

## دراسة مخططات الاهتراء في منظومة عمل الفرامل

\* الدكتور موسى المحمد  
\*\* الدكتور عدنان علي أحمد  
\*\*\* بشار زيدان

(تاريخ الإيداع 14 / 6 / 2015. قُبِلَ للنشر في 2 / 8 / 2015)

### □ ملخص □

الهدف الأساسي من صيانة وإصلاح المعدات والآليات أثناء فترة الاستثمار هو تخفيض كمية الأموال المصروفة من أجل المحافظة على صلاحية عملها في مختلف ظروف الاستثمار المحددة (نوعية مواد التصنيع، الطرق المستخدمة، درجات الحرارة، طبيعة الاستثمار، .. الخ).  
يمكن تحقيق هذا الهدف عندما نتحكم بتحولات الحالة الفنية للقطع الاحتكاكية للمعدات خلال فترة الاستثمار، ومعرفة القوانين الفيزيائية التي تتحكم بالانحرافات الفنية لها، لذلك قمنا بدراسة المخططات النظرية للاهتراء الجاف للفرامل لوسائل النقل انطلاقاً من مخططات الاهتراء الرطب (الزيتي) للقطع الاحتكاكية في الآليات، ومن هذه المخططات قمنا بدراسة العلاقات الفيزيائية المحددة لكثافة الاهتراء وسرعته وتسارعه خلال فترة الاستثمار ومرحلة التشغيل غير الموثوق (غير الآمن)، مع الأخذ بعين الاعتبار الأساليب المتبعة في الصيانة التكنيكية الدورية وطرق القيادة ومتوسط مرات استخدام الفرامل و... الخ.  
من خلال العلاقات التي حصلنا عليها، يمكننا التنبؤ ببدء مرحلة عدم فعالية الفرامل (البطائن الاحتكاكية) وتوقيت بدء مرحلة التشغيل الخطر (غير الموثوق)، الذي يعطينا مؤشراً للاستبدال أو المعالجة بالطرق الميكانيكية والكيميائية المعروفة.

الكلمات المفتاحية: التحولات الفيزيائية للاحتكاك الجاف، الفرامل، صيانة وإصلاح المعدات والآليات.

\* أستاذ - قسم هندسة تقانات الطاقات المتجددة - كلية الهندسة التقنية - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية.  
\*\* محاضر - كلية الهندسة التقنية - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية.  
\*\*\* طالب دراسات عليا (ماجستير) - قسم هندسة المعدات والآليات - كلية الهندسة التقنية - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية.

## The study of wear plans in the work system of breaks

Dr. Moussa AL-muhamad\*

Dr. Adnan Ahmad \*\*

Bashar Ziedan \*\*\*

(Received 14 / 6 / 2015. Accepted 2 / 8 / 2015)

### □ ABSTRACT □

The main goal of maintaining and repairing equipment and machines during the investment stages is to reduce the amount of money spent in order to maintain the validity of their operation and the quality of their reliability under the different given investing conditions (type of manufacturing materials, methods used, temperatures, nature of investment, .... etc).

This goal can be achieved if we are able to control changes in the technical conditions of equipment and the frictional parts during the investment stages, besides knowing the physical laws/rules that govern the technical changes properly. Therefore, we carried out a study on the theoretical plans of physical wear of brakes and the frictional parts in means of transportation. This is done starting from wet (oily) wear plans of the frictional parts in machines. Then, based on these plans we studied physical laws/rules determining the intensity of dry wear of brakes, along with its speed and acceleration during the investment and the unreliable, uneconomical (unsafe) operation stages, taking into consideration the methods used in periodical technical maintenance, ways of driving, and the average number of times brakes are used...etc .

Based on these formulas obtained, we can estimate/predict the start of ineffectiveness of brakes and friction linings, in addition to the inception time of risky (unreliable) operation stage. Consequently, this stage gives us indications for replacement or treating with the traditional (known) mechanical and chemical ways, in light of the soaring prices of materials in the Syrian Arab Republic.

**Key words:** Physical conversion of dry wear, brakes, maintaining and repairing equipment and machines.

---

\*Professor Department of Machines And Equipments, Faculty of Technical Engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria.

\*\* lecturer, Faculty of Technical Engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria.

\*\*\*Postgraduate Student, Department of Machines And Equipments, Faculty of Technical Engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria.

## مقدمة:

ان تحسين امكانية استثمار الآليات من دون أعطال طارئة، وتخفيض المصاريف الحالية خلال فترة الاستثمار، وزيادة طول عمرها، يعتبر من القضايا المهمة في العالم، وقد تم حل هذه المشكلة باتباع طرق مختلفة مثل ( التصميم الجيد ، المعدن، طريقة الاستثمار، بالإضافة للإجراءات الصيانة الدورية... الخ) وجميع هذه الطرق تعتبر غير كافية. عمليا من الصعب متابعة التحولات المتتالية ومراقبتها في المواصفات الفنية للقطع لغاية لحظة ظهور التحطم، ونتعرف على التحطم فقط أو الاهتراء عند تبديل القطع، لذلك نضطر إلى استخدام طرق غير مباشرة لنستطيع مراقبة تغيرات قيم المؤشرات المعتمدة ومتابعتها، فمثلا كثافة اهتراء الإطارات المطاطية لها علاقة بطبيعة حركة الآلات ( كثرة الإقلاعات، متوسط مرات استخدام الفرامل يوميا)، الحالة الفنية للطرق (عامل مقاومة التدرج، عامل التماسك بين الإطارات و سطح الأرض، تضاريس الأرض ونوعية سطح التربة)، الحالة الفنية لمجموعة التوجيه في الآلة ونخص بالذكر الوضعيات الزاوية لتمرکز عجلات التوجيه.

