VADEN®
ORIGINAL

دليل تقني

صمام فرامل القدم (بلف دوسة): أعراض الأعطال والاستبدال والصيانة

إذا فقدت إحدى دائرتي الفرامل ضغطها يواصل صمام فرامل القدم تغذية الدائرة الأخرى في الشاحنة؛ تعرف على التآكل الذي يخل بهذا الأمان المزدوج واستبدال الصمام.

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

القطعة التي تحدد ما يحدث في المركبة التجارية الثقيلة لحظة الضغط على الفرامل هي صمام فرامل القدم الموجود تحت قدم السائق. ويعرف في الورش بأسماء مثل «صمام دواسة الفرامل» و«صمام الفرامل المزدوج الدائرة» أو باختصار «صمام الدواسة». وكثيرًا ما يكون هذا الصمام وراء شكاوى أساطيل الشاحنات ورؤوس القاطرات والحافلات، مثل زيادة الشوط الفارغ للدواسة، وتأخر استجابة الفرامل، أو انغلاق عجلات أحد المحاور بشدة. ويجمع هذا الدليل في مكان واحد، استنادًا إلى الخبرة الميدانية للفريق الفني في VADEN، وظيفة الصمام وأعراض أعطاله وطريقة التشخيص الصحيحة وخطوات الاستبدال والصيانة والعمر التشغيلي.

أعد فريق VADEN الفني هذه الوثيقة استنادًا إلى ملاحظات خدمة الصيانة الميدانية ووثائق الشركات المصنعة للمعدات الأصلية (OE). ونطاقات الضغط وعزم الربط والمقاسات الواردة فيها مرجعية عامة، ويجب دائمًا اعتماد دليل خدمة OE الخاص بالمركبة للحصول على القيم الدقيقة. آخر تحديث: سبتمبر 2026. وتصمم أنظمة الفرامل الهوائية في المركبات التجارية الثقيلة في إطار لائحة ECE R13 (لائحة الفرامل الصادرة عن الأمم المتحدة والاتحاد الأوروبي) والمعيار ISO 611.

ما هو صمام فرامل القدم (صمام دواسة الفرامل)؟ وظيفته ومبدأ عمله

صمام فرامل القدم صمام تحكم هوائي مزدوج الدائرة في المركبة التجارية الثقيلة، يحول القوة التي يطبقها السائق على الدواسة إلى ضغط هواء متناسب معها، ويغذي دائرتي الفرامل الأمامية والخلفية كلًا على حدة ولكن في آن واحد.

يقسم نظام الفرامل في الشاحنات والحافلات الحديثة لدواعي السلامة إلى دائرتي هواء منفصلتين: تخصص إحداهما عادة للمحور الأمامي (أو المحاور الأمامية)، والأخرى للمحور الخلفي (أو المحاور الخلفية) وللتحكم في فرامل المقطورة أو نصف المقطورة. ويدير صمام فرامل القدم هاتين الدائرتين داخل جسم واحد. فعندما يضغط السائق على الدواسة يوجه الصمام ضغط التغذية القادم من خزانات الهواء إلى حجرات الفرامل الهوائية بما يتناسب مع قوة الدواسة (حجرات غشائية في المحور الأمامي، وغالبًا أسطوانات فرامل زنبركية في المحور الخلفي). وعند تحرير الدواسة يفرغ الصمام هواء الحجرات بسرعة إلى الجو، فتتحرر الفرامل.

في قلب الصمام يقوم منطق «التحكم التناسبي المتدرج»: فكلما زاد الضغط على الدواسة ارتفع ضغط الخرج، ويقترب عند الضغط الكامل من ضغط التغذية. وبذلك يستطيع السائق ضبط شدة الكبح بصورة تدريجية. وإذا تعطلت إحدى الدائرتين وفقدت ضغطها، فإن الصمام مصمم ليواصل تغذية الدائرة الأخرى ميكانيكيًا؛ وهذه هي خاصية الأمان المزدوج في النظام.

- **مجموعة المكابس/الترحيل العلوية والسفلية:** تؤمن التحكم التناسبي في الدائرتين.
- **نوابض الموازنة:** تجعل ضغط الخرج متناسبًا مع قوة الدواسة، وتحدد «الإحساس» بالدواسة.
- **صمامات الدخول والتنفيس:** تفتح مسارات التغذية والتفريغ وتغلقها.
- **الجسم وطقم الحلقات الدائرية (O-ring) وموانع التسرب:** يفصل بين الدائرتين دون تسرب.
- **الدواسة/ذراع الدفع والجلدة الواقية من الغبار:** نقل القوة والحماية من الاتساخ.
- **منفذ التنفيس المزود بكاتم صوت:** يفرغ الهواء عند تحرر الفرامل.

الفرق بين النوع الأرضي والنوع المثبت على حامل

تنقسم صمامات فرامل القدم بحسب طريقة تركيبها داخل الكابينة إلى مجموعتين رئيسيتين: «النوع الأرضي» الذي ترتكز فيه الدواسة مباشرة على الصمام، و«النوع المعلق/المثبت على حامل» الذي تكون فيه الدواسة منفصلة وتشغل الصمام عبر ذراع دفع. وعند اختيار قطع الغيار يجب أن تتطابق هندسة توصيل الدواسة بقدر تطابق نوع الصمام نفسه.

عدد الدوائر وتشكيل التوصيلات

تستخدم معظم المركبات صمامًا مزدوج الدائرة، غير أن عدد المنافذ ومقاسات لولبتها تختلف بحسب التحكم في فرامل المقطورة والتكامل مع نظام EBS ومخارج التغذية الإضافية. وفي المركبات المزودة بنظام EBS يؤدي صمام القدم غالبًا، إلى جانب «حساس الطلب»، دور الاحتياط في النظام الكهروهوائي.

سياق OE ومفهوم البديل المماثل

في الأنظمة الهوائية لفرامل المركبات التجارية الثقيلة تنتشر لدى OE صمامات من أنواع Knorr-Bremse وWabco (ZF) وBendix. وتقدم منتجات VADEN بوصفها بدائل مماثلة وأنواعًا مناسبة لهذه الأنظمة؛ فعبارة «نوع Knorr» تعني المقابل من حيث الشكل والوظيفة لصمام OE المعني، ولا تعني أنه من إنتاج العلامة التجارية صاحبة الاسم.

التطبيق / الفئة	بنية الدائرة النموذجية	سياق النظام الشائع
رأس قاطرة ثقيل (4x2 / 6x4)	دائرتان + مخرج للتحكم في فرامل المقطورة	نوع Knorr / Wabco، متوافق مع EBS
شاحنة (غير مفصلية، للتوزيع)	دائرتان، النوع الأرضي أو المثبت على حامل	نظام هوائي قياسي + ABS
حافلة	دائرتان، مع ضبط لقوة دواسة منخفضة	انتشار EBS / الفرامل الإلكترونية
البناء / الاستخدام خارج الطرق	دائرتان، مع حماية معززة من الغبار	ظروف تشغيل قاسية، مع كاتم صوت محمي

لا تعتمد عند اختيار الصمام على التشابه الشكلي وحده، إذ يجب أن يتطابق رقم القطعة OE، وعدد المنافذ ومقاس أسنانها، ونوع توصيل الدواسة، وخصائص ضغط الدائرتين. ولضمان المطابقة الصحيحة تحقق من الأرقام المرجعية المقابلة في كتالوج VADEN باستخدام رقم شاسيه المركبة أو رقم OE للصمام المفكوك.

أعراض الأعطال والتشخيص

تنقسم أعطال صمام فرامل القدم غالبًا إلى مجموعتين: التسرب الداخلي/فقدان الضغط، والتعلق الميكانيكي (عدم رجوع الدواسة، أو تحكم غير متناسب). والجدول التالي مرجع سريع للتشخيص الميداني؛ فتحقق من كل عرض دائمًا باستخدام مقياس ضغط (مانومتر).

العرض	السبب المحتمل	الفحص / التحقق
تسرب مستمر للهواء من منفذ التنفيس أثناء الضغط على الدواسة	تسرب داخلي في صمام الدخول/التنفيس، أو حلقة دائرية (O-ring) متآكلة	اختبار منفذ التنفيس برغوة الصابون؛ ومراقبة انخفاض الضغط مع إبقاء الدواسة مضغوطة
تأخر استجابة الفرامل، وشوط فارغ زائد في الدواسة	تآكل ذراع الدفع، أو كلال النابض، أو خلل في هندسة الدواسة	قس الحركة الحرة للدواسة؛ وراقب بالمانومتر ارتفاع ضغط الخرج مع زيادة قوة الدواسة
أحد المحاور يكبح بضعف / كبح غير متوازن	انخفاض ضغط الخرج في إحدى الدائرتين، أو تسرب في القنوات الداخلية	صل مانومترًا منفصلًا بمخرج كل دائرة وقارن بين الضغطين
تتأخر الفرامل في التحرر بعد ترك الدواسة	تعلق صمام التنفيس، أو انسداد كاتم الصوت، أو اتساخ داخلي	راقب زمن التنفيس؛ وفك كاتم الصوت وتحقق من انسياب الهواء بحرية من المنفذ
ضغط هواء النظام ينخفض بسرعة، وضاغط هواء الفرامل يعمل على فترات متقاربة	تسرب داخلي/خارجي في الصمام	قس زمن انخفاض ضغط الخزان والمحرك متوقف والدواسة محررة؛ وافحص جميع الوصلات بالرغوة
كبح حاد/مفاجئ، وتحكم غير متناسب	انكسار نابض الموازنة، أو تعلق المكبس، أو اتساخ داخلي	راقب ضغط الخرج عند الضغط الخفيف على الدواسة؛ فإذا لم يرتفع تدريجيًا فالصمام موضع اشتباه
إحساس بتجمد الدواسة/تعلقها في الطقس البارد	هواء رطب، أو تجمد داخلي، أو عطل في مجفف الهواء	افحص مجفف الهواء وتصريف الخزان؛ وحدد مصدر الرطوبة

مقارنة الدائرتين باستخدام المانومتر

أكثر طرق التشخيص موثوقية هي توصيل مانومتر منفصل بمخرج كل دائرة، ثم الضغط على الدواسة تدريجيًا ومقارنة منحنيات الضغط. ففي الصمام السليم يرتفع ضغط الدائرتين بقيم متقاربة وبما يتناسب مع قوة الدواسة. أما الفرق الواضح أو التأخر بين الدائرتين فيشير إلى تسرب داخلي أو تعلق في المكبس.

اختبار التسرب

بعد إيقاف المحرك والنظام ممتلئ بالهواء، يختبر الصمام في وضع الدواسة المحررة ثم في وضع الضغط الكامل كلًا على حدة. ويجرى اختبار الرغوة عند منفذ التنفيس ومواضع اتصال أجزاء الجسم. فالتسرب في الوضع المحرر يشير إلى صمام التنفيس، والتسرب في وضع الضغط يشير إلى صمام الدخول.

تحديد السبب الجذري: الصمام أم النظام؟

لا ينتج فقدان الضغط دائمًا عن الصمام، فمجفف الهواء وصمام تصريف الخزان وأغشية حجرات الفرامل الهوائية ووصلات الأنابيب قد تسبب العرض نفسه. وقبل استبدال الصمام تحقق من أن ضغط التغذية كامل عند مدخل الصمام، ومن أن العطل يحدث فعلًا عند مخرجه.

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؛ أما أوروبا فتطبق الحدود المكافئة الواردة في لائحة الأمم المتحدة رقم 13 الصادرة عن اللجنة الاقتصادية لأوروبا (UNECE). وللتفاصيل راجع المرجع المصور على الموقع airbrakecompressor.com. وتحقق دائمًا من القيم الفعلية بالرجوع إلى التشريعات السارية وبيانات الخدمة الصادرة عن الشركة المصنعة للمركبة.

في المحاور المزودة بفرامل قرصية، يحوّل الكاليبر الضغطَ الذي يضبطه الصمام إلى قوة ضغط على القرص؛ ويتناول شرحنا التفصيلي لأنظمة كاليبر الفرامل القرصية الهوائية هذا الطرف من الدائرة.

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 / التركيب

معدات الوقاية الشخصية والسلامة: قبل بدء العمل ثبت المركبة على أرض مستوية، وضع مصدات العجلات، وفرغ الضغط من النظام بالكامل. ففك وصلة وهي تحت ضغط الهواء قد يسبب إصابات خطيرة. استخدم نظارات واقية وقفازات، وأوقف المحرك وانزع مفتاح التشغيل.

1. **أمّن المركبة:** أوقفها على أرض مستوية، وضع مصدات العجلات، واضبط فرامل اليد على الوضع المناسب، وفرغ هواء النظام بالكامل عبر صمامات تصريف الخزانات.
2. **تحقق من الضغط:** تأكد بالمانومتر من أن ضغط الدائرتين أصبح صفرًا، ومن عدم وجود أي ضغط متبقٍ.

3. **ضع علامات على الوصلات:** قبل الفك ضع ملصقًا على كل خط هواء وفق رقم المنفذ أو التقط صورة له؛ فالتوصيل الخاطئ هو أكثر الأخطاء شيوعًا.
4. **فك خطوط الهواء:** أرخ الوصلات بالتتابع، وفرغ الهواء المتبقي، وحافظ على نظافة الخطوط وامنع دخول الغبار إليها.
5. **افصل وصلة الدواسة/ذراع الدفع:** فك آلية الدواسة في الصمام من النوع الأرضي، ووصلة ذراع الدفع في النوع المثبت على حامل.
6. **أخرج الصمام القديم:** فك مسامير التثبيت وأخرج الصمام، ثم نظف سطح الارتكاز ومكان التركيب.
7. **قارن الصمام الجديد:** قارن صمام VADEN الجديد بالقطعة القديمة مقارنة دقيقة من حيث ترتيب المنافذ ومقاس الأسنان وهندسة الدواسة وبنية الدوائر.
8. **ركب الصمام الجديد:** ثبت الصمام في موضعه، واربط المسامير تدريجيًا وفق عزم الربط الذي تحدده الشركة المصنعة، مع الحرص على عدم إجهاد الجسم.
9. **صل خطوط الهواء:** صل كل خط بالمنفذ الصحيح وفق الملصقات، مع أسنان نظيفة وإحكام مناسب ضد التسرب؛ فالإفراط في الربط يتلف الأسنان.
10. **املأ النظام وأجر اختبار التسرب:** شغل المحرك واملأ النظام حتى يبلغ ضغط التشغيل، وافحص جميع الوصلات بالرغوة؛ وتحقق من عدم وجود تسرب والدواسة محررة ثم مضغوطة.
11. **اختبار الأداء والتجربة على الطريق:** افحص الإحساس بالدواسة، وتوازن الكبح في الدائرتين، وزمن تحرر الفرامل؛ ثم أجر تجربة كبح محكومة بسرعة منخفضة.

نقاط تستدعي الانتباه (الأخطاء الشائعة)

أخطر الأخطاء هو توصيل خطوط الهواء بالمنافