VADEN®
ORIGINAL

دليل تقني

الإصلاح الشامل للكاليبر (إصلاح كليبر): أعراض الأعطال والاستبدال والصيانة

يخرج كاليبر الشاحنة من الخدمة غالبًا لا بسبب تشقق جسمه، بل لتمزق جلدة مسمار التوجيه ودخول الماء والملح إلى مقعده. تعرف على التشخيص والإصلاح الشامل.

vadenoriginal.com · **vaden.com.tr** · الإصدار: أكتوبر 2026 · مركبة تجارية ثقيلة (شاحنة · رأس قاطرة · حافلة)

من أكثر المسائل إثارة للنقاش في ورش خدمة المركبات التجارية الثقيلة: الكاليبر عالق، فهل نستبدله كاملًا أم نجري له إصلاحًا شاملًا؟ والحقيقة في الميدان أن الغالبية العظمى من كاليبرات الفرامل القرصية لا تخرج من الخدمة بسبب تشقق الجسم أو تشوه الجسر، بل بسبب تسرب الماء والملح والطين إلى مقاعد مسامير التوجيه، وتمزق الجلدات الواقية، وانحشار آلية الضبط. أي أن القطعة المعيبة فعلًا ليست الكاليبر نفسه، بل مجموعة مانعات التسرب والآلية الداخلية التي لا يتجاوز وزنها بضع مئات من الغرامات. وعند التشخيص الصحيح وتركيب طقم الإصلاح في الوقت المناسب، يكمل جسم الكاليبر نفسه عمر مجموعة ثانية من فحمات الفرامل، بل وثالثة، دون مشكلات. يشرح هذا الدليل بلغة الميدان وظيفة أطقم إصلاح الكاليبر (طقم مسامير التوجيه، وطقم الآلية، وطقم الجلدات الواقية ومانعات التسرب)، وما الذي ينبغي فحصه عند كل عرض، والمواضع التي تقع فيها الأخطاء أثناء الفك والتركيب.

ملاحظة E-E-A-T: أعد الفريق الفني في VADEN ORIGINAL هذا المستند استنادًا إلى الخبرة الميدانية في أنظمة الفرامل للمركبات التجارية الثقيلة وإلى وثائق OE الصادرة عن الشركات المصنعة. والقيم الواردة هنا ذات طابع مرجعي نموذجي وعام؛ أما القيم الدقيقة لعزم الربط والأبعاد وحدود التفاوت فالمرجع فيها دائمًا هو أحدث دليل خدمة صادر عن الشركة المصنعة للمركبة والكاليبر. *آخر تحديث: سبتمبر 2026.*

تصمم أنظمة الفرامل الهوائية في المركبات التجارية الثقيلة وفق لائحة ECE R13 (لائحة الفرامل الصادرة عن الأمم المتحدة والاتحاد الأوروبي) ومعيار ISO 611.

ما هو الإصلاح الشامل للكاليبر (مسامير التوجيه والآلية وطقم الإصلاح)؟ وظيفته ومبدأ عمله

طقم إصلاح الكاليبر هو مجموعة من قطع الخدمة تقدم معًا لإعادة عناصر الحركة والإحكام والضبط التلقائي للفحمات في كاليبر الفرامل القرصية من النوع العائم (المنزلق) في المركبات التجارية الثقيلة، عندما تتآكل أو تتلف، إلى أدائها الأساسي كما صممت؛ ويشمل مسامير التوجيه والجلب والجلدات الواقية ومانعات التسرب ورؤوس الغمازات وآلية الضبط.

لفهم مبدأ العمل، يجب أولًا النظر إلى الطريقة التي يكبح بها الكاليبر. ففي الفرامل القرصية الهوائية المستخدمة في المركبات التجارية الثقيلة (سلاسل SN/SB/SK من نوع Knorr-Bremse، وسلاسل PAN/Maxx من نوع Wabco، والتصميمات المماثلة لـ ELSA من نوع Meritor)، تؤثر قوة الدفع القادمة من حجرة الفرامل الهوائية في عمود لامركزي داخل الكاليبر. ويحول هذا العمود اللامركزي حركة زاوية صغيرة إلى قوة محورية كبيرة، تنتقل عبر الجسر إلى غمازين يضغطان الفحمة الداخلية على القرص. ولأن جسم الكاليبر *يستطيع الانزلاق بحرية* على الحامل بفضل مسامير التوجيه، فإنه ما إن تلامس الفحمة الداخلية القرص حتى ينزلق الجسم في الاتجاه المعاكس ويسحب الفحمة الخارجية أيضًا نحو القرص. وبذلك يتم ضغط وجهي القرص كليهما بآلية موجودة في جانب واحد فقط.

في هذه الصورة نقطتان حاسمتان. الأولى أن يتمكن الكاليبر من **الانزلاق على الحامل دون أي مقاومة**. والثانية أن تطيل الغمازات نفسها عبر آلية التروس مع تآكل الفحمات، **فتحافظ على ثبات الخلوص الهوائي**. وطقم الإصلاح يحافظ تحديدًا على هاتين الوظيفتين: فمسامير التوجيه وجلبها تؤمن الانزلاق، بينما تمنع الجلدات الواقية ومانعات التسرب دخول الأوساخ والماء الذي يفسد الوظيفتين كلتيهما.

- **مسمار التوجيه (المسمار القصير أو الطويل):** يتيح انزلاق جسم الكاليبر محوريًا على الحامل. ويوجد منه عادة مسماران بقطرين مختلفين، أحدهما بمقعد ثابت والآخر بخلوص مسموح (عائم).
- **جلبة مسمار التوجيه (جلبة التوجيه):** جلبة من الفولاذ أو من مادة مركبة تشكل سطح الانزلاق؛ وعندما تبلى «يتأرجح» الكاليبر وتتآكل الفحمات بشكل مائل.
- **الجلدة الواقية لمسمار التوجيه وسدادة الغطاء:** تمنعان دخول الماء والملح والطين إلى مقعد المسمار. وتمزق هذه الجلدة هو السبب الأكثر شيوعًا للحاجة إلى الإصلاح الشامل.
- **رأس الغماز وجلدته الواقية:** الرأس القابل للضبط الذي يلامس ظهر الفحمة، والجلدة التي تعزل الآلية عن المنطقة الساخنة المغبرة في جهة القرص.

- **آلية الضبط التلقائي:** مجموعة تروس أو قابض أحادي الاتجاه تطيل الغمازات تدريجيًا مع تآكل الفحمات؛ إضافة إلى عمود الضبط وسدادته.
- **طقم مانعات التسرب والحلقات الدائرية (O-ring):** حشيات مقعد العمود اللامركزي وعمود الضبط والغطاء.
- **طقم الآلية:** العمود اللامركزي، وأسطوانات المحامل أو إبرها، وعناصر ربط الجسر؛ وفي حالات التلف الشديد تجدد الآلية بالكامل.

الفرق بين طقم مسامير التوجيه وطقم الآلية

في لغة الميدان يقصد بعبارة «طقم الإصلاح» في أغلب الأحيان طقم مسامير التوجيه، لكن هذه الأطقم تمثل مستويات مختلفة من التدخل. فطقم مسامير التوجيه يعيد للكاليبر وظيفة الانزلاق على الحامل، وفكه سهل نسبيًا ولا يتطلب فتح الكاليبر من الداخل. أما طقم الآلية فيتطلب فتح الغطاء الخلفي لجسم الكاليبر والتدخل في العمود اللامركزي والجسر ومجموعة الضبط، ويحتاج إلى نظافة وطاولة عمل وصبر. ويقع طقم الجلدات الواقية ومانعات التسرب بين الاثنين: فهو يجدد عناصر الإحكام فقط، ويعد الحل الأرخص والأكثر فاعلية ما دام التآكل الميكانيكي لم يبدأ بعد.

لماذا تعد آلية الضبط التلقائي بهذه الأهمية الحاسمة؟

في المركبات التجارية الثقيلة يكون الخلوص الهوائي (المسافة بين الفحمة والقرص) عادة في حدود أعشار المليمتر. فإذا اتسع هذا الخلوص زاد مشوار حجرة الفرامل الهوائية، وتأخرت استجابة الفرامل، وبدأ كبح غير متوازن على مستوى المحاور. وإذا ضاق احتكت الفحمة بالقرص باستمرار، فيتعرض القرص والفحمات للسخونة الزائدة، وترتفع درجة الحرارة إلى نطاق 600–700 °C، وتتزجج الفحمات. وتحافظ آلية الضبط التلقائي على ثبات هذا الخلوص بإجراء تصحيح بمقدار بضعة ميكرونات عند كل استخدام للفرامل. وعندما تنحشر الآلية يحدث أحد أمرين: إما ألا يضبط الخلوص إطلاقًا (فتضعف الفرامل)، وإما ألا تستطيع الآلية العودة (فتبقى الفرامل عالقة ويسخن المحور).

نقطة الضعف الوحيدة في الكاليبر العائم: حرية الانزلاق

يجب أن يتمكن الكاليبر من الانزلاق بحرية على الحامل طوال مسافة تآكل الفحمة الخارجية؛ وما إن تضيع هذه الحرية حتى تعجز الفحمة الخارجية عن الضغط على القرص بشكل كامل. والنتيجة معروفة: تتآكل الفحمة الداخلية أكثر من الخارجية بشكل واضح، ويتآكل القرص من وجه واحد، وتنحرف المركبة قليلًا عند الكبح. وهذا هو السبب الحقيقي لمعظم الحالات التي يشكى فيها من أن «الفحمات رديئة الجودة». فإذا كنت تستطيع فك مسمار التوجيه باليد وتشحيمه فأنت لم تتأخر بعد؛ أما إذا تعذر فكه فيبدأ خطر إتلاف أسنان لولب الحامل أيضًا بسبب الحرارة واستخدام القوة.

نوع الكاليبر / الفئة المماثلة	الاستخدام الشائع (المركبات التجارية الثقيلة)	البند الأبرز في الإصلاح الشامل	تحذير نموذجي
نوع SN7/SN6 Knorr-Bremse (عمود لامركزي واحد وغمازان)	المحاور الأمامية والخلفية لرؤوس القاطرات والشاحنات، ومحاور المقطورات	طقم مسامير التوجيه والجلدات الواقية ورؤوس الغمازات	الخلط بين مسمار التوجيه الطويل والقصير يخل بالانزلاق
نوع Knorr-Bremse SB/SK	محاور الحافلات والشاحنات الثقيلة	سدادة عمود الضبط وطقم الآلية	اتجاه عمود الضبط يختلف من طراز إلى آخر
نوع Wabco PAN/Maxx	رؤوس القاطرات والمقطورات والحافلات	طقم جلب التوجيه والجلدات الواقية	عمق تركيب الجلبة أمر حاسم
نوع Meritor ELSA	محاور المقطورات والشاحنات	طقم مسامير التوجيه وسدادات الأغطية	إذا سربت سدادة الغطاء دخل الماء إلى مقعد المسمار
الكاليبرات المدمجة في محاور BPW (TSB/ECO Disc) وSAF (SBS/Integral)	محاور المقطورات ونصف المقطورات	طقم الجلدات الواقية وآلية الضبط	يختار الطقم وفق ماركة المحور ونوعه ورقم الصب على الكاليبر، لا وفق ماركة المركبة

التحقق من رقم القطعة أمر لا غنى عنه: تتشابه أطقم إصلاح الكاليبر في الشكل إلى حد كبير؛ فقطر مسمار التوجيه ومقاس فتحة الجلدة الواقية واتجاه أسنان آلية الضبط تختلف حسب سنة الإنتاج حتى ضمن الماركة الواحدة. لذا تحقق قبل الطلب

دائمًا من رقم الصب أو الملصق على جسم الكاليبر، ونوع المحور، وقطر القرص. ولا تختر الطقم استنادًا إلى طراز المركبة وسنة صنعها فقط، إذ قد تجد كاليبرات من مصنعين مختلفين على رقم الشاسيه نفسه. وعند الشك قارن القطعة القديمة بالجديدة بقياسهما جنبًا إلى جنب.

أعراض الأعطال والتشخيص

نادرًا ما تظهر الأعطال الناتجة عن الكاليبر «فجأة ذات صباح». فهي في الغالب قصة تتطور على مدى أسابيع: رائحة خفيفة أولًا، ثم حرارة في الجنط، ثم تآكل غير متساوٍ في الفحمات، وأخيرًا محور يرسب في اختبار الفرامل. ويربط الجدول التالي الأعراض الأكثر شيوعًا في الميدان بأسبابها المحتملة وطرق التحقق منها.

العرض	السبب المحتمل	الفحص / التحقق
الفحمة الداخلية متآكلة أكثر بكثير من الخارجية	الكاليبر لا ينزلق على الحامل؛ مسمار التوجيه عالق أو الجلبة متآكلة	مع فك الفحمات، ادفع جسم الكاليبر باليد إلى الأمام والخلف؛ فإذا لم ينزلق بحرية وجب فتح طقم مسامير التوجيه. وافحص الجلدة الواقية لمسمار التوجيه بحثًا عن تمزق أو امتلاء بالماء والأوساخ.
سخونة زائدة في الجنط أو القرص بعد الكبح مع انبعاث رائحة	الكاليبر لا يعود؛ آلية الضبط منحشرة أو مسمار التوجيه صدئ	بعد جولة قصيرة، قارن درجات حرارة الأقراص على المحاور باستخدام ميزان حرارة لا تلامسي؛ فإذا وجد فرق واضح بين جانبي المحور نفسه فهذا يعني أن كاليبر ذلك الجانب عالق.
انحراف المركبة إلى جانب واحد عند الكبح (يظهر بوضوح خاصة على الطريق المبتل)	فقدان حرية الانزلاق في أحد الجانبين أو تفاوت في حركة الغمازات	قس فرق قوة الكبح على مستوى المحور باستخدام جهاز اختبار الفرامل (منصة الأسطوانات)؛ فإذا تجاوز الفرق بين جانبي المحور نفسه الحد المسموح في اللوائح وجب البحث عن سبب ميكانيكي.
زيادة مشوار دواسة الفرامل أو حجرة الفرامل، وتأخر إمساك الفرامل	آلية الضبط التلقائي لا تتقدم؛ الخلوص الهوائي اتسع	افتح سدادة عمود الضبط وراقب دوران الآلية خطوة بخطوة عند استخدام الفرامل. فإذا تجاوز مشوار ذراع الدفع في حجرة الفرامل أقصى مشوار تحدده الشركة المصنعة فهذا يعني أن الضبط لا يعمل.
تعذر إرجاع الغمازات بعد استبدال الفحمات	ترس آلية الضبط تالف أو الغمازات عالقة بسبب الصدأ	حاول إرجاع عمود الضبط بمفتاح أو أداة مناسبة *دون استخدام القوة*؛ فإذا ارتفع العزم بشكل ملحوظ فيلزم طقم الآلية. وإذا استخدمت القوة فستكسر رأس عمود الضبط.
الجلدة الواقية لمسمار التوجيه ممزقة، مع تراكم الصدأ أو الماء أو الطين في المقعد	فقدان الإحكام — المحفز الأكثر شيوعًا للإصلاح الشامل	فك مسمار التوجيه وانظر إلى سطحه: يجب أن يكون لامعًا وأملس. فإذا وجدت على السطح حفرًا أو نقرًا أو آثار صدأ سوداء فجدده مع الجلبة، ولا تكتف بوضع الشحم عليه.
جلدة الغماز الواقية منتفخة أو منفجرة أو ذائبة	السخونة الزائدة؛ احتكاك مستمر أو عدم انفصال الفحمة عن القرص	ابحث عن تصلب أو تشقق في مادة الجلدة. وإذا وجدت رائحة احتراق وجلدة محروقة فلا يكفي استبدال الجلدة وحدها؛ بل ابحث عن مصدر الحرارة (آلية الضبط أو مسمار التوجيه).
صوت احتكاك خفيف لكنه مستمر بعد تحرير الفرامل	الخلوص الهوائي ضاق كثيرًا؛ الآلية لا تسترد وضعها	ارفع المركبة وأدر العجلة باليد؛ فإذا وجدت مقاومة واضحة وصوت احتكاك معدني فافتح الكاليبر. وابحث في القرص عن تلون مائل إلى الزرقة بفعل الحرارة.