يمكن اعتبار اهتراء الإطارات والفرامل مؤشرا جيدا لكثافة تغير الحالة الفنية للمعدات والآليات الثقيلة نظرا للعمر الاستثماري لها بالمقارنة مع العمر الاستثماري لبقية القطع في الآلية، علما أن كلفة صيانة وإصلاح الإطارات تمثل نسبة عالية من المبالغ الإجمالية المصروفة على عمليات الصيانة والإصلاح. أخطر الأعطال التي يمكن ملاحظتها هي الكسور والتشققات العميقة التي تشاهد في القطع بسبب التعب الإجهادي والتأكسد وخاصة في مجموعات التوجيه والفرامل، لذلك يجب علينا تحسين طرق مراقبة تطور تغيرات الحالة الفنية في القطع خلال مراحل الاستثمار.

## أهمية البحث وأهدافه

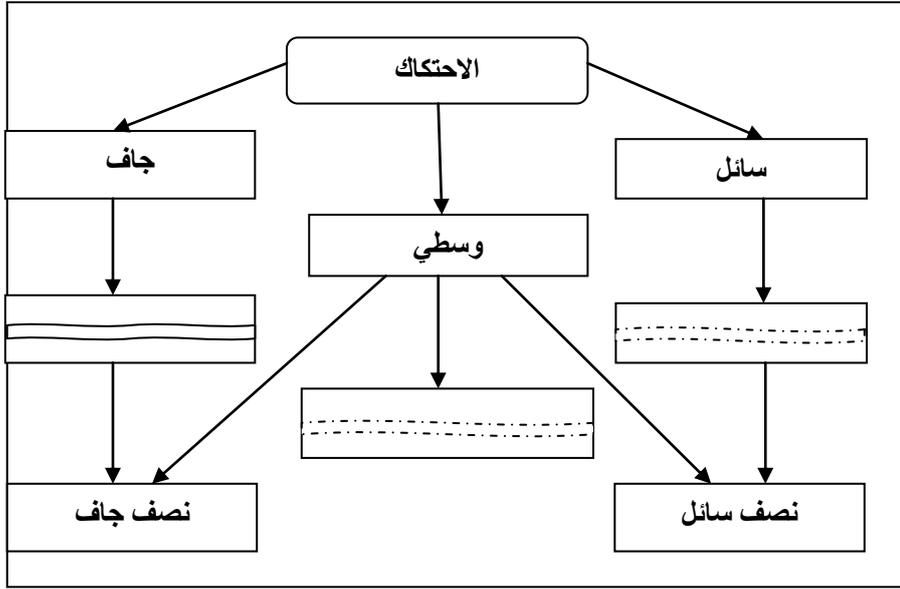
تكمن أهمية البحث من خلال تسليط الضوء على دراسة التحولات الفيزيائية للاحتكاك الجاف في الفرامل، وإيجاد الصيغ الرياضية لكل من كثافة الاهتراء وسرعته وتسارعه خلال مرحلتي الاستثمار ومرحلة العمل الخطر، ورسم المخططات التقريبية لها، وبناءاً عليه التنبؤ بالمسافة التقريبية التي تقطعها وسائل النقل من أجل إجراء الصيانة التكنيكية وتبديل البطائن أو إجراء المعالجة الميكانيكية أو الحرارية أو الكيمايائية المناسبة، وذلك حفاظاً على سلامة السائق أولاً والآلية ثانياً، حيث تم اتباع المنهج التحليلي والاستقرائي في الحصول على الاهداف المطلوبة .

## الدراسة النظرية والحسابية والنتائج

عند عمل مجموعة الفرامل، تتولد قوة بين الاطار والطريق عكس اتجاه الحركة نتيجة الاحتكاك بين البطانات والسطح الدوار، وتسمى هذه القوة بقوة الفرملة، وهذه القوة تبطئ وسيلة النقل أو الآلة ومن ثم تُوقفها [1]. تعتمد هذه القوة على الوزن المطبق على العجلة مضروباً بمعامل الاحتكاك ( f ) بين الاطار المطاطي والطريق، ومع زيادة هذه القوة يزداد معدل انخفاض السرعة، وعند زيادتها الى القيمة الحدية خاصة على الأرض المنزلقة والحمل الخفيف على العجلة، تحدث ظاهرة غلق العجلات (توقف العجلة عن الدوران وتزحلقها على الأرض) [2،3]. تتعرض هذه المجموعة إلى درجات حرارة عالية نتيجة الاحتكاك الجاف الذي تتعرض له السطوح الاحتكاكية عند عملها. ان اهتراء السطوح الاحتكاكية في القابض ناتج عن الحركة النسبية بين الترس القائد والمقاد [1] ، وذلك بسبب الدوران الترحلي للمجموعة نتيجة لسوء عملية الوصل أو بسبب انخفاض في قيمة القوة الضاغطة على الترس المقاد، وهذه الحالة تزداد بازدياد اهتراء السطح الاحتكاكي مما ينتج منه ضياع كبير في الاستطاعة المنقولة من

المحرك إلى جملة نقل الحركة عن طريق القابض، الأمر الذي يؤدي إلى رفع مصروف الوقود وخفض المواصفات الفنية للألة [2،3].

إن اهتراء السطوح الاحتكاكية لجملة الفرامل يتناسب طردياً مع طول فترة الاستخدام الفعلي و مع القوى الضاغطة على السطوح الاحتكاكية، ووجود الشوائب بمختلف أنواعها وخاصة المعدنية يساعد على كثافة الاهتراء، ويؤدي ذلك إلى زيادة طول طريق الفرملة وتخفيض عوامل أمان الحركة [4]. يعرف الاحتكاك بأنه المقاومة التي تظهر أثناء الحركة النسبية بين جسمين متماسين، أما العمل المنجز فهو جداء قوة الاحتكاك بطول طريق الاحتكاك. يؤثر الاحتكاك بين القطع في مختلف الآليات والمعدات على تغير الحالة الفنية لها، هذا التغير يتعلق بنوعية الاحتكاك المؤثر، وهنا نميز خمسة أنواع كما هو مبين بالشكل رقم (1) [4،5]:



الشكل (1) أنواع الاحتكاك بين أجزاء المعدات والآليات بشكل عام

أ - الاحتكاك الجاف: يحصل هذا الاحتكاك عندما يكون هناك تماس كامل بين السطحين المتحايين وعدم وجود طبقة زيتية بينهما، ويكون بين البطان الاحتكاكية واسطوانة المكبح وبين السطوح المتحاكة للترس القائد والمقاد في الفاصل واصل، يؤدي هذا الاحتكاك إلى اهتراء كبير ويرافقه ارتفاع في درجة حرارة السطوح.

ب - الاحتكاك السائل: يحدث هذا النوع من الاحتكاك عندما يفصل بين السطوح المتحاكة طبقة زيتية سميكة .

ت - الاحتكاك الوسطي: يحدث هذا النوع من الاحتكاك عندما تفصل السطوح المتحاكة طبقة زيتية رقيقة جداً.

ث - الاحتكاك نصف الجاف ونصف السائل : ويمثل هذا النوع من الاحتكاك الحالة الوسطية بين الاحتكاكات السابقة.

من خلال تصنيف العلماء: السويدي يو. آ. برينل، والروسيان : كوستيكوفا، وكروشوفاف [5]، نستطيع تحديد الاهتراء الناتج عن الاحتكاك الجاف للبطائن الاحتكاكية، وهي:

أ - الاهتراء الميكانيكي: ويحدث بسبب:

1- وجود جزيئات صلبة بين السطوح الاحتكاكية مثل الغبار وبرادة الحديد وغيرها من الشوائب الصلبة. إن هذا النوع من الاهتراء يحدث بسبب سوء تصفية المواد الملامسة للسطوح الاحتكاكية.

2- تغير شكل ووضعية السطوح الاحتكاكية، ويحدث ذلك بسبب التحميل الزائد للقطع الاحتكاكية، ولا ينتج عن هذا النوع فقدان للوزن. يلاحظ هذا النوع من الاهتراء في الرولمانات والفرامل فتحت تأثير القوى الأفقية تنزلق الطبقة المقاومة للاحتكاك.

3- هشاشة المعدن (المصنعة منه البطائن الاحتكاكية).

4- التعب الإجهادي: نتيجة القوى الديناميكية الكبيرة والمتكررة التي تتعرض لها القطع المتحاكة وينتج عنها ظهور التشققات في المعدن. (البطائن الاحتكاكية).

ب- **الاهتراء الميكانيكي الجزئي**: يحدث نتيجة التماسك الجزئي لمواد السطوح المتحاكة بسبب وجود النتوءات والخدوش الناجمة عن سوء المعالجة الميكانيكية للسطوح خلال مراحل التصنيع. يحدث هذا النوع بسبب ارتفاع سرعة الاحتكاك ومقدار القوى المؤثرة في السطوح الاحتكاكية مما يسبب زيادة الاجهاد في مناطق النتوءات والخدوش وترتفع درجة الحرارة وينتقل جزء من المعدن من سطح لآخر.

ج- **الاهتراء التفككي**: يحدث نتيجة تفكك بعض أجزاء المعدن وانفصالها بشكل قطع صغيرة تحت تأثير القوى الضاغطة بين البطائن الاحتكاكية والقرص الدوار.

تتعلق قوى الاحتكاك بجودة مواد التصنيع ونوعية عمليات التتعيم، والمواصفات الفنية للطبقات الزيتية

المستخدمة، ونظام عمل القطع المتحاكة (النظام الحراري، السرعة والنظام الحراري). [5]

عمليات الاهتراء هي التغير المستمر لقياسات وأبعاد القطع المتحاكة والذي يتبعه ظهور برادة المعدن بمختلف

اشكالها وتغير أشكال القطع وغير ذلك من الظواهر التي تغير الحالة الفنية للمعدة أو الآلية. [6]

ويمكن التعبير عن الاهتراء بتغير أبعاد القطع وشكلها وحجمها ووزنها، تختلف نسبة هذا التغير بحسب ظروف

العمل بالمقارنة مع الحالة الفنية الأساسية للآلية، ويتم التعبير عن ذلك بكثافة الاهتراء التي تحدد بالعلاقة

التالية [5,6,7]:

حيث:  $ds$ : تغير الأبعاد الطولية للقطع المتحاكة.

$l$ : طول طريق الاحتكاك.

$C.m$ : ثوابت لها علاقة بنوعية وظروف الاحتكاك.

$P$ : الضغط النوعي.

$K$ : مؤشر يحدد العامل الهيدروديناميكي في طبقة الزيت.

$V$ : السرعة النسبية لحركة القطع المتحاكة.

$\mu$ : لزوجة الزيت cm/s

$l_n$ : القياس الطولي لسطح الاحتكاك.

$h$ : الخلوص الطولي بين السطوح المتحاكة.

تحدد العلاقة  $(K \cdot \frac{V \cdot \mu \cdot l_n}{h^2 \cdot P})$  قيمة الجزء المنقول بوساطة الطبقة الزيتية من مجموع الاحتكاك.

• عندما يكون هناك احتكاك جاف (البطائن الاحتكاكية للفرامل، تكون كثافة الاهتراء متعلقة بالضغط النوعي

فقط):

$$\frac{ds}{dl} = C \cdot P^m \quad (2)$$

• الجدول التالي (1) يبين الفترة الزمنية لتبديل البطانات الاحتكاكية (الكوليات) حسب طرق وظروف الاستخدام ولمختلف أنواع وسائل النقل [5]:

الجدول (1) : فترات تبديل البطانات الاحتكاكية لوسائل النقل المختلفة

تبديل البطائن الاحتكاكية (الصيانة التكنيكية الثانية) [كم]			وسائل النقل	ظروف الاستخدام
سيارات الركاب	الباصات والبولمانات	الشاحنات والقاطرات		
20000	16000	14000		<b>الطبيعية</b> (خرسانة اسفلتية أو اسمنية، شوارع المدن والرئيسية والضواحي)
16000	12800	11200		<b>المتوسطة</b> (اسمنت-خرسانة بالمناطق الجبلية- الاحجار المتوسطة- الطرق الترابية المستوية)
12000	9600	8400		<b>الصعبة</b> (الترابية الجبلية والوعرة- المقالع والمنخفضات)

عندما تؤمن الطبقة الزيتية فصل كامل بين السطوح، يكون عمل الاحتكاك يساوي الصفر:

تمر القطع المتحاكة أثناء فترة الاستثمار بمراحل مختلفة للاهتراء (عدد دورات منخفضة، خلوص كبير، لزوجة زيت منخفضة، تحميل غير منظم....)، ينتج عن ذلك زيادة كبيرة في كثافة الاهتراء وتغير شديد للحالة الفنية للمعدات.

#### دراسة مخططات الاهتراء في منظومة عمل الفرامل

عند الضغط على دعسة الفرامل تقوم البطانات الاحتكاكية بملامسة القرص الدوار لمجموعة الفرامل والضغط عليه نتيجة تأثير القوة العمودية على السطحين المتولدة من النظام الهيدروليكي للفرامل، ومن جراء الاحتكاك بين سطح البطانات للفرامل والسطح الدوار المتصل بالاطار، الشكل (2)، تتولد قوة احتكاك عكس اتجاه الحركة الدورانية وتنتج حرارة، هذا وتتحول الطاقة الحركية للسيارة الى طاقة حرارية، وتتناقص سرعة السيارة حتى تتحول كل طاقة الحركة الى طاقة حرارية، وينتج عن الاحتكاك حرارة وتآكل للسطوح الاحتكاكية.

هناك عدة طرق لقياس كثافة الاهتراء [6،7]:

أ- الطريقة الأولى: تعتمد على فك أجزاء الآلية والقياس المباشر لأبعاد القطع بواسطة أجهزة القياس المعروفة:

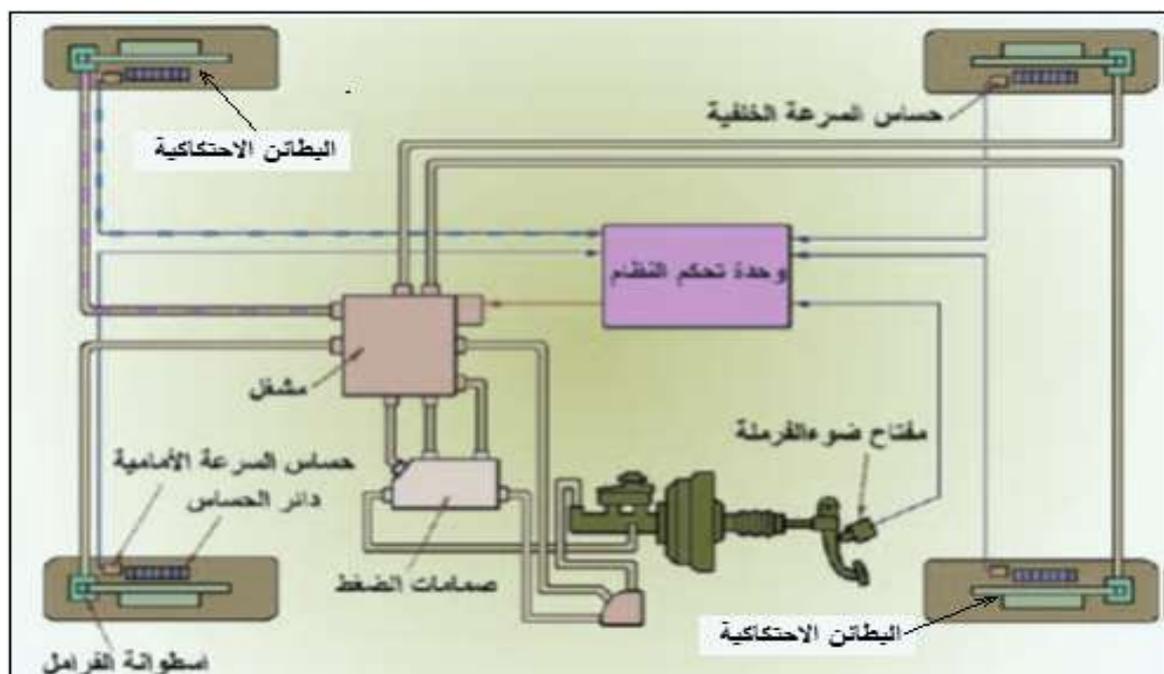
1- استخدام الميكروميتر: يتم تقدير كثافة الاهتراء عن طريق قياس ابعاد القطع قبل الاستخدام وبعده.

2- استخدام القواعد الاصطناعية: يتم حفر ثقب على السطوح المتحاكة، ذي شكل وأبعاد معينة، الفرق بين عمق الثقب قبل التجربة وبعدها يعطينا تقديراً للاهتراء.

3- استخدام طريقة وزن القطع: تعتمد هذه الطريقة على الفرق بين وزن القطعة قبل وبعد التجربة، تستخدم

عادة من أجل قياس اهتراء القطع الصغيرة مثل أساور المكابس وقشور المضاجع وغيرها.

ب- الطريقة الثانية: الاستخدام الغير مباشر ويتم تقدير الاهتراء بواسطة اجهزة التشخيص الخاصة، وذلك من خلال دراسة الحالة الفنية للمواد المستخدمة بالتصنيع للبطانات، والتنبؤ بالاهتراء وكثافته من خلال المخططات السابقة ومعرفة المسافة المقطوعة لتبديل البطائن الاحتكاكية للفرامل وفي أي صيانة تكنولوجية يجب استبدالها أو معالجتها بالطرق المعروفة، وذلك اعتماداً على نوعية الطرق المستخدمة ومتوسط الاستخدام اليومي للفرامل و المواد المصنعة منها ونوعية القيادة... الخ. يقدر الاهتراء عند إتباع هذه الطريقة بواسطة أجهزة التشخيص الخاصة وبالمقارنة مع الخواص الفنية الحالية الأولية لها، يكون الفرق بين القيم التي حصلنا عليها بعد التجربة والقيم الأساسية مؤشراً يمكن تقدير كثافة اهتراء المجموعة المدروسة وبالتالي تحديد حالتها الفنية.



الشكل (2) مخطط التحكم لدارة الفرامل الحديثة مع البطائن الاحتكاكية

تستمر عمليات الاهتراء بدون توقف خلال فترة استثمار المعدات وعمل القطع المتحاكاة مع بعضها البعض، لذلك يمكن رسم مخططات الاهتراء البيانية بين تغير كثافة الاهتراء (S) كتابع لطول الطريق الذي تقطعه الآلية خلال مرحلة الاستثمار (I). وكون عمليات الاهتراء ليست بعمليات فجائية تؤدي لتغير الحالة الفنية للمعدات، يمكن أن نميز الخواص التالية لهذه العمليات [6،8]:

- 1- عملية الاهتراء، ذات استمرارية، أي تزداد كثافة الاهتراء (S) خلال فترات الاستثمار بمقدار محدد.
- 2- مخطط الاهتراء ذات قيم متزايدة لكثافة الاهتراء (S).
- 3- يتألف مخطط الاهتراء لأي مجموعة عاملة في وسط زيتي من ثلاث مراحل كما هو مبين بالشكل (3):
  - مرحلة التشغيل الأولى (I<sub>1</sub>).
  - مرحلة التشغيل الطبيعي (I<sub>2</sub>).
  - مرحلة التشغيل الشديد (I<sub>3</sub>).

يمكن تجزئة العلاقات لمخطط الاهتراء لكل مرحلة من المراحل الأساسية:

## كثافة الاهتراء (S):

سرعة الاهتراء في كل مرحلة تحدد كما يلي:

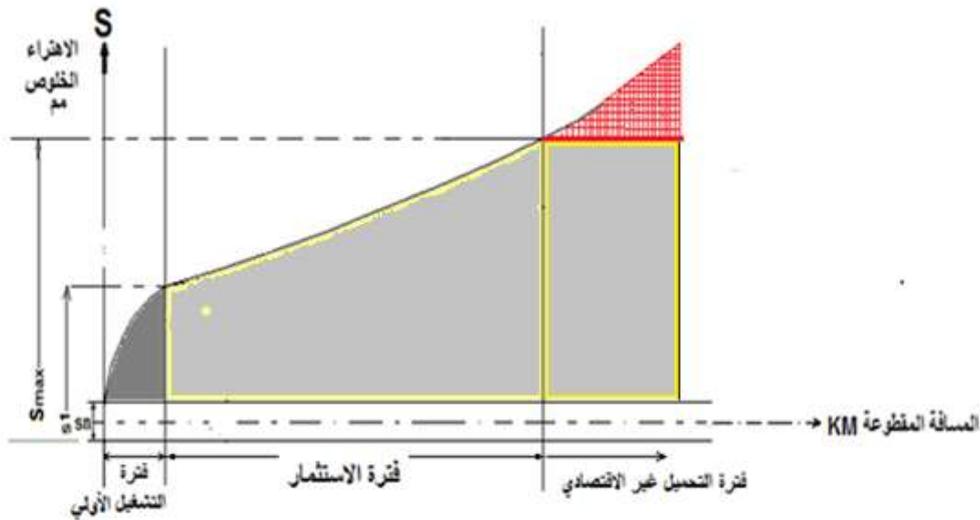
$$\frac{ds}{dl} = V_s$$

$$V_s = \sum \frac{n \cdot C_1 \cdot l_1^{n-1}}{m \cdot C_3 \cdot l_3^{m-1}} \quad (4)$$

تسارع الاهتراء:  $\frac{ds_s}{dl} = j_s$  لأجزاء المخطط الرئيسية:

$$j_s = \sum \frac{n \cdot (n-1) \cdot C_1 \cdot l_1^{n-2}}{m \cdot (m-1) \cdot C_3 \cdot l_3^{m-2}} \quad (5)$$

حيث  $n, m, C_3, C_2, C_1$ : ثوابت تحدد تجريبياً (الشروط الابتدائية).



الشكل (3) مخططات الاهتراء للاحتكاك الرطب في وسائل النقل

انطلاقاً من هذا، نستطيع رسم مخططات الاهتراء للبطانات الاحتكاكية للفرامل التي تتعرض لاحتكاك جاف كما ذكرنا سابقاً، ويتألف مخطط الاهتراء من مرحلتين فقط هما:

1- مرحلة الاستثمار.

2- مرحلة العمل غير الموثوق وغير الأمان.

وهنا لا توجد مرحلة تشغيل أولي كون المجموعة الفرملية تدخل الاستثمار والاستخدام مباشرة، وبهذا الشكل تكون المخططات التقريبية لاهتراء الفرامل (البطانات الاحتكاكية)، الشكل (4)، وبناءً عليه، نستطيع كتابة المعادلات المعبرة عن كثافة الاهتراء وسرعته وتسارعه في مرحلتي العمل الجاف للبطانات (للكوليات) والاستثمار الخضر غير الموثوق:

