأساس فقط، حيث ان الضغط P يجب

ان يكون P_{av} ويحسب من:

$$P_{av} = \frac{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^k P_{ij}}{m.k} \quad (9)$$

اذن بعد حساب (Kr) تضاف الى معاملات النابضية التالية (K_{rr} , K_{rs} , K_{ss} , K_{sr}) باعتبارها نوابض مربوطة على

التوالي، والجدول 1 يبين القيم المستخدمة في البحث الحالي.

جدول 1: القيم التشغيلية المعتمدة في البحث الحالي.

الوحدات	القيم	المعنى الفيزيائي
m	0.025	Rb
m	0.00004375	Cr
m	0.025	Rp
m	0.05	L
Rpm	10000	N
Pa.S	0.04	η
Deg	0.01	$\delta(\text{del})$

3. النتائج والمناقشة:

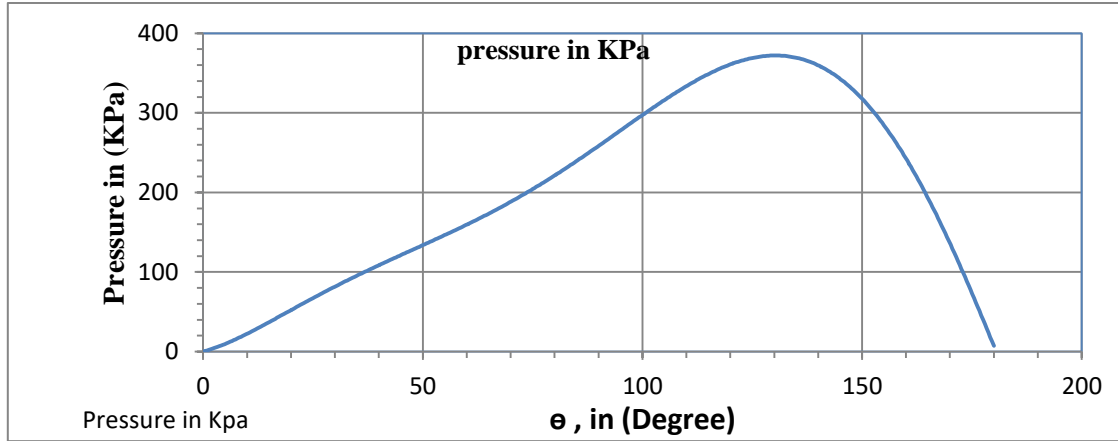
3.1 توزيع الضغط على سطح المسند:

أن سلوك منحنى الضغط مبين في الشكل 3 ونلاحظ ان اعلى قيمة لضغط الزيت قد وصلت الى (386.4 kPa) عند الزاوية 130^0 .

3.2 معاملات النابضية المكافئة للمسند باستخدام معادن مختلفة في الإكساء:

بشكل عام يؤدي الأخذ بنظر الاعتبار نابضية طبقة الإكساء الى انخفاض قيم معاملات النابضية الأساسية والمرافقة [12] ولكن مقدار الانخفاض يعتمد على نوع مادة الأساس فيما اذا كانت مرنة (soft) او صلدة (hard) حيث ان المادة المرنة تمتلك قيمة معامل يونك (E) صغيرة بعكس المادة الصلبة التي تكون لها قيمة (E) كبيرة فيؤدي ذلك الى تغيير أكبر في قيمة معامل النابضية للأساس وبالتالي معامل النابضية المكافئ K_{eq} . حيث استخدمت ستة مواد مختلفة تدرجت في قيم (معامل يونك) لها والجدول 2 يبين هذه المواد. الاشكال 4، 5، 6، 7 تبين سلوك معاملات النابضية الاربع مع نسبة اللامركزية (n) ولمواد متعددة استخدمت في الإكساء لطبقة الأساس للمسند التقليدي. ويتضح تأثير تغيير مادة الأساس على معاملات النابضية لكل الحالات ويبقى التصرف متماثل لكل معامل نابضية حيث يلاحظ انخفاض قيمة

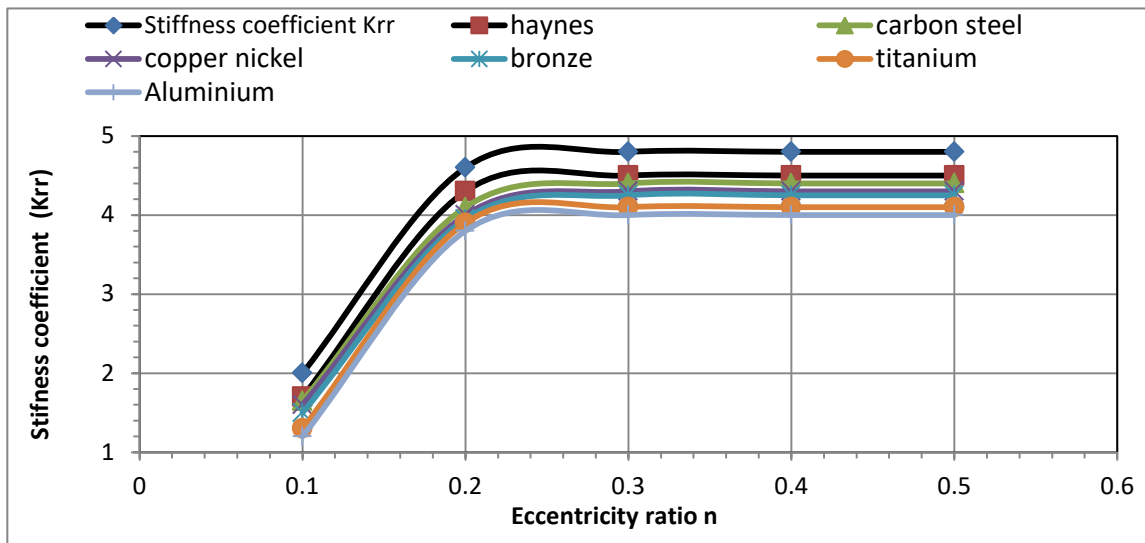
معاملات النابضية المكافئة عن قيمة معاملات النابضية لطبقة الزيت فقط ويعود السبب الى معاملات النابضية للمواد المستخدمة في الإكساء حسب قيم معامل يونك لها.



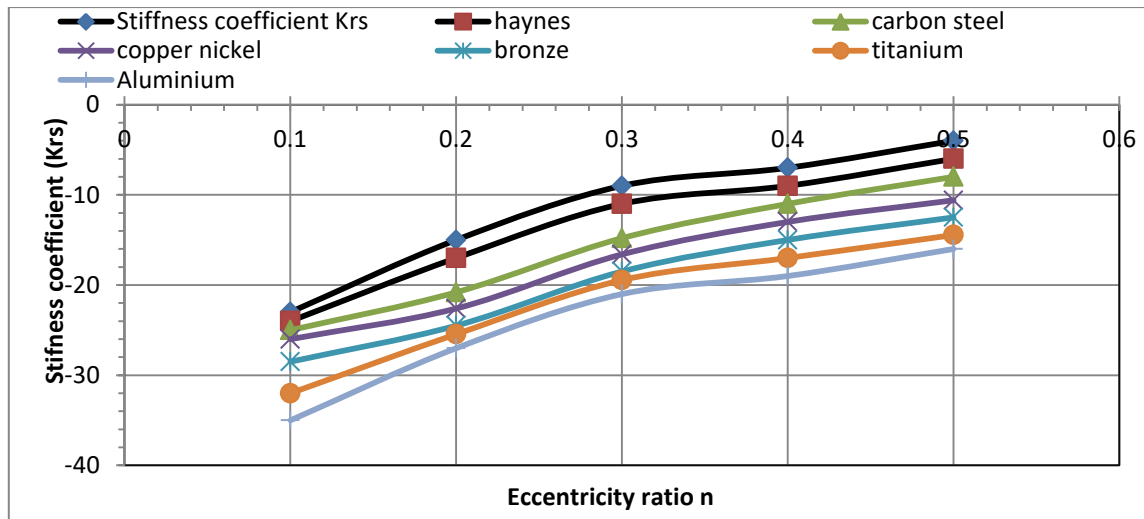
شكل 3: توزيع الضغط في المسند.

جدول 2: المواد المستخدمة في الإكساء وقيم معامل يونك لها

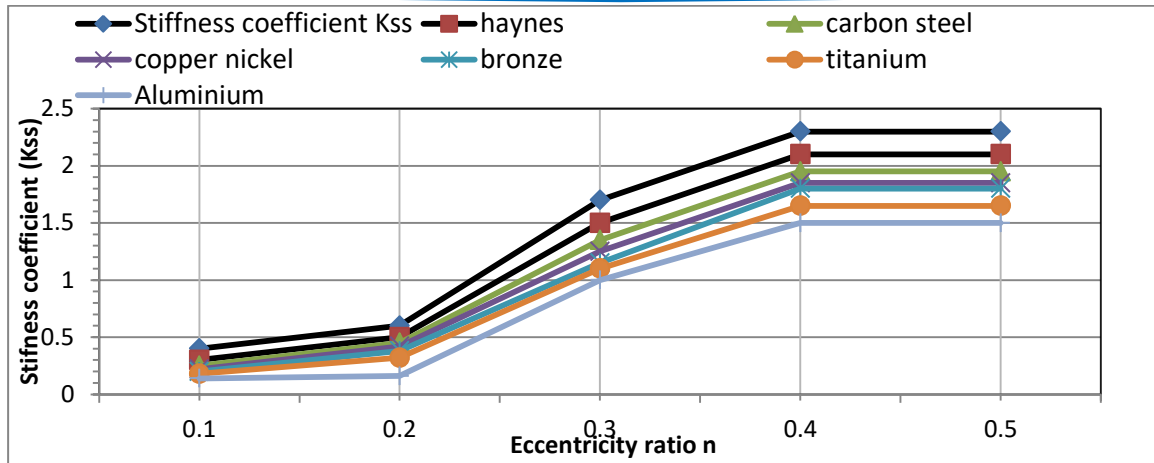
	Material	Young Modulus (E) (GPa)
1	Haynes alloy 25	236
2	Carbon steel	200
3	(Copper-Nickel, 30%)	150
4	Bronze	115
5	Titanium alloy	103
6	Aluminium	69



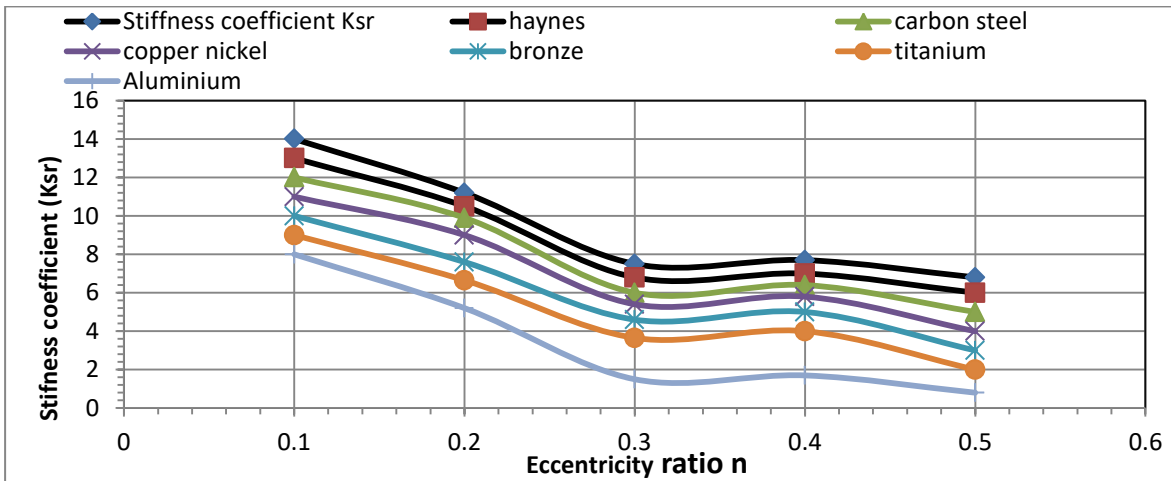
شكل 4: معامل النابضية المكافئ اللابعدى (K_{rr}).



شكل 5: معامل النابضية المكافئ اللابعدى (K_{rs}).



شكل 6: معامل النابضية المكافئ اللابعدى (K_{ss}).



شكل 7: معامل النابضية المكافئ اللابعدى (K_{sr}).

3.3 معاملات النابضية المكافئة للمسند باستخدام طريقة الأكساء الجزئي:

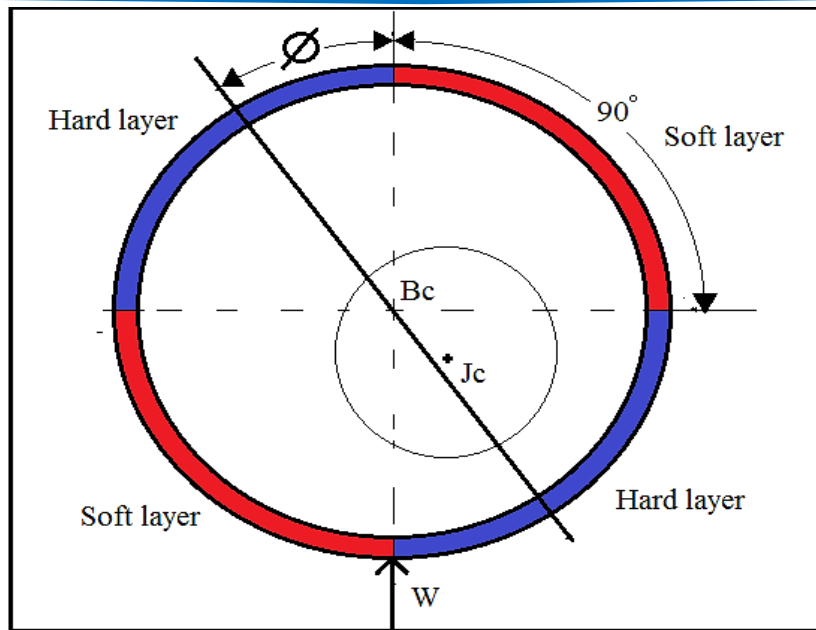
من أجل تحسين أداء المساند الهيدروداينمكية تم تقسيم بطانة المسند الى اربعة ارباع متساوية كل ربع 90 درجة كما في الشكل 8، أملا في زيادة قيم معاملات النابضية الأساسية وتقليل قيم معاملات النابضية المرافقة (ان أمكن) بحيث تكون نوعية مادة الأساس للربع الاول والثالث مرنة (soft) بينما نوعية مادة الأساس للربع الثاني والرابع صلدة (hard) وتم بناء نموذج رياضي يأخذ بنظر الاعتبار هذا التباين حيث ان معامل النابضية الاساسي (K_{ss}) ومعامل النابضية المرافق (K_{rs}) اضيفت لهما نابضية المعدن اللين (Bronze) وايضا معامل النابضية الاساسي (K_{tr}) ومعامل النابضية المرافق (K_{sr})

اضيفت لهما نابضية المعدن القوي (Carbon Steel) هذا فيما يخص الحالة الاولى. أما في الحالة الثانية فقد اخذ معامل النابضية الاساسي (K_{ss}) ومعامل النابضية المرافق (K_{rs}) واضيفت لهما نابضية المعدن القوي (Carbon Steel) وايضا أخذ معامل النابضية الاساسي (K_{rr}) ومعامل النابضية المرافق (K_{sr}) واضيفت لهما نابضية المعدن اللين (Bronze) وذلك بتبادل المواقع بين الأرباع الأربعة.

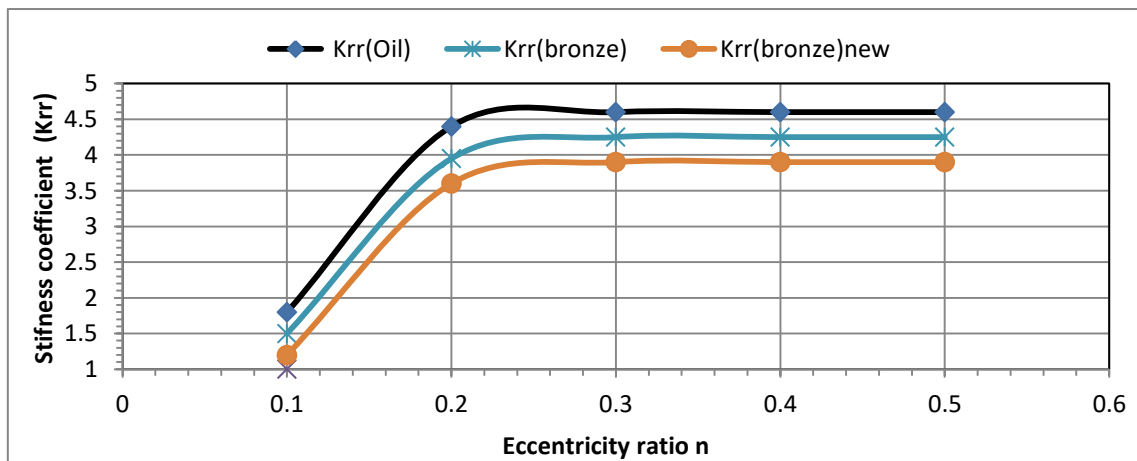
أما الأشكال 9-16 فتوضح تقنية الأكسء الجزئي. ويتضح منها سلوك وتغير معاملات النابضية الاربعة باستخدام طريقة الأكسء الجزئي، ويلاحظ تشابه السلوك العام لمعاملات النابضية مع مثيلاتها في الحالات السابقة مع وجود نسب انخفاض مختلفة تعتمد على الطريقة المستخدمة في الأكسء ويعود السبب الى تأثير قيمة اللامركزية (e) وزاوية الهيئة (θ) بمقادير وقيم مختلفة، إن نتائج هذه الدراسة متفقة مع نتائج الباحث [43]. ويعود سبب الانخفاض في معاملات النابضية في قسم من الحالات وخاصة عند قيم تكون فيها نسبة اللامركزية 0.3 الى الظروف التشغيلية المستخدمة مثل خشونة بطانة المسند وبيان اجزاء من العمود الدوار وطبيعة الزيوت المستخدمة في التزيت، والجدول 3 يبين نسب الانخفاض في قيم معاملات النابضية للمسند.

جدول 3: نسب الانخفاض في معاملات النابضية لتقنية الأكسء الجزئي.

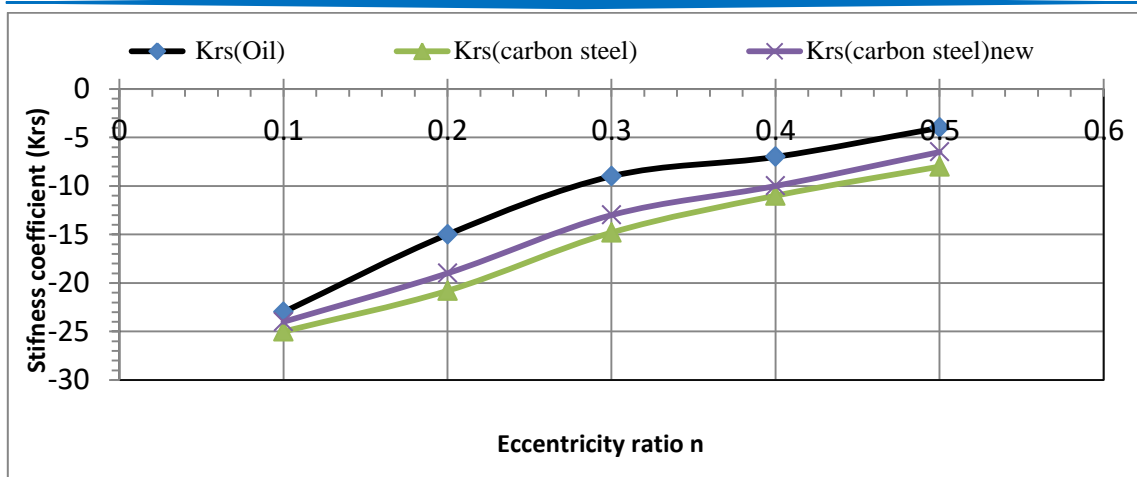
نسبة الانخفاض في معاملات النابضية للمسند التقليدي				نوع مادة الاساس	ت
Krs	Kss	Ksr	Krr		
13.4%	10.9%	8.2%	7%	Haynes alloy 25	1
27.1%	18.4%	16.7%	9.7%	Carbon steel	2
34.6%	23.4%	25.4%	11.9%	(copper-nickel,30%)	3
41.4%	27%	36%	13.3%	Bronze	4
46.4%	32.8%	46.3%	16.6%	Titanium alloy	5
50.8%	41%	63.5%	19%	Aluminium	6



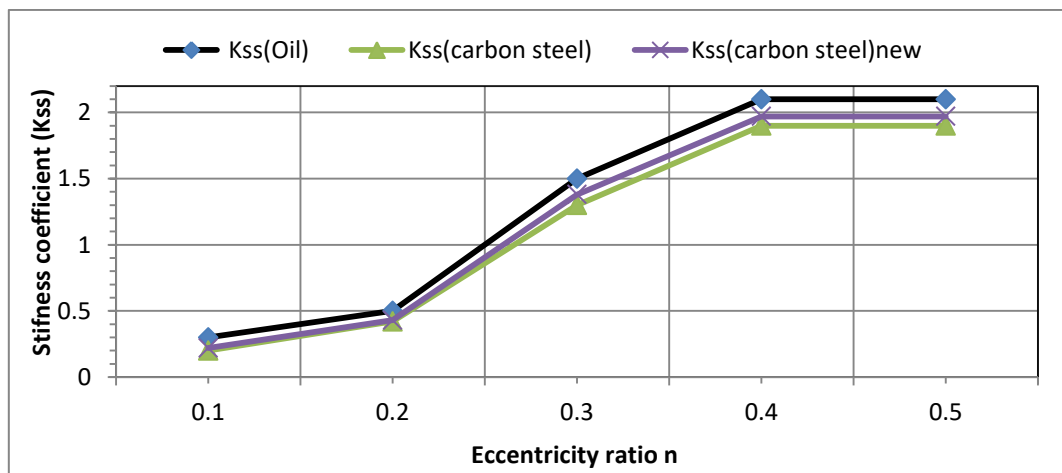
شكل 8: طريقة الإكساء الجزئي.