فرق درجة الحرارة: أسرع تشخيص وأصدقه

أكثر الطرق عملية للبحث عن أعطال الكاليبر هي مسح الأقراص عند منطقة الصرة بميزان حرارة لا تلامسي مباشرة بعد اختبار قصير على الطريق. يجب أن تكون درجتا حرارة العجلتين على المحور نفسه متقاربتين؛ ويدل الفرق الواضح والمتكرر على وجود احتكاك في كاليبر ذلك الجانب، أو على العكس من ذلك على أنه لا يعمل إطلاقًا. والاختبار تحت الحمولة أكثر إفادة بكثير من الاختبار والمركبة فارغة، لأن آلية الضبط تعمل مع الحمل.

ماذا يخبرك نمط تآكل الفحمات؟

عندما تفك الفحمة اقرأ سطحها. فالتآكل المائل بين الأعلى والأسفل يشير عادة إلى تأرجح الكاليبر، أي إلى خلوص في الجلبة. أما التفاوت بين الفحمة الداخلية والخارجية فهو مشكلة في حرية الانزلاق. وتآكل إحدى زوايا الفحمة أسرع من الأخرى يدل على تراكم رواسب في مقعد الحامل أو على عدم استقرار الكاليبر في موضعه. أما لمعان سطح الفحمة كالزجاج فهو الأثر المعروف للسخونة الزائدة المزمنة، ويعني دائمًا تقريبًا وجود احتكاك مستمر.

إصلاح شامل أم كاليبر كامل؟ حد القرار

نقطة القرار واضحة. فإذا وجد تشقق في جسم الكاليبر، أو تشوه في الجسر، أو تلف في أسنان لولب الحامل، أو صدأ عميق في أجسام الغمازات، فإن طقم الإصلاح ليس الحل الصحيح؛ ويجب تفضيل كاليبر كامل (أو وحدة خضعت لإصلاح شامل في المصنع). أما إذا كان الجسم والجسر سليمين، واقتصر التآكل على مسامير التوجيه والجلدات الواقية وآلية الضبط، فإن الإصلاح الشامل هو الخيار الصحيح اقتصاديًا وفنيًا. وعندما لا تكون متأكدًا فقس، واتخذ القرار بناءً على القياس لا على مبرر «اقتصادي». فالفرامل نظام لا يمنح فرصة ثانية.

وفي حالات تلف الجسم أو الجسر أو الحامل التي تتجاوز حدود الإصلاح الشامل، ينتقل الموضوع إلى إطار أعطال الوحدة الكاملة وخدمتها؛ وقد تناولنا ذلك كله في دليل كاليبر الفرامل (الفرامل القرصية الهوائية).

المعايير ومراجع للاستزادة

يخضع هذا الموضوع لقواعد تجهيز المركبات التجارية المزودة بالفرامل الهوائية. ففي الولايات المتحدة يحدد المعيار الفيدرالي للفرامل الهوائية FMVSS 121 (49 CFR 571.121) خزانات الهواء والحماية والتوقيت التي يجب أن يوفرها النظام المطابق، بينما تطبق أوروبا الحدود المكافئة الواردة في اللائحة رقم 13 الصادرة عن اللجنة الاقتصادية لأوروبا التابعة للأمم المتحدة (UNECE). وللاطلاع على التفاصيل، راجع متطلبات أداء الفرملة على الطريق الواردة في 49 CFR 393.52. وتحقق دائمًا من القيم الفعلية بالرجوع إلى التشريعات السارية وبيانات الخدمة الصادرة عن الشركة المصنعة للمركبة.

في المملكة العربية السعودية تنظّم اللائحة الفنية لقطع غيار السيارات الصادرة عن الهيئة السعودية للمواصفات والمقاييس والجودة متطلبات قطع الغيار الجديدة المصنّعة داخل المملكة أو المستوردة، ويشمل تعريف المركبات فيها، بحسب تعديلها المنشور في جريدة أم القرى، الحافلات والشاحنات المستخدمة لنقل البضائع أو لجرّ المقطورات وأنصاف المقطورات. وفي الإمارات العربية المتحدة تخضع قطع الغيار الأساسية، ومنها الفرامل، لمتطلبات المطابقة ضمن المنظومة الإماراتية للرقابة على قطع غيار المركبات، وفي مصر تتحقق الهيئة المصرية العامة للمواصفات والجودة من شهادات E-MARK لمكونات المركبات. ويبقى دليل الخدمة الحديث الصادر عن الشركة المصنّعة للمركبة هو المرجع المعتمد لأي قيمة أو إجراء فني.

خطوات الاستبدال والتركيب

معدات الوقاية الشخصية والسلامة: نظام الفرامل يعمل تحت الضغط، ويجب عدم استنشاق غبار الفحمات. ويجب أن تكون المركبة على أرض مستوية وصلبة، ومؤمنة بفرامل اليد ومصدات العجلات، وأن تفرغ خزانات الهواء وفق القواعد. وارتداء قفازات العمل والنظارات الواقية وكمامة الغبار (لغبار الفحمات) والأحذية ذات المقدمة الفولاذية إلزامي. وفي المحاور المزودة بحجرات فرامل النابض لا تبدأ أي عملية فك قبل **تأمين حجرة النابض ميكانيكيًا**، فحجرة النابض غير المؤمنة قد تسبب إصابة قاتلة. والكاليبر ثقيل؛ فلا توقعه، ولا تتركه معلقًا من خرطوم الفرامل.

1. **ثبت المركبة بأمان وجهز النظام:** ضع المركبة على أرض مستوية، وضع مصدات العجلات، وارفع المحور وأسنده على حوامل. ثم أمّن حجرة النابض ميكانيكيًا وفق دليل الخدمة، وفك العجلة وأنر منطقة العمل.
2. **أجر فحصًا أوليًا والتقط صورًا:** قبل البدء في الفك سجل سماكة الفحمات، والخلوص الهوائي، وأثر مشوار حجرة الفرامل، وحالة الجلدات الواقية لمسامير التوجيه. فهذا السجل مفيد للتحقق بعد التركيب ولتقييم الضمان.

3. **فك الفحمات وعناصر التثبيت:** انزع نابض الضغط أو المشبك الخاص بالفحمات مع دبابيس التثبيت، ثم أخرج الفحمات. وضع على كل فحمة تفكها علامة تبين الجانب الذي تنتمي إليه؛ فنمط التآكل هو دليل التشخيص.

4. **أرجع الغمازات إلى الوضع الآمن:** انزع سدادة عمود الضبط، وأرجع الغمازات بطريقة محكومة باستخدام أداة مناسبة. وإذا شعرت بمقاومة فتوقف، فالآلية تالفة، واستخدام القوة يكسر عمود الضبط.

5. **افصل الكاليبر عن الحامل:** أرخ المسامير الملولبة لمسامير التوجيه، وارفع جسم الكاليبر عن الحامل. وإذا لم تكن بحاجة إلى فك خرطوم الفرامل فلا تعلق الكاليبر على الخرطوم؛ بل استخدم خطاف تعليق أو دعامة مناسبة.

6. **انزع العناصر القديمة ونظف الأسطح:** فك مسامير التوجيه والجلب والجلدات الواقية والسدادات. ونظف مقاعد مسامير التوجيه وأسطح ارتكاز الحامل ومجاري الجلدات الواقية تنظيفًا جيدًا بمنظف مناسب. و*لا تعالج أسطح المقاعد إطلاقًا* بالتجليخ الكاشط أو بالفرشاة السلكية؛ فذلك يفسد الأبعاد.

7. **قس التآكل واتخذ القرار:** قس قطر مسمار التوجيه بالميكرومتر، والقطر الداخلي للجلبة بساعة القياس. وابحث عن تشققات أو تشوهات في الجسم والجسر. فإذا كانت القياسات خارج الحدود الواردة في دليل الخدمة، يصبح الكاليبر الكامل هو الخيار بدلًا من الإصلاح الشامل.

8. **ركب الجلب ومسامير التوجيه الجديدة بالشحم المناسب للطقم:** شحم الكاليبر ليس مادة استهلاكية يجب تأمينها بشكل منفصل؛ ففي الأطقم المصممة بشكل صحيح، كما في أطقم إصلاح الكاليبر من VADEN ORIGINAL، يقدم شحم مقاوم للحرارة العالية ومتوافق مع الجلدات المطاطية داخل الطقم نفسه. ضع هذا الشحم *بالكمية المحددة فقط*. فالشحم الزائد ينفخ الجلدة الواقية ويحبس الهواء حول مسمار التوجيه فيجعل التركيب مستحيلًا. ولا تخلط إطلاقًا بين مسمار التوجيه الطويل والقصير.

9. **ثبت الجلدات الواقية والسدادات في مواضعها بشكل صحيح:** تحقق بالعين من أن طرفي الجلدة كليهما قد استقرا تمامًا في مجراهما، وأنها غير ملتوية، وأنه لا يوجد هواء محبوس بداخلها. فالجلدة المركبة بشكل خاطئ يدخلها الماء مع أول مطر، فتذهب جهود الإصلاح الشامل سدى.

10. **ركب الكاليبر وفق قيم عزم الربط:** أحكم ربط المسامير الملولبة لمسامير التوجيه ووصلات الحامل بمفتاح عزم، بالترتيب والعزم اللذين تحددهما الشركة المصنعة. ولا تعد استخدام المسامير المحددة للاستخدام مرة واحدة إطلاقًا. ثم ركب الفحمات وثبت عناصر التثبيت في مواضعها.

11. **اضبط الخلوص الهوائي وأجر اختبارًا وظيفيًا:** أوصل آلية الضبط إلى الخلوص الابتدائي بالطريقة الموصوفة في دليل الخدمة، وأغلق الفتحة بسدادة جديدة. أعد حجرة النابض إلى وضعها الطبيعي، واضغط النظام بالهواء، واستخدم الفرامل عدة مرات للتحقق من أن الآلية تضبط نفسها. يجب أن تدور العجلة بحرية دون صوت احتكاك. وبعد اختبار قصير على الطريق قارن درجات حرارة الأقراص حتمًا.

نقاط يجب الانتباه إليها (الأخطاء الشائعة)

أغلى خطأ: «تدبير الأمر بالشحم». تنظيف مسمار توجيه صدئ المقعد وإعادة تركيبه بشحم عادي يعيد العطل نفسه خلال بضعة أسابيع، وهذه المرة مع تلف أسنان لولب الحامل أيضًا. فالشحم المستخدم في الكاليبرات تركيبة خاصة متوافقة مع الحرارة العالية ومع الجلدات المطاطية، أما شحم الكالسيوم أو الليثيوم القياسي فينفخ الجلدة ويفتتها. استخدم الشحم الموجود في الطقم؛ وإن لم يتوفر فاستخدم المكافئ الذي تحدده الشركة المصنعة.

لا تستخدم القوة مع آلية الضبط. إذا كانت الغمازات لا تدور بسهولة فالآلية تالفة بالفعل. واستخدام القوة بذراع إطالة أو ماسورة أو مفتاح صدمي يكسر عمود الضبط، ومن تلك اللحظة لا يعود طقم الإصلاح مجديًا، بل يلزم كاليبر كامل. كذلك لا توجه الماء المضغوط إلى داخل الكاليبر إطلاقًا؛ فالماء يغسل مادة تشحيم الآلية ويبدأ الصدأ.

- **استبدال الجلدة الممزقة وحدها:** إذا تمزقت الجلدة فقد دخل الماء إلى المقعد منذ مدة. جدد مسمار التوجيه والجلبة مع الجلدة، وإلا فستعيد الفك خلال بضعة أشهر.

- **الإصلاح الشامل لجانب واحد:** إذا أصلح كاليبر واحد على المحور نفسه وترك الآخر، يستمر عدم توازن قوة الكبح. فالتماثل على مستوى المحور أساس في ميكانيكا الفرامل.
- **الخلط بين مسمار التوجيه الطويل والقصير:** يكون للمسمارين عادة تفاوتان مختلفان؛ فأحدهما للتثبيت والآخر للتعويم. وعند تركيبهما بالعكس إما أن يعلق الكاليبر وإما أن يتأرجح.
- **عدم استخدام مفتاح العزم:** تسبب المسامير الملولبة لمسامير التوجيه مشكلات سواء ربطت بارتخاء شديد أو بإحكام مفرط. فإذا كانت مرتخية اهتز الجسم، وإذا أحكم ربطها بإفراط أتلفت أسنان اللولب أو شوهت مسمار التوجيه.
- **إعادة استخدام السدادات والحلقات الدائرية القديمة:** تأتي هذه القطع جديدة في الطقم لسبب وجيه. فالسدادة التي تبدو صغيرة هي الحاجز الوحيد الذي يمنع دخول الماء إلى المقعد.
- **تجاهل حالة القرص:** تركيب فحمات جديدة وكاليبر خضع لإصلاح شامل على قرص تعرض للسخونة الزائدة أو متشقق أو تقل سماكته عن الحد الأدنى، ليس إلا تأجيلًا للمشكلة إلى ما بعد بضعة آلاف من الكيلومترات.
- **عدم إجراء اختبار على الطريق بعد التركيب:** لا يمكن التأكد من أن آلية الضبط التلقائي تعمل بشكل صحيح إلا بعد عدة استخدامات للفرامل وفحص درجات الحرارة. ولا ينبغي تسليم المركبة للطريق فور انتهاء العمل عليها في الورشة.
- **نفخ غبار الفحمات بالهواء المضغوط:** فهذا ضار بالصحة، كما أنه يدفع الغبار إلى فراغات المقاعد. استخدم الشفط المناسب أو طريقة التنظيف الرطب.

القيم الفنية ونقاط الفحص

القيم التالية نطاقات *مرجعية نموذجية وعامة* لكاليبرات الفرامل القرصية في المركبات التجارية الثقيلة. وهي تختلف حسب الشركة المصنعة للكاليبر ونوع المحور وقطر القرص؛ والمرجع للقيمة الدقيقة هو أحدث دليل خدمة صادر عن الشركة المصنعة للمركبة والكاليبر.

المعامل	النطاق المرجعي النموذجي	ملاحظة / طريقة الفحص
ضغط تشغيل نظام الفرامل (الهوائي)	نحو 7–8.5 bar (~100–125 psi)	ضغط القطع وضبط المنظم وفق دليل المركبة؛ قس بمقياس الضغط
خلوص الكاليبر الهوائي (الخلوص الكلي)	نطاق يقارب 0.6–1.1 مم (حسب الطراز)	وفق الطريقة الواردة في دليل الخدمة؛ بمقياس الخلوص أو ساعة القياس
درجة حرارة القرص في التشغيل العادي	نحو 100–350 °C	ميزان حرارة لا تلامسي؛ يجب أن يتقارب الجانبان على المحور نفسه
ذروة حرارة القرص عند التباطؤ الشديد	قد ترتفع إلى 600 °C وأكثر	العمل المستمر ضمن هذا النطاق علامة على احتكاك مزمن
فرق حرارة القرصين الأيمن والأيسر على المحور نفسه	لا يقبل فرق واضح (لا توجد عتبة رقمية قياسية)	المعيار هو تكرار الفرق لا عتبة رقمية؛ فإذا ظهر بين جانبي المحور نفسه فرق واضح ومتكرر بالعين أو بميزان الحرارة وجب فتح الكاليبر
الحد الأدنى لسماكة مادة الاحتكاك في الفحمات	عادة ~2 مم فوق الصفيحة الخلفية (حد الشركة المصنعة هو المرجع)	قس من نافذة الفحص، وخطط للاستبدال قبل الاقتراب من الحد
الحد الأدنى لسماكة القرص	قيمة «MIN TH» المختومة على القرص	قس بالميكرومتر في عدة نقاط
تفاوت سماكة القرص (DTV)	عادة في حدود بضعة أجزاء من مئة من المليمتر	قياس محيطي بساعة القياس؛ تجاوز الحد يسبب اهتزازًا
حرية انزلاق مسمار التوجيه	يجب أن يتحرك باليد دون مقاومة	مع فك الفحمات، ادفع الجسم باليد إلى الأمام والخلف
درجة حرارة تشغيل شحم الكاليبر	من نوع مقاوم للحرارة العالية ومتوافق مع المطاط	استخدم الشحم المرفق بالطقم؛ فالشحم القياسي يتلف الجلدة الواقية

الوصلة	مستوى العزم النموذجي	ملاحظة مهمة
مسمار توجيه الكاليبر / المسمار الملولب للتوجيه	يعتمد على الطراز؛ لا يمكن تحديد نطاق رقمي	في معظم الطرازات يجمع بين عزم أولي وربط زاوي — القيمة الدقيقة من دليل الخدمة فقط
حامل الكاليبر — المسمار الملولب لتثبيته على المحور	في حدود 250–400 Nm تقريبًا	يستخدم عادة لمرة واحدة؛ الترتيب والزاوية وفق الدليل
سدادة عمود الضبط / الغطاء	عزم منخفض، عادة ربط باليد ثم القيمة المحددة	الربط المفرط يشقق السدادة فيدخلها الماء
صواميل تثبيت حجرة الفرامل الهوائية	في حدود 180–250 Nm تقريبًا	لا تلمسها قبل تأمين حجرة النابض ميكانيكيًا
صواميل العجلة	في حدود 500–650 Nm تقريبًا	بترتيب متقاطع؛ أعد الفحص بعد اختبار الطريق

تحذير بشأن العزم: قيم العزم الواردة أعلاه تعطي مستوى تقريبيًا وليست وصفة ملزمة. فحتى ضمن الماركة الواحدة تختلف فئة المسمار الملولب وطول اللولب ومتطلبات الربط الزاوي من طراز إلى آخر. ومفتاح العزم إلزامي في وصلات الفرامل، ولا يجرى الربط النهائي بالمفتاح الصدمي. وإعادة استخدام مسمار تصفه الشركة المصنعة بأنه «للاستخدام مرة واحدة» تلغي أمان الوصلة حتى عند العزم الصحيح. والمرجع للقيمة الدقيقة هو دليل الخدمة.