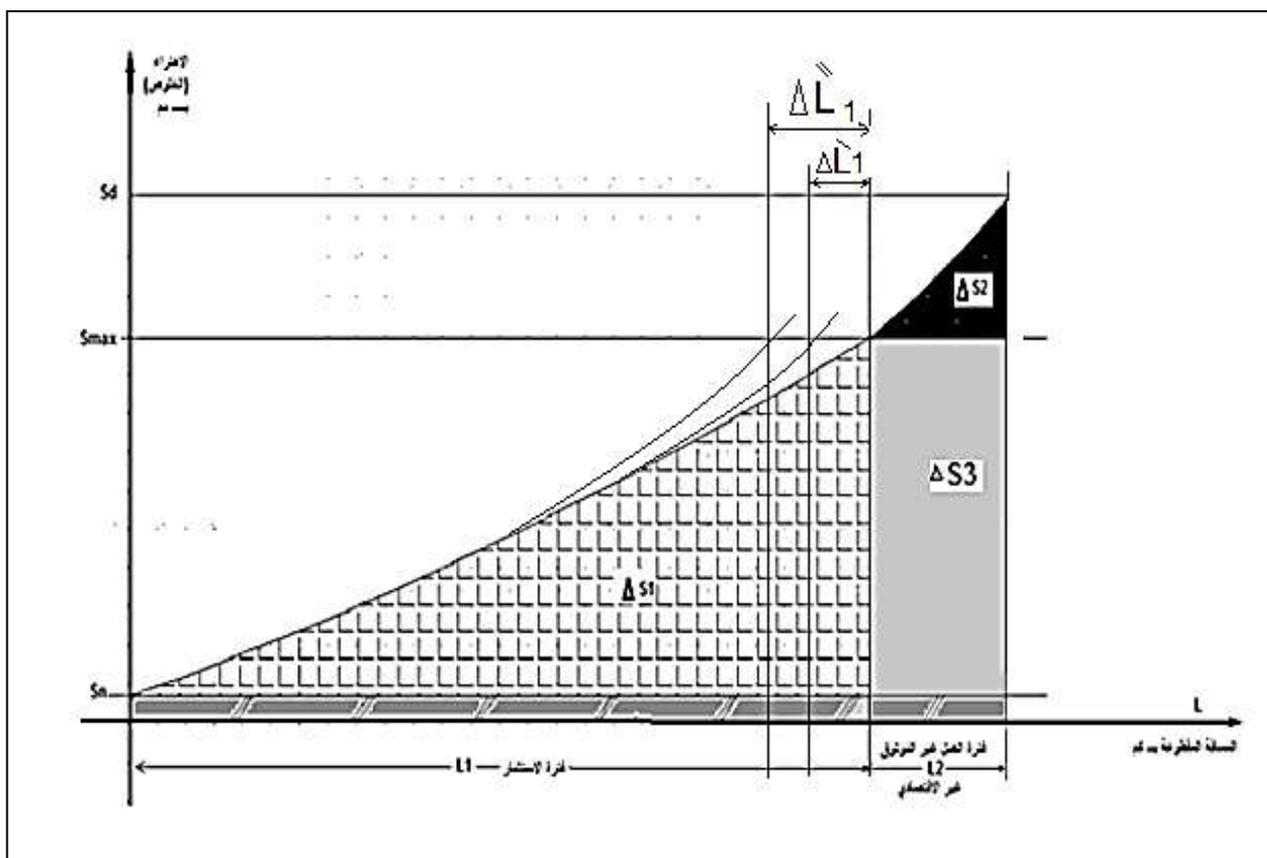
■ كثافة الاهتراء في مرحلة الاستثمار الطبيعي (6) وغير الموثوق (7):

$$\Delta S_1 = C_1 \cdot L_1^n \quad (6)$$

$L_1$  : مرحلة الاستثمار

$L_2$  : مرحلة العمل غير الموثوق

$m, C_2, n, C_1$ : ثوابت تحدد تجريبياً (من الشروط الابتدائية).



■ سرعة الاهتراء :

✓ مرحلة العمل الطبيعي:

حيث  $dS_1$  : تغير الأبعاد الطولية للقطع المتحاكة في مرحلة العمل الطبيعي.

$L$  : طول طريق الاحتكاك في مرحلة العمل.

$n, C_1$  : ثوابت تحدد تجريبياً.

$L_1$  : مرحلة الاستثمار

✓ مرحلة العمل الخطر:

حيث  $ds_2$  : تغير الأبعاد الطولية للقطع المتحاكة في مرحلة العمل غير الموثوق .

L: طول طريق الاحتكاك في مرحلة العمل.

$m, C_2$ : ثوابت تحدد تجريبياً.

$L_2$ : فترة العمل غير الموثوق.

■ تسارع الاهتراء:

✓ مرحلة العمل الطبيعي:

$js_1$ : تسارع الاهتراء في مرحلة العمل الطبيعي

$dVs_1$ : تغير سرعة الاهتراء في مرحلة العمل الطبيعي.

L: طول طريق الاحتكاك في مرحلة العمل.

$L_1$ : مرحلة الاستثمار

$C_1, n$ : ثوابت تحدد تجريبياً.

✓ مرحلة العمل الخطر:

$js_2$ : تسارع الاهتراء في مرحلة العمل الخطر

$dVs_2$ : تغير سرعة الاهتراء في مرحلة العمل الخطر.

L: طول طريق الاحتكاك في مرحلة العمل.

$L_2$ : فترة العمل غير الموثوق.

$m, C_2$ : ثوابت تحدد تجريبياً.

بالإضافة الى  $(\Delta S_3)$ ، الاستمرار لمرحلة الاستثمار.

ويمكن افتراض أن العلاقة بين الاهتراء والمسافة خطية مع اهمال كثافة الاهتراء تحت المنحني والمستقيم ،

ويمكن افتراضها ضمن مجال صغير، وعليه فإن كثافة الاهتراء في فترة الاستثمار:

$S_{max}$ : القيمة الحدية للاهتراء.

$S_n$ : القيمة الاسمية من النشرة الفنية .

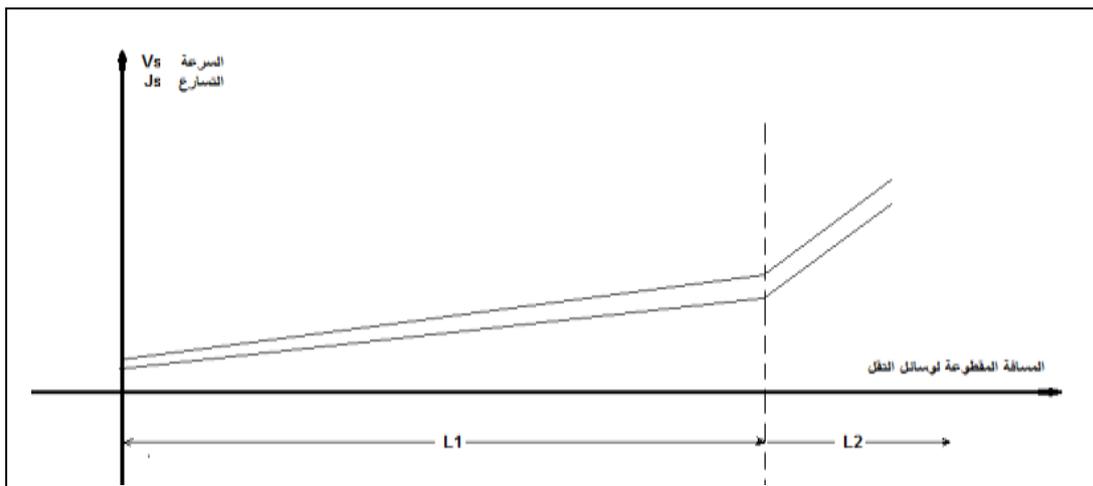
كثافة الاهتراء في مرحلة العمل غير الموثوق:

$\Delta S_1$ : كثافة الاهتراء في فترة الاستثمار.

$S_d$ : التغير في قيمة الاهتراء (مم) .

من العلاقات ( 8،9،10،11)، يكمن رسم مخطط السرعة والتسارع للاهتراء الجاف للبطائن

الاحتكاكية(الكولييات)، الشكل(5):



عملية الاهتراء تتجه نحو الاهتراء الطبيعي المنتظم، أما الحالة الثانية، عندما يكون ايجابيا فان الاهتراء يتجه الى الزيادة الشديدة.

**من المخطط، الشكل (5)، نستنتج ما يلي:**

- ✓ **مرحلة الاستثمار والعمل المنتظم (I1):** تكون سرعة الاهتراء متناسبة خطياً تقريباً مع المسافة المقطوعة، وبالتالي تبقى نسبة كثافة الأعطال ثابتة تقريباً، وتعتبر اطول استثمار للآلية لحين التبديل.
- ✓ **مرحلة الاهتراء السريع (I2):** تزداد سرعة الاهتراء وكذلك كثافة الاهتراء في هذه المرحلة بشكل يجعل مشوار عمل الفرامل غير موثوق وغير آمن.
- ✓ **بناء عليه، التحميل بعد وصول الاهتراء للقيمة الحدية (Smax):** أي الخفق ( عدم الحصول على مردود جيد لعمل الفرامل ) بين القطع المتحاكاة نتيجة لتوسع الخلوص بينها عن الحد المسموح به، مما يؤدي الى تغيرات في النظام الحراري وظروف الاحتكاك الجاف. تزداد في هذه الظروف نسبة الميكروتشققات وتزداد نسبة الاهتراء الميكانيكي الجزئي، مما يؤدي الى زيادة كبيرة في الأعطال وانخفاض وثوقته الآلة واقتصادية الوقود، لذلك استمرار استثمار الآليات في هذه الظروف يصبح غير فعال وغير مسموح به وخطيراً جداً ويؤثر على سلامة السائق والآلية.
- ✓ **طبيعة ظروف استثمار الآلية والطرق المستخدمة :** نلاحظ عند بداية استثمار الآليات أن احتمال ظهور الأعطال الطارئة للبطائن الاحتكاكية قليلاً جداً، ولا يكون الاهتراء بسبب الاحتكاك بين القطع سبباً لها، بل يكون الارتفاع الكبير في مقدار القوى المؤثرة على القطع والتي لا يتحملها المعدن المصنعة منه، لذلك يجب تصنيع القطع بمتانة تتناسب وظروف الاستثمار. أما في فترة الاهتراء الخطي يكون احتمال ظهورها قليلاً جداً، وفي فترة الاهتراء السريع يكون احتياطي الأمان للقطع منخفضاً، يزداد احتمال ظهور هذه الاعطال بشكل كبير جداً.
- ✓ **أن اهتراء الفرامل (البطائن الاحتكاكية) يمر بالمراحل التالية:**
- أ **اهتراء طبيعي:** يلاحظ عند بداية عمل مجموعة القطع بنظام عمل طبيعي وبفعالية وجودة عالية والعمل موثوق ولا يؤثر على سلامة السائق والآلية .
- ب- **اهتراء وسطي:** يحصل عند تأثير العوامل الخارجية على مجموعة القطع بشكل معتدل وهو المرحلة الممتدة من نهاية الاستثمار التشغيلي الأولي للآلية و حتى الوصول الى الاهتراء الحدي (Smax).

- ج- اهتراء شديد وحدي ويتبعه التهشيم: وهنا يبدأ الخطر وبداية العمل غير الموثوق وغير الأمن، حيث تزداد كثافة الاهتراء وسرعته وتسارعه، ويمكن أن تظهر التشققات والتآكل الميكانيكي والميكانيكي الجزئي وبشكل منفصل على البطائن الاحتكاكية، مما يسبب زيادة ضغط الزيت ( فرامل ABS)، مما يؤدي لتردي المواصفات الفنية للمعدن، وبذلك يقل التماسك بشكل كبير.
- د- مرحلة اللاعمل: أي تصبح قيمة الخلوص أكبر بكثير من أن تتماسك البطائن الاحتكاكية مع القرص الدوار للآلية، ولا يوجد اي قوى احتكاكية، وهنا تكون نسبة الخطر كبيرة جدا على سلامة السائق والآلة.