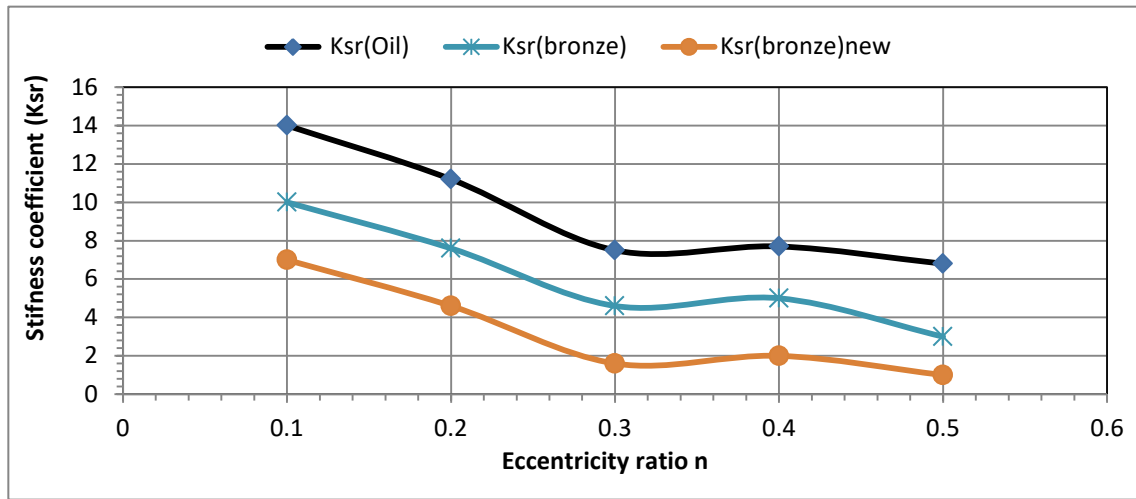
شكل 9: معامل النابضية اللابعدية (K_{rr}) لمادة ال (Bronze) باستخدام تقنية الاكساء الجزئي.



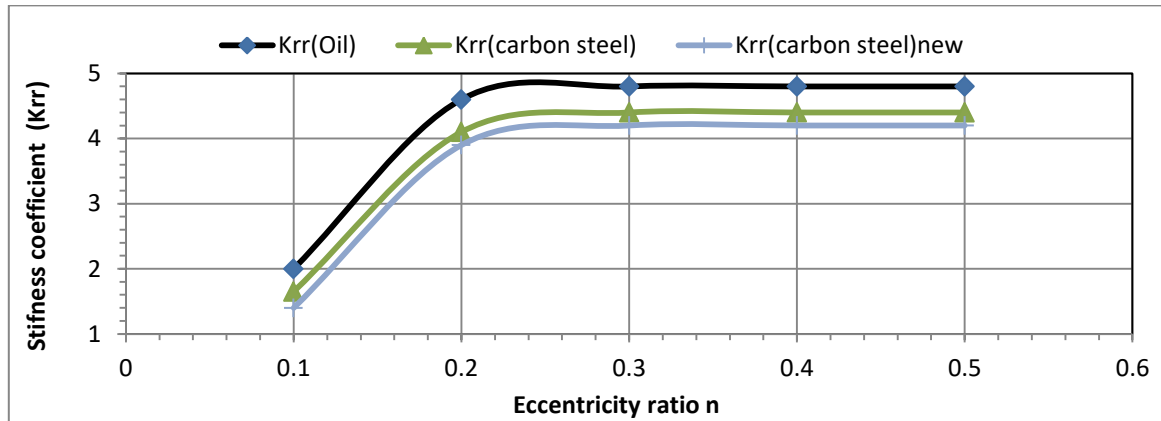
شكل 10: معامل النابضية اللابعدى (K_{rs}) لمادة ال (Carbon Steel) باستخدام تقنية الاكساء الجزئي.



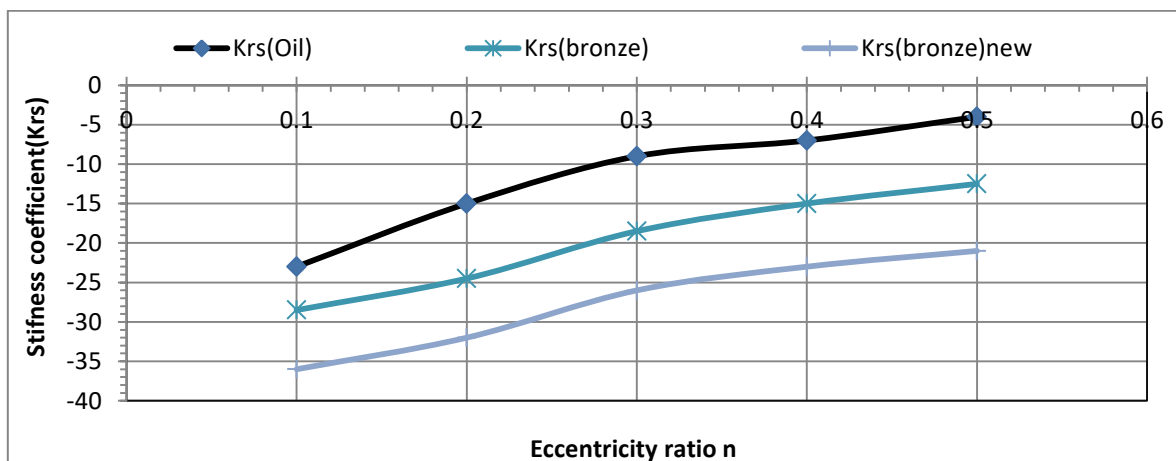
شكل 11: معامل النابضية اللابعدى (K_{ss}) لمادة ال (Carbon Steel) باستخدام تقنية الاكساء الجزئي.



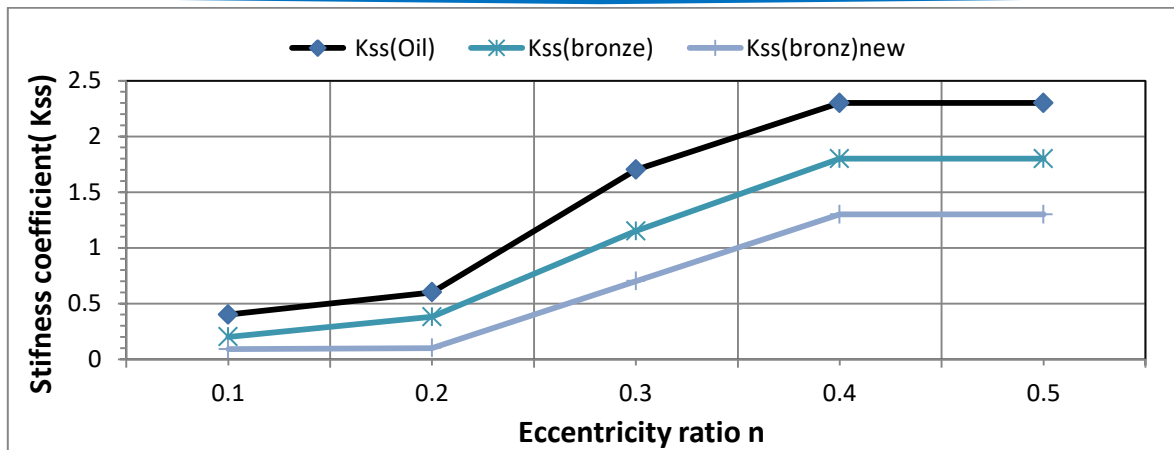
شكل 12: معامل النابضية اللابعدي (K_{sr}) لمادة ال (Bronze) باستخدام تقنية الاكساء الجزئي.



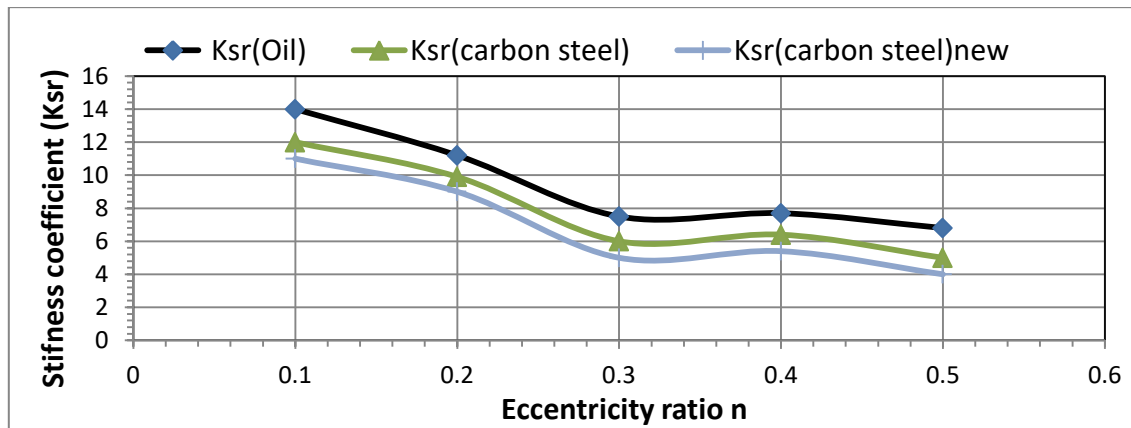
شكل 13: معامل النابضية اللابعدي (K_{rr}) لمادة ال (Carbon Steel) باستخدام تقنية الاكساء الجزئي.



