مجلة جامعة تشرين للدراسات و البحوث العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (28) العدد (1) 2006
Tishreen University Journal for Studies and Scientific Research- Engineering Science Series Vol. (28) No (1) 2006

نعلات لجام جديدة للسكك الحديدية

أحمد يونس *

(قبل للنشر في 2006/8/8)

□ الملخّص □

يتضمن هذا البحث تقديم أنموذجاً جديداً من نعلات اللجام للأدوات المحركة والمتحركة في السكك الحديدية (قاطرات . عربات نقل الركاب . شاحنات نقل البضائع) يقوم هذا النموذج على غرفنة حديد الصب الأبيض أي معالجته حرارياً لحين حدوث تفكك للسمنتيت مما يسمح بالحصول على بنية بلورية جديدة لحديد الصب ذات مقاومة عالية للتآكل والتشقق الحراري، كما إنه يضاعف من عمرها الفني ويوفر وقتاً كبيراً كان يصرف لأعمال الصيانة والإصلاح، كما و يزيد من عامل السلامة والآمان على شبكة السكك الحديدية.

وقد تمت مقارنة النتائج التجريبية لمعامل الاحتكاك باستخدام هذا النوع الجديد من النعلات مع القيم الحسابية الحاصلة باستخدام العلاقات الرياضية المعتمدة وأعطت النتائج المرضية التي تسمح باستخدامها على شبكة الخطوط الحديدية.

كلمة مفتاحية: سكك حديدية . نعلات اللجام.

* قائم بالأعمال– قسم القوى الميكانيكية . كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية . جامعة تشرين . سوريا

مجلة جامعة تشرين للدراسات و البحوث العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (28) العدد (1) 2006
Tishreen University Journal for Studies and Scientific Research- Engineering Science Series Vol. (28) No (1) 2006

Improvement of Shoes for Rail Ways

Dr. Ahmad Younes *

(Accepted 8/8/2006)

□ ABSTRACT □

This search introduces new model of brake shoes for railway rolling stocks and locomotive tracks (locomotives, passengers wagons and cargos).

This new model seeks to graphite white iron-cast, which means treating it thermally until cementite decomposes. It allows obtaining a new crystalline structure of cast, which has high resistance against wearing and heat cracks, increases the life service of break shoes, and increases safety factor on railways.

The empirical results of friction coefficient, obtained from using this new kind of break shoes, were compared with arithmetic values obtained from approved mathematical relations, and it shows that this kind of brake shoes can be used on railway system.

Key words: ***rail way, brake shoes***

*Teaching Assistant, Department of Mechanical Power Engineering, Faculty of Mechanical and Electrical Engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria.

مقدمة:

تعتبر منظومة اللجام من الأجزاء الأساسية التي تتطلب اهتماماً خاصاً أثناء عملية استثمار الأدوات المحركة والمتحركة على السكك الحديدية. هذه المنظومة المتكاملة بدءاً من خزانات الهواء مروراً بأنابيب التوصيل وصولاً إلى مجموعة الاسطوانات والأذرع ونعلات اللجام تشكل سلسلة مرتبطة بعضها ببعض يتوقف عليها آمان سير القطارات وتتعلق بها إنتاجية هذه المعدات الثقيلة العالية التكلفة. فكثير من الحوادث المؤسفة في تاريخ السكك الحديدية والتي كانت نتائجها خسائر بشرية لا تعوض، وخسائر مادية جسيمة كان سببها وجود خلل ما في هذه المنظومة.

ضمن هذه الأجزاء الأساسية لمنظومة اللجام المتكاملة، فان نعلات اللجام أو ما يسمى في مصطلحات السكك الحديدية ب" القباقيب" (لأنها تأخذ شكلا يشبه القبقاب طوله 35 cm وارتفاعه 5cm مع تقوس بسيط نحو الداخل يتناسب والسطح الدوراني للعجلة) تعتبر ذات أهمية خاصة للأسباب الآتية:

. إنها العنصر الأساسي الذي يلتحم بالسطح الدوراني لعجلات القطب عند تطبيق قوى اللجام وبالتالي فإن كامل فعالية هذه القوى تتوقف على مواصفات هذا العنصر.

. إنها ضمن مجموعة الأجزاء الميكانيكية التي تتألف منها الأدوات المحركة والمتحركة هي أكثر القطع عرضة للتآكل أو للتلف والاستبدال. فعلى شبكة الخطوط الحديدية السورية يتم سنوياً استبدال الآلاف من هذه القطع.

ـ إن هذه القطع هي تقريباً القطع الوحيدة من مجموعة أجزاء القاطرات التي يتم تصنيعها محلياً نظراً للطلب المتزايد عليها وقلة تكلفة إنتاجها إذا ما قورنت بتكاليف استيرادها من الخارج.