### الاستنتاجات والتوصيات

- 1- تختلف كثافة الاهتراء البطانات الاحتكاكية حسب خواص المواد الاستثمارية المصنعة منها.
- 2- تختلف كثافة الاهتراء وسرعته وتسارعه بين البطانات الاحتكاكية وكثافة الاهتراء وسرعته وتسارعه للسطح الاحتكاكي الاخر (السطح الدوار للآلية).
- 3- تتعلق كثافة الاهتراء للفرامل بالعوامل الأساسية التالية:
  - التأثير الميكانيكي الخارجي على مجموعة القطع ( الحموله، السرعة النسبية لحركة القطع الاحتكاكية، نوعية الطرق، طرق القيادة،....).
  - نوعية معدن السطوح الاحتكاكية.
- 4- يجب في ظروف الاستثمار المحددة تجنب الاهتراء الشديد ومحاولة العمل ضمن مجال الاهتراء الطبيعي أو الوسطي كحد أقصى، والتخفيف قدر الإمكان من كثافة الاهتراء، للتخفيف من كثافة الاهتراء يجب إتباع الأساليب العلمية عند اختيار نوعية المعدن والمواد المستخدمة في التصميم، الخلائط المعدنية، نوعية المعالجات الحرارية وطرق تشكيل السطوح الاحتكاكية. مثلا لتجنب الاهتراء التماسكي في مجموعة القطع الاحتكاكية نقوم بالآتي:
  - المعالجات الحرارية للسطوح الاحتكاكية لرفع القساوة السطحية والصلابة والمتانة.
  - المعالجة الحرارية الكيميائية.
  - المعالجة الميكانيكية لرفع المتانة.
  - تغطية السطوح بطبقات ذات مواصفات محددة عن طريق التلييس الكيميائي الكهربائي.
  - تنظيف السطوح الاحتكاكية نتيجة لعملية الاهتراء وتصفية المواد الزيتية باستمرار.
- 5- يختلف توقيت الصيانة التكنيكية الدورية للآلية عن توقيت الصيانة التكنيكية الثانية للبطائن الاحتكاكية للفرامل كما يوضح الجدول (2):

الجدول (2) فترة اجراء الصيانة التكنيكية للفرامل لوسائل النقل

تبديل البطائن الاحتكاكية (الصيانة التكنيكية الثانية)			وسائل النقل
الشاحنات والقاطرات	الباصات والبولمانات	سيارات الركاب	ظروف الاستخدام
L2	L1	L1	الطبيعية

$L1 - \Delta l'_1$	$L1 - \Delta l'_1$	$L1 - \Delta l'_1$	<u>المتوسطة</u>
$L1 - \Delta l''_1$	$L1 - \Delta l''_1$	$L1 - \Delta l''_1$	<u>الصعبة</u>

حيث  $\Delta l'_1, \Delta l''_1$  : هما تغير طول الطريق اثناء استخدام بطانات احتكاك لوسائل نقل مختلفة وانطلاقاً من نوعية القيادة .

$L_1$  : مرحلة الاستثمار .

$L_2$  : فترة العمل غير الموثوق .

نقترح في ظل الظروف الحالية، وفي ظل الغلاء للمواد والخلائط المعدنية، امكانية المعالجة للبطائن الاحتكاكية واستخدامها مرة ثانية بدلا من استبدالها، وتوفير الأجهزة والأدوات اللازمة لذلك ، وتتم المعالجة واعادة التصنيع وفق الطرق المذكورة انفاً .

حيث يمكن الحصول على القيم الرقمية للرموز الموجودة في الجدول (2) من لمخطط الاهتراء الشكل (4) وذلك حسب نوع الفرامل المستخدمة والمواد المصنعة منه وطريقة الاستخدام (مثلاً يمكن حساب كثافة الاهتراء بالنسبة للمسافة المقطوعة (كم) بعد عشرة الاف او عشرين الف (كم) من المخطط مقدرةً (مكرون.كم) في شروط عمل وسيلة النقل وانطلاقاً من عدد مرات استخدام الفرامل).

### المراجع:

1. OZDALYAN ,B . *Development of a slip control anti-lock braking system model*. International Journal of Automotive Technolage .Vol. 9, No. 1 , 2008 , pp.71-80.
2. Çağlar Başlamışli,S ; Emre Köse, İ ; Günay Anlaş . *Robust control of anti-lock brake System* . Vehicle system Dynamics: International journal of Vehicle mechanics and mobility, Vol. 45, No. 3, March 2007, 217–232.
3. TANELL,M ; OSORIO,G ; BERNARDO,D,M ; ASTOLFI ,A . *Existence, stability and robustness analysis of limit cycles in hybrid anti-lock braking system*, International journal of control, Vol. 82, No. 4, April 2009, 659–678.
4. Wigel. Segmer , *The parking problem*, "international road safety and traffic review". London.1960.
5. Olson, W. and Milacic, D. (1996). Development of antilock braking traction and control systems of the advanced technology demonstrator II using DADS simulation code. *Int. J. Vehicle Design* **17**, **3**, 295-317 .
6. Olson, B., Shaw, S., and Stepan, G. (2005), Stability and Bifurcation of Longitudinal Vehicle Braking, *Nonlinear Dynamics*, 40, 339–365.
- 7 . J. CHENG 1995 *Automobile Engineering* 17, 1}11. A study on the control logic of ABS (in Chinese).
8. أحمد فايز الزبيق. أسس الصيانة والاصلاح، جامعة دمشق، مطبعة رياض، 1983، (11-22).
9. بييتروف. يو. ن، سيلفانوف.آ.أي، وغيرهما، الاتحاد السوفياتي، صيانة واصلاح المعدات الثقيلة ، 1982، (173-182).
10. عادل الصفار، المرجع الميكانيكي العام، "ترجمة" ، دار مير - موسكو، بوكانشوف.أ، كوستوكوف.م ، 1987، (23-40).
11. أحمد الزبيق، محطات الصيانة والاصلاح، جامعة دمشق، مطبعة الداودي. 1984، (155-163).