شكل 14: معامل النابضية اللابعدي (K_{rs}) لمادة ال (Bronze) باستخدام تقنية الاكساء الجزئي.



شكل 15: معامل النابضية اللابعدي (K_{ss}) لمادة ال (Bronze) باستخدام تقنية الأكسدة الجزئي.



شكل 16: معامل النابضية اللابعدي (K_{sr}) لمادة ال (Carbon Steel) باستخدام تقنية الأكسدة الجزئي.

4. الاستنتاجات:

من خلال النتائج من خلال هذا البحث نستنتج ما يأتي:

1. بصورة عامة الأخذ بالحسبان معامل النابضية للأساس يؤدي الى تقليل معامل النابضية المكافئ للمسند الهيدروداينميكي والتي تشمل معاملات النابضية الأساسية والمرافقة.
2. ان معاملات النابضية المكافئة تسلك سلوك مماثل لجميع المواد وتختلف فقط بتغيير القيمة زيادة أو نقصاناً اعتماداً على قيمة (معامل يونك) لها، هذا مما يسهل دراسة سلوك مجموعة كبيرة منها.
3. في حالة استخدام الألمنيوم كمادة إكساء ينخفض معامل النابضية المكافئ ($K_{rr,eq}$). لذا يفضل استخدام أسس صلدة.
4. في حالة استخدام الألمنيوم كمادة إكساء ينخفض معامل النابضية المكافئ ($K_{rs,eq}$). لذا يفضل استخدام أسس مرنة.
5. في حالة استخدام الألمنيوم كمادة إكساء ينخفض معامل النابضية المكافئ ($K_{ss,eq}$). لذا يفضل استخدام أسس صلدة.

6. في حالة استخدام الألمنيوم كمادة إكساء ينخفض معامل النابضية المكافئ ($K_{sr,eq}$). لذا يفضل استخدام أسس مرنة.

المصادر

- [1] S. Kasolang, M. A. Ahmad, R. D. Joyce and C. F. M. Tai, "*Preliminary study of pressure profile in hydrodynamic lubrication journal bearing*", Procedia Engineering, 41 (Iris), 1743 (2012).
- [2] J.-P. Peng and M. Carpino, "*Calculation of Stiffness and Damping Coefficients for Elastically Supported Gas Foil Bearings*", Journal of Tribology, 115, (1993).
- [3] A. Cerda Varela and I. Ferreira Santos, "*Dynamic Coefficients of a Tilting Pad With Active Lubrication: Comparison Between Theoretical and Experimental Results*", Journal of Tribology, 137 (3), 1704 (2015).
- [4] M. Z. Khelifa, H. Z. Ali and H. K. Mehbas, "*Dynamically Loaded Analysis of The Adjustable Hydrodynamic Pads Bearing*", Journal of Engineering University of Baghdad, 26(8), 7 (2008).
- [5] G. Hong, L. Xinmin and C. Shaoqi, "*Theoretical and Experimental Study on Dynamic Coefficients and Stability for a Hydrostatic/Hydrodynamic Conical Bearing*", Journal of Tribology, 131(4), 1701 (2009).
- [6] D. Benasciutti, M. Gallina, M. G. Munteanu, and F. Flumian, "*A numerical Approach for Static and Dynamic Analysis of Deformable Journal Bearing*", World Acad Sci Eng Technol, 21, 778 (2012).
- [7] T. S. R. Ganji and S. K. Kakoty, "*Effect of Cylindrical Taecture on Dynamic Characteristics of Journal Bearing*", International Journal of Recent Advance Mechanical Engineering, 3 (4), 1 (2014).



-
- [8] M. O. Al-Hassany, "*Studding effect of Pads Numbers on the Stifness Coefficient of the Hydrodynamic Journal Bearing*", MSc Thesis, Tikrit University, Iraq (2017).
- [9] Morrison D., "*Influence of plain journal bearing on the whirling action of an elastic rotor*", Proceeding of institute of mechanical engineers, 176, 542 (1962).
- [10] M. A. M. AL-Jiboury, "*Determiation of the Critical Speed of the Vehicles on Wet Roads*", MSc Thesis, Tikrit University, Iraq (2011).
- [11] M. A. Abas, "*Study the Effect of the Hydrodynamic Lubrication in the Cylindrical Roller Bearings*", MSc Thesis, Tikrit University, Iraq (2010).
- [12] J.-P. Peng and M. Carpino, "*Finite element approach to the prediction of foil bearing rotor dynamic coefficients*", Journal of Tribology, 119, 85 (1997).