انطلاقاً من ذلك ومن خلال ملاحظة مدى الأضرار التي تتعرض لها عجلات الأقطاب وما ينجم عبها من آثار سلبية تنعكس على مجمل عملية النقل، كان لابد من متابعة ودراسة هذا الموضوع باهتمام بهدف إلى الوصول إلى نتائج أفضل في مجال عمل منظومة اللجام بما يؤمن المحافظة على قوى تماسك كبيرة بين النعلات والعجلات، ويساعد في إنقاص مسافة اللجام ما مكن بغية تفادي الحوادث التي يمكن أن تنجم عن ذلك.

أهمية البحث:

تكمن أهمية البحث في التعرف على طريقة جديدة لتشكيل خليط حديد الصب وبعض العناصر الكيميائية الأخرى الداخلة في تركيبة نعلات اللجام، إضافة إلى تغيير في نسب وجود هذه العناصر في الخليط بغية الحصول على تركيبة جديدة ذات معامل احتكاك عالٍ و مقاومة كبيرة للتآكل. ومقارنة نتائج استخدام هذه التركيبة الجديدة مع الخليط المصنع سابقاً الذي تستخدمه الأدوات المحركة والمتحركة في السكك الحديدية. وإلى استنباط بعض النتائج والمقترحات المتعلق بذلك.

خصائص ومواصفات النعلات المستخدمة حالياً في آليات السكك الحديدية:

تستخدم حالياً على السكك الحديدية السورية نعلات لجام مصنعة من الفونت الرمادي المستورد، وتختلف صفاتها الكيميائية (نسب المواد الداخلة في معدن الفونت) والفيزيائية (القساوة . معامل الاحتكاك) حسب المصادر التي تقوم بتصنيعها التي يمكن تصنيفها إلى مصدرين:

1 . المصدر الأول : ما يتم تصنيعه داخل مؤسسة السكك الحديدية وكميته قليلة لا تلبي ربع حاجة المؤسسة منها . طريقة التصنيع قديمة إلى حد ما، حيث يتم وضع قوالب الفونت الرمادي بنسبة 3/4 والمواد المرتجعة (بقايا

نعلات اللحام المستهلكة) بالنسبة الباقية في فرن خاص سعته محدودة (حوالى 1500kg) وتسخن لمدة ساعتين ونصف إلى أن تصل درجة الحرارة فيه إلى 1600 °C تضاف خلال فترة التسخين مادة السيليكون بكمية كافية من أجل معالجة الخبث (الشوائب الأوساخ) التي تتراكم على الطبقة العليا للمحلول المنصهر وتتم إزالتها يدوياً . وفي نهاية التسخين يسكب المحلول المنصهر في قوالب رملية خاصة يتم إنشاؤها مباشرة على الأرض وتوضع عليها من الجهة العليا أغطية بشكل صناديق تشكل القسم العلوي لقالب النعلة وتترك للتجمد لمدة ساعتين ثم تبرد لمدة 12 ساعة في الهواء الطلق. يذكر أنه لا تؤثر على هذه القوالب أية قوى ضغط خارجية سوى قوة وزن الصناديق وهي محدودة جداً حيث إن وزن الصندوق لايتعدى 30kg يقوم بتغطية ثلاثة قوالب. وقد تم تحليل إحدى العينات المصنعة بهذه الطريقة في أحد مخابر وزارة الصناعة وكانت النتيجة كما يلي:

C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Mo	V	w
3.09	1.65	0.603	1.22	0.0224	0.0583	0.0721	0.0125	0.0445	< 0.0100

Co	Cu	Sn	Al	Ti	Pb	B	Mg	Nb	Fe
.00652	0.0438	.00724	<.00100	0.0763	<.00200	.00065	< .00100	<.00200	≈ 93.08

العينة رقم (1)

2 . المصدر الثاني : ما يتم التعاقد على إنتاجه خارج المؤسسة مع جهات عامة أو خاصة ويقوم بتلبية أغلب احتياجاتها من النعلات، وقد لوحظ فيه زيادة في نسبة المواد المرتجعة إلى اكثر من الثلث . طريقة الصهر والسكب وهي الطريقة المتبعة في المصدر الأول نفسها ولكن الأفران هنا ذات سعة أكبر تصل إلى 3000 kg والقوة المطبقة على النعلة بعد السكب أكبر. وقد تم أيضاً تحليل بعض العينات المصنعة من هذا المصدر كانت نتيجة التحليل كما يلي:

Foundry Master 01C0016 (Optik 01G0098)
Sample :
Alloy : FE_200 Mode :PA 3/2/2006 1:57:55 PM

	Fe	C	Si	Mn	P	S	Cr
1	92.3	> 4.50	1.60	0.470	0.564	> 0.140	0.0368
2	92.0	> 4.50	2.07	0.450	0.425	0.139	0.0527
3	91.8	> 4.50	1.76	0.547	0.761	> 0.140	0.0523
Average	**92.0**	**> 4.50**	**1.81**	**0.489**	**0.584**	**0.139**	**0.0473**

	Mo	Ni	Al	Co	Cu	Mg	Nb
1	< 0.0050	0.0348	0.0060	< 0.0050	0.0693	0.0011	0.0034
2	< 0.0050	0.0369	0.0057	0.0053	0.108	0.0012	0.0053
3	< 0.0050	0.0331	0.0053	< 0.0050	0.0827	0.0012	0.0040
Average	**< 0.0050**	**0.0349**	**0.0057**	**< 0.0050**	**0.0867**	**0.0012**	**0.0043**

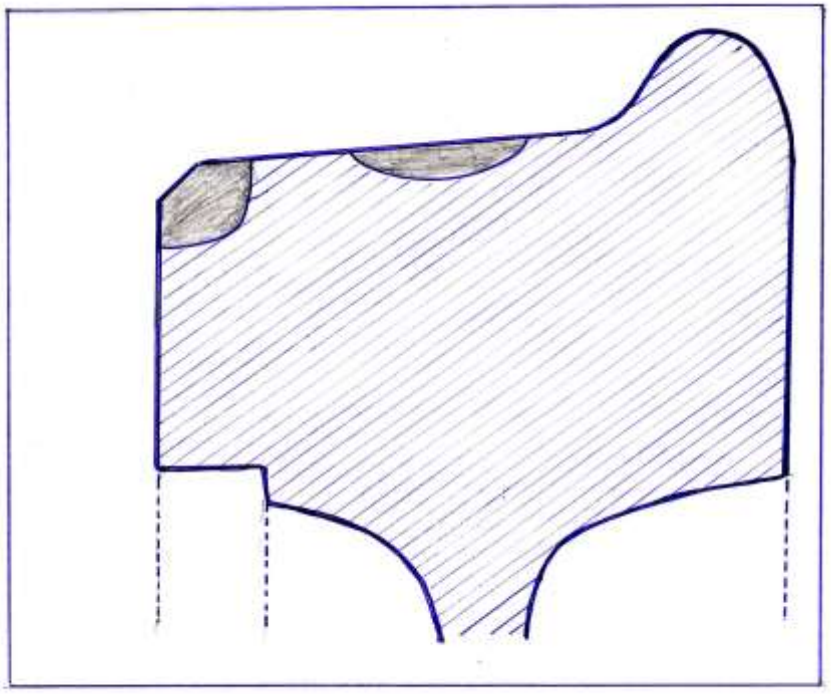
	Ti	V	Pb	Sn	B	Zr	As
1	0.0740	0.0207	< 0.0500	0.0723	0.0271	< 0.0030	0.0473
2	0.0581	0.0257	< 0.0500	0.0400	0.0100	< 0.0030	0.0201
3	0.0932	0.0318	< 0.0500	0.0588	0.0181	< 0.0030	0.0372
Average	**0.0751**	**0.0261**	**< 0.0500**	**0.0570**	**0.0184**	**< 0.0030**	**0.0348**

العينة رقم (2)

من خلال الدراسة العامة للنعلات المستخدمة على السكك الحديدية حالياً وبملاحظة نتائج التحليل الكيميائي للعينات المأخوذة يمكن استخلاص النتائج الآتية:

1 . يلاحظ من نتائج التحليل أن هناك ارتفاعاً ملحوظاً بنسب الكربون (العينة 2) والفوسفور(العينة 1) وزيادة في السيليكون . وهذا ما يؤثر سلباً على أداء النعلة ويزيد من هشاشتها ويقلل من قساوتها التي تبلغ وفق الاختبارات حوالى 170HBفقط .

2 . وجود نسبة عالية من الشوائب والأجسام الغريبة ذات قساوة عالية يظهر تأثيرها السلبي أثناء الاستخدام، حيث تقوم هذه الأجسام بحفر أخدود على محيط السطح الدوراني للعجلة وعلى حافتها يصل عمقه إلى أكثر من 1cm (الشكل 1) . وتعتبر هذه الظاهرة الأكثر سوءاً على السكك الحديدية حيث تتطلب معالجتها إعادة خرط العجلات القطبية من الطرفين، وبتكرار هذه العملية عدة مرات ينقص قطر العجلات إلى حدود 970 mm وهو الحد الأدنى المسموح به مما يدفع بالمؤسسة إلى تنسيقها واستبدالها بأخرى عالية التكلفة إضافة إلى كونها لا تنتج محلياً .



الشكل (1) أماكن التحفر التي يمكن أن تحدث على محيط السطح الدوراني للعجلة نتيجة وجودٌ أجسام صلبة غريبة في نعلة اللجام .

3 . وجود فراغات هوائية متعددة ذات حجوم مختلفة (الشكل 2) يعود سببها الأساسي إلى طريقة السكب والتبريد ضمن قوالب الرمل الأحمر الذي يحتوي على نسبة رطوبة عالية إضافة إلى انخفاض الضغط المطبق على الوجه العلوي لقالب النعلة . ومن الجدير بالذكر أن وجود هذه الفراغات يؤدي إلى عدم تجانس قساوة السطح الداخلي للنعلة وإلى انخفاض معامل الاحتكاك بين النعلة والسطح الدوراني للعجلة [5] .

الشكل (2) : صورة تبين التشوهات الحاصلة أثناء تصنيع نعلات اللجام والتي يعود سببها إلى تكنولوجيا التصنيع وإلى وجود الشوائب في مادة الحديد الصب

4 . إن هذه النعلات تتصف بناقلية حرارية منخفضة نسبياً وهذا ما يؤدي إلى نقل كامل الحرارة تقريباً الناتجة عن عملية اللجم إلى السطح الدوراني للعجلة . فأثناء عملية اللجم لقطار يسير بسرعة 140 km/h فإن درجة الحرارة على السطح الدوراني للدولاب تكون بحدود (400 °C) . ولكن هناك بعض النقاط من السطح تصل درجة حرارتها إلى حوالى (700 °C) هذه النقاط إذا لم تنخفض فيها درجة الحرارة خلال زمن مقداره 8 sec إلى ما دون(300 °C يتشكل فيها المارتنزيت الابري الذي يؤدي وجوده إلى زيادة الحجم في هذه النقاط و يحدث إجهاد داخلي كبير للدولاب يؤدي إلى حدوث تشققات عرضانية مختلفة العمق [1]. وبما أن الخطوط الحديدية السورية تتصف بميول كبيرة على بعض المحاور تصل إلى حدود 2.5% على محور اللاذقية . جسر الشغور ومحور طرطوس . عكاري [8]، فإن الحاجة لاستخدام الألجمة تتطلب تطبيق قوة لجام بصورة متواصلة وإذا لم يتم الأخذ بعين الاعتبار هذه الظاهرة التي يتطلب تفاديها تطبيق قوة لجام بصورة تدريجية ومتقطعة (تطبيق قوة لجام معينة لمدة 2 ثانية . ثم يترك فراغ زمني مدته 2 ثانية لتطبيق القوة ثانية وهكذا..) فإن احتمال حدوث التشققات الحرارية كبيراً جداً وهذه الحالة تعتبر إحدى أهم الصعوبات التي تعاني منها مؤسسات السكك الحديدية في أنحاء العالم كافة سواء كان الجر كهربائياً أو بخارياً أو على الديزل [3] .

5 – مشكلة أخرى نعاني منها جميعاً في أيامنا هذه وهي الضجيج، حيث إنه بوجود الأجسام الصلبة الغريبة التي تم التحدث عنها تصدر أصوات عالية تشكل عامل إزعاج للمسافرين والقاطنين بجوار الخط الحديدي. ومع أن النعلات الجديدة لا تمتاز بنسة ضجيج منخفضة جداً إلا أنها اقل من سابقتها ويمكن أن تنخفض أكثر إذا خلت من تلك الأجسام.

خصائص ومواصفات نعلات اللجام الجديدة :

أثبتت الدراسات والتجارب التي أقيمت في مراكز أبحاث المعادن ومناطق البحث التابعة للسكك الحديدية في روسيا فإن الفونت الخاضع لعملية الغر فتة الجزئية يمتلك خواص احتكاك مستقرة ضمن مجال حراري واسع الطيف بدءاً من الدرجة 60 °C – وحتى مرحلة تحوله إلى محلول منصهر[7] .

وتلعب تكنولوجيا التصنيع دوراً مهماً في زيادة مقاومته للتآكل وتحسين خواصه الاحتكاكية والسبب في ذلك يعود إلى أنه بعد المعالجات الحرارية الايزوترمية(Isothermic) وسكبه في القوالب الخاصة فإن الأوستينت (Austenite)

المتبقي والموجود على الطبقة العليا لسطح القالب يتحول عند الضغط الميكانيكي والبالغ بحدود $85kg/cm^2$ على هذه الطبقة إلى المارتنزيت (Martensite) ذو المقاومة العالية للتآكل [7] .

إن الفونت الخاضع لعملية الغرفنة الجزئية يحتوي في بينته المجهرية على السمنتيت الأولي (cementite primary) والغرافيت بنسبة مخفضة وهذا الخليط يمتاز بقساوة عالية تبلغ بعد التجمد 240 – 320 HB نتيجة لوجود Fe_3C، ومعامل احتكاك مرتفع نسبيا (بحدود 0.15) .

لذلك فقد اقترح من أجل الحصول على الفونت المغرفت جزئياً استخدام الفونت الأبيض الذي يحتوي في تركيبه الكيميائية على العناصر الآتية وبالنسب المبينة أدناه :

الكربون	C : 2.8 – 3.7 %
السيلكون	Si : 0.7 – 0.9 %
المنغنيز	Mn: 0.5 – 1 %
الفوسفور	P: : 0.3 % ≤
الكبريت	S: 0.1% ≤

وأهم عنصر يجب المحافظة على نسبته بصورة ثابتة هو السيليكون لأن انخفاض نسبته تؤدي إلى تشكيل كمية كبيرة من السمنتيت إلى جانب كمية اقل من الغرافيت الطري أي يؤدي ذلك إلى ارتفاع قساوة المعدن إلى ما فوق الحد المسموح به .

إن المعالجة الحرارية للفونت الأبيض تتم عن طريق تسخينه لمدة (2 – 1.5) ساعة ليصل إلى الدرجة $950c^0$. ويحافظ على هذه الدرجة لمدة ثلاث ساعات متواصلة يجري بعدها سكب المحلول المنصهر في قوالب النعلات الخاصة وتبرد بصورة بطيئة بمعدل $30 – 50c^o$بالساعة لنحصل في النهاية على الفونت المغرفت جزئياً (أي حديد الصب المطاوع نتيجة تفكك السمنتيت وتحول قسم كبير منه الى غرافيت). يحتوي في بنيته المجهرية على كربيد الحديد (Cementite) ,البرليت (perlite) والغرافيت (graphite) وتبلغ قساوة هذا الفونت 250 – 300 HB .

أجريت تجارب مختلفة على هذه النعلات وتبين أن معامل الاحتكاك عند تطبيق قوة اللجام نفسها هو أعلى من معامل الاحتكاك عند استخدام نعلات مصنعة من خلائط حديد الصب الرمادي . ويبين الشكل رقم (3) العلاقة بين معامل الاحتكاك φ_k والسرعة V عند تطبيق قوة لجام مقدارها 30 kN (3000kg f) وحمولة قطبية مقدارها 245kN (24.5t.f)، حيث يتضح منه أن معامل الاحتكاك في المنحني (1) هو أعلى من المعامل للمنحني (2) في حدود السرعتين الوسطى والمنخفضة (أقل من 75km/h) .

بهدف مقارنة القيم الحسابية بالقيم التجريبية فقد تم حساب معامل الاحتكاك بالعلاقة المعروفة :

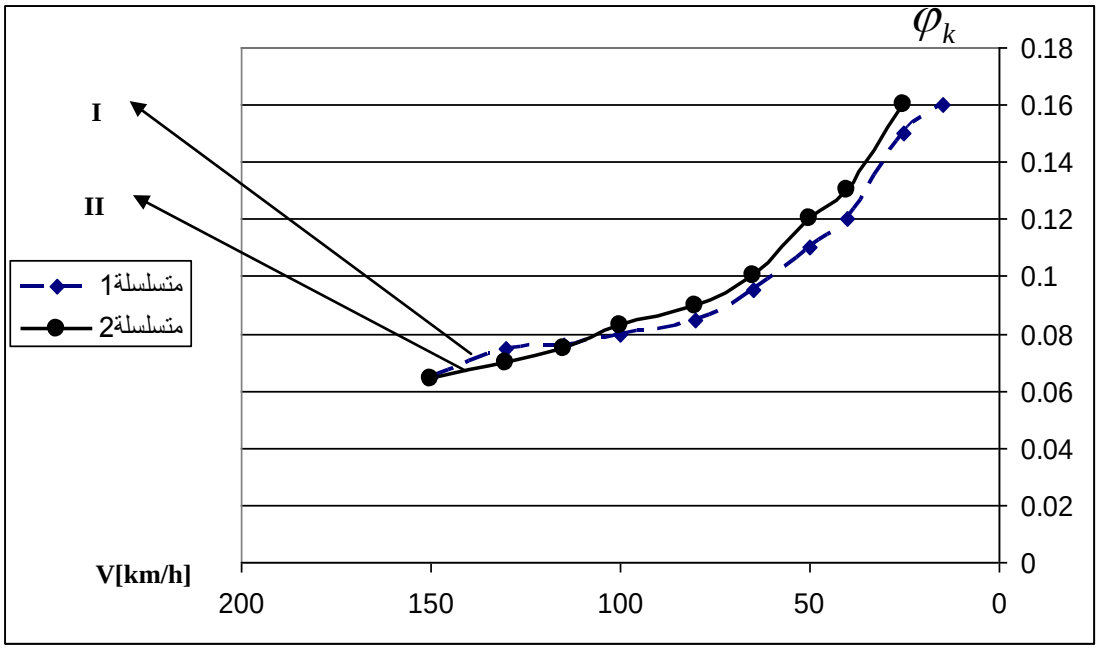
$$\varphi_k = 0.27\frac{V+100}{5V+100} \qquad (1)$$