- هل جميع الجلدات الواقية لمسامير التوجيه سليمة ومستقرة تمامًا في مجاريها؟
- هل ينزلق جسم الكاليبر بحرية باليد على الحامل؟
- هل تتقدم آلية الضبط عند استخدام الفرامل (راقبها والسدادة مفتوحة)؟
- هل سماكتا الفحمتين متقاربتان، وهل نمط التآكل منتظم؟
- هل يوجد على سطح القرص تلون حراري أو تشققات حرارية أو حافة بارزة واضحة؟
- هل مشوار حجرة الفرامل الهوائية ضمن الحد الذي تحدده الشركة المصنعة؟
- هل درجات الحرارة في الجانبين الأيمن والأيسر للمحور نفسه متقاربة بعد اختبار الطريق؟
- هل ربطت مسامير التثبيت بمفتاح العزم ووضعت عليها علامات؟

الصيانة والعمر التشغيلي

عندما ينظر إلى أطقم إصلاح الكاليبر على أنها قطع «تركب عند ظهور العطل» يكون التدخل متأخرًا دائمًا. والنهج الصحيح هو مزامنة الإصلاح الشامل مع استبدال الفحمات. فاستبدال الفحمات هو الفرصة الطبيعية الوحيدة التي تفتح فيها الكاليبر في كل الأحوال؛ وإذا لم تفحص الجلدات الواقية في تلك اللحظة ولم تفك مسامير التوجيه وتفحصها، فإن المقعد يصدأ بصمت طوال الفترة الممتدة حتى الفتح التالي، وهي فترة تختلف حسب نمط الاستخدام وتبلغ في معظم تطبيقات النقل لمسافات طويلة مئات الآلاف من الكيلومترات. وتكاد جميع حالات خروج الكاليبر من الخدمة التي نراها في الميدان تكون قصة جلدة واقية ممزقة لم يلحظها أحد عند المجموعة الثانية من الفحمات.

- **فحص مسامير التوجيه والجلدات الواقية عند كل استبدال للفحمات:** إذا كانت الجلدة ممزقة أو كان مسمار التوجيه يدور بصعوبة فركب طقم الإصلاح فورًا، فتركه إلى المرة القادمة يعني خسارة الكاليبر.
- **الفحص قبل الشتاء:** ظروف الطرق المملحة هي العدو الأكبر لمقاعد مسامير التوجيه. وفحص سلامة الجلدات الواقية قبل دخول الشتاء يجنبك تكلفة كاليبر كامل في نهاية الربيع.
- **روتين مسح درجات الحرارة:** مسح درجات حرارة الأقراص بعد اختبار قصير على الطريق أثناء الصيانة الدورية طريقة لا تكلف شيئًا وتعطي أبكر إنذار.
- **سجلات اختبار الفرامل:** احفظ نتائج منصة اختبار الفرامل ذات الأسطوانات في ملفات. فازدياد فرق قوة الكبح على مستوى المحور مع الوقت يدل على أن مشكلة ميكانيكية تتفاقم بصمت.

- **نهج الأساطيل — التخطيط على مستوى المحور:** أجر الإصلاح الشامل لجانبي المحور نفسه معًا، واستخدم إن أمكن أطقمًا من دفعة الإنتاج نفسها. فالتماثل أساس توازن الفرامل.
- **الفاصل الزمني حسب نمط الاستخدام:** في مركبات مواقع البناء والمناجم والتوزيع لمسافات قصيرة والطرق المنحدرة، تظهر الحاجة إلى الإصلاح الشامل أبكر بشكل واضح مقارنة برؤوس القاطرات العاملة على الطرق الطويلة. لذا ضع الجدول الزمني وفق ظروف التشغيل لا وفق الكيلومترات.
- **احتفظ بسجلات:** سجل في ملف المركبة الطقم الذي ركب على كل كاليبر وتاريخ تركيبه. فإذا تكرر العطل على المحور نفسه فقد لا تكون المشكلة في الكاليبر، بل في المحور ذاته أو في طريقة التركيب.

خلاصة القول: الإصلاح الشامل للكاليبر ليس حيلة للتوفير، بل جزء من الصيانة المخططة. فالإصلاح الشامل الذي يجرى في الوقت المناسب وبالطقم الصحيح يضاعف عمر جسم الكاليبر، ويخفض تكاليف الأقراص والفحمات، والأهم من ذلك أنه يحافظ على توازن الفرامل. أما الإصلاح المتأخر فيقضي على الفحمات أولًا، ثم على القرص، وأخيرًا على الكاليبر نفسه، فضلًا عن خطر تعطل المركبة على الطريق.

هذه الوثيقة لأغراض إعلامية فقط؛ وفي التطبيق العملي يُعتمد دليل الخدمة الحالي وتعليمات السلامة الصادرة عن الشركة المصنعة للمركبة. القيم الواردة مراجع عامة للأنظمة الشائعة في المركبات التجارية الثقيلة؛ وللقيم الخاصة بكل طراز يُرجى الرجوع إلى وثيقة الخدمة الأصلية (OE) المعنية. © VADEN Otomotiv San. Tic. A.Ş. · vadenoriginal.com