حيث V : سرعة القاطرة km/h

والنتائج الحسابية من اجل سرعات مختلفة موضحة في الجدول (1)

الجدول رقم (1) القيم الحسابية لمعامل الاحتكاك φ_k من أجل سرعات مختلفة للقاطرة .

$V_{km/h}$	20	40	50	70	90	100	120	150
φ_k	0,162	0,125	0,115	0,102	0,093	0,09	0,085	0,079



الشكل (3) : معامل الاحتكاك لنعلات اللجام المختلفة

(I) : عند استخدام نعلات من خلائط الحديد المغرفت جزئيا.

(II) : عند استخدام نعلات اللجام من خلائط الفونت الرمادي.

وذلك عند تطبيق قوة لجم مقدارها 30kn.

نلاحظ من مقارنة النتائج الحسابية للجدول مع النتائج التجريبية المبينة في الشكل (3) و المنحني (1) إن القيمة التجريبية هي في بعض الأحيان أعلى من الحسابية .

والسبب في ذلك يعود إلى أن العلاقة (1) هي علاقة معطاة لحساب معامل الاحتكاك للنعلات المصنعة من خلائط حديد الصب الرمادي .

بينت التجارب أيضاً على أن استخدام هذا النوع الجديد من النعلات يزيد من فترة استخدامها بمعدل الضعف عنه عن استخدام النعلات القديمة في قطارات المناورة وقطارات الضواحي وبمعدل 1,5 مرة في القطارات السريعة.

أثناء دراسة سبب انخفاض عمرها الزمني في القطارات السريعة مقارنة مع قطارات المناورة والضواحي تبين أن السبب يعود إلى الحركة العرضانية للنعلات أثناء السر عات العالية لأن طريقة ربطها مع أجهزة اللجم تسمح لها بحرية الحركة على محيط السطح الدوراني للعجلة هذه الحركة العرضانية تؤثر على الحافة الخارجية لحاجب الدولاب وتؤدي إلى تآكله ببطء إلى أن يصل إلى الحدود الدنيا المسموح بها، أو تؤدي إلى تآكل جزئي للنعلة من الجهة الداخلية والصورة في الشكل (4) تظهر إحدى نعلات اللجام التي تآكلت جزئياً نتيجة الحركة العرضانية الجزء (1) أما الجزء (2) فقد حافظ على سماكة النعلة نفسها. هذه العملية كما هو ملاحظ قد أنقصت مساحة سطح التماس بين النعلة والسطح الدوراني للعجلة حوالى الثلث. مما يؤدي إلى انخفاض معامل الاحتكاك إلى قيم متدنية جداً وإلى ضعف

قوة التماسك بينهما. ووجود عدة حالات في قطار واحد يمكن أن يزيد مسافة اللجام عشرات الأمتار وهذا ما يؤثر سلباً على عامل الآمان والسلامة للحركة على الخط الحديدي .

الشكل (4) صورة لإحدى نعلات اللجام التي تآكلت بسبب الحركة العرضانية على محيط العجلة .

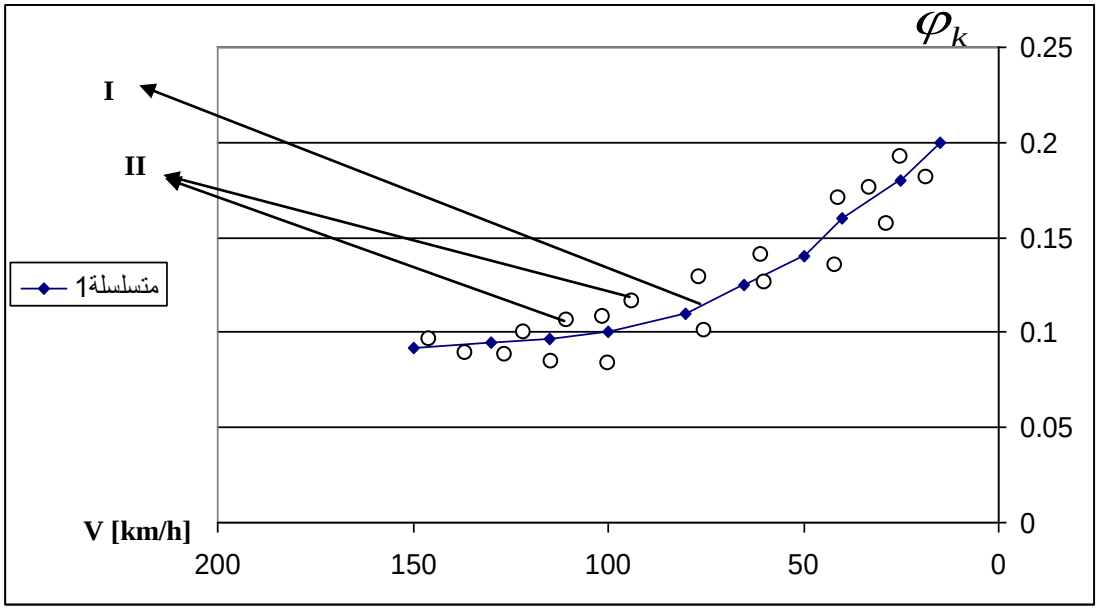
هذه المشكلة يمكن التغلب عليها بتغيير بسيط في شكل النعلة أثناء الصب حيث تم إضافة مشبكين معقوفين إلى جسم النعلة طول كل منهما بحدود (80mm) يرتبطان مع حاجب الدولاب من الناحية الداخلية للقطب يمنعان تأرجح النعلة عند استخدام اللجام في السر عات العالية [6]

وتبين من خلال التجربة والبحث أن معامل الاحتكاك عند استخدام النعلات الجديدة المجهزة بمشابك معقوفة قد زاد بشكل ملحوظ والشكل (5) يبين علاقة معامل الاحتكاك $\vartheta_{k\xi}$ والسرعة V, km/h عند تطبيق قوة لجام مقدارها(20 kN) وحمولة قطبية مقدارها (245 kN)حيث يمثل المنحي (1) معامل الاحتكاك الذي تم إيجاده بالطريقة الحسابية من المعادلة :

$$\varphi_{kd} = 0.6\frac{16k+100}{80k+100}.\frac{V+100}{5V+100} \qquad (2)$$

حيث: K: قوة اللجام المطبقة (قوة ضغط النعلة على عجلة القاطرة) kN

V : سرعة القاطرة Km/h

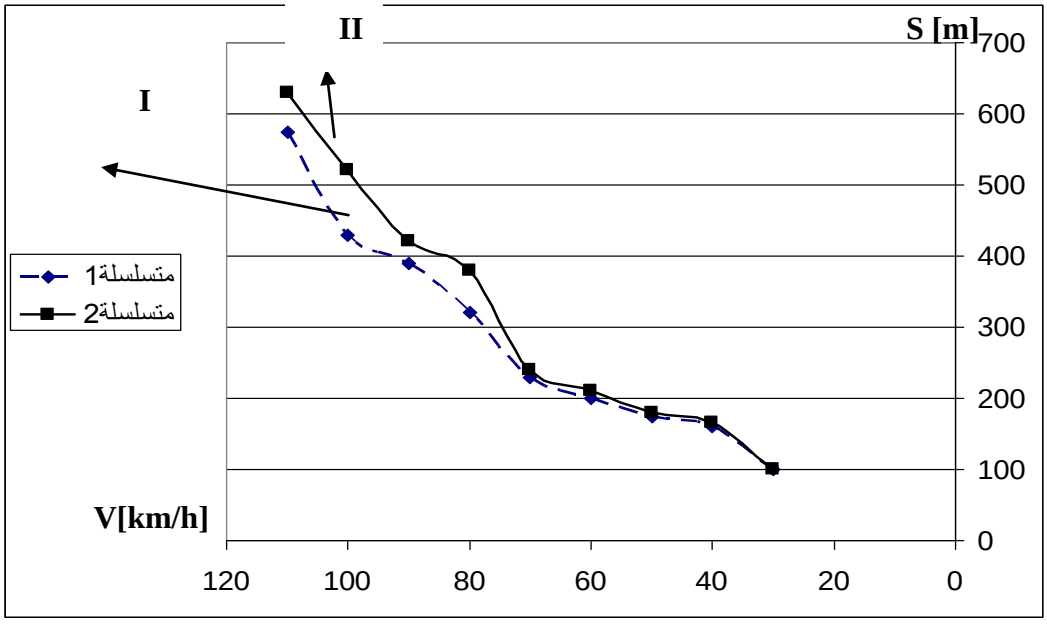


الشكل (5) : علاقة معامل الاحتكاك لنعلات اللجام ذات المشابك المعقوفة بسرعة القطار.

(I) : بالطريقة الحسابية لمعامل اللجام (II): الطريقة التجريبية .

وذلك عند تطبيق قوة لجم مقدارها: 20kN.

أما النقاط المتناثرة فهي تمثل القيم التجريبية لمعامل الاحتكاك عند تطبيق نفس القوة بالنسبة للسرعات الموافقة.كما شملت التجارب حساب مسافة اللجام عند استخدام النوعين القديم والجديد، باعتبار أن مسافة اللجام هي الهدف الأساسي الواجب تقليله قدر الإمكان لتفادي الكثير من الحوادث المحتملة وتبين من خلال هذه التجارب أن مسافة اللجام تكون فعلاً أقصر عند استخدام النعلات الجديدة المصنعة من حديد الصب الخاضع لعلية الغرفتة الجزئية بمعدل 10-15% . والشكل (6) يوضح علاقة مسافة اللجام S (m) بسرعة القطار $V_{km/h}$.



الشكل (6) : علاقة مسافة اللجام بسرعة القطار:

(I): عند استخدام النعلات الجديدة من حديد الصب المغرفت جزئيا. (II): عند استخدام النوع القديم من حديد الصب الرمادي.

في المنحني (1) عند استخدام النعلات الجديدة المصنعة من خلائط حديد الصب المغرفت جزئيا
المنحني (2) عند استخدام النعلات المصنعة من خلائط حديد الصب الرمادي.

من الشكل (6) أيضاً نلاحظ أنه من أجل السرعة 90km/h فإن مسافة اللجام عند استخدام النعلات الجديدة تنخفض بمقدار حوالى 50m وهي مسافة كافية أحياناً لتفادي الحوادث المحتملة وخصوصاً عند التقاطعات العشوائية والمعابر التي تنتشر على طول شبكة الخطوط الحديدية .

الاستنتاجات والتوصيات:

من خلال ما تم عرضه تخلص إلى مجموعة من النتائج والتوصيات:

1 . إن النوع الجديد من نعلات اللجام المشكل من خلائط حديد الصب الأبيض المعالج حراريا بشكل جزئي، يمتاز بقساوة عالية ويؤمن قوة تماسك كبيرة بين النعلات والسطح الدوراني لعجلات الأقطاب وهذا ما يزيد من معامل الاحتكاك بينهما ضمن مجالات السرعة المختلفة.

2 . إن هذا النوع الجديد الذي يحوي في بنيته على السمنتيت بكمية منخفضة إلى جانب الغرافيت، يمتاز بمقاومة عالية للتآكل ، وناقلية حرارية جيدة حيث تقوم النعلة بامتصاص حوالى 25% من الحرارة المتولدة عند اللجم وتزداد مقاومة العجلات القطبية للتشقق الحراري وهذا ما يزيد من العمر الفني للنعلة والعجلة.

3 . إن مسافة اللجام (المسافة المقطوعة ما بين لحظة تطبيق قوة اللجام والتوقف النهائي للقطار) تكون أقل عند استخدام هذا النوع من نعلات اللجام مما يزيد من عامل السلامة والامان على السكك الحديدية .

4 . يمكن استخدام هذا النوع من مواد اللجام على الأدوات المحركة والمتحركة كافة (قاطرات . عربات ركاب . شاحنات لنقل البضائع . صهاريج لنقل الوقود والسوائل).

نظراً لهذه المواصفات الفنية والاقتصادية الحسنة التي يمتاز بها هذا النوع الجديد من نعلات اللجام فانه يوصى بإنتاجها واستخدامها في مؤسسات النقل بالخطوط الحديدية لما يعود من فائدة للمؤسسة خاصة والبلاد عامة.

المراجع:

1- BUSHE, N.A.. Friction, *Wear and Tiresome in Machines*. Moscow. Transport. 1987.223p.

2 – FILIPPOV , M.M, UZDIN ,M.M , *General theory of Railways*, Moscow : Transport. 1991. 294p. (in Russian).

3 – KAZARINOV, V.M. *Auto brakes in diesel locomotive*" , Moscow " Transport" - 1984. 240p. (in Russian).

4 – PASTUKHOV, I. F., LUKIN, V.V. , JOKOV, N.I. , *Railway Wagons Moscow*. Transport . 1988 .280p. (in Russian).

5- PERSSON, BO. N.J. *Sliding Friction .Physical Principals and Application* /Springer. 1998- 462p.

6– YOUNES, A. "*Reliability of Locomotive systems'*, Moscow, VNIIZT" 1992. 64p. (in Russian).

7 – ZUEEV,V.M .*Temperature Treatment of metals* , Moscow ,High School. 1987- 188p. (in Russian).

8 -السكك العربية . نشرات دورية تصدر عن الأمانة العامة للاتحاد العربي للسكك الحديدية – العدد -64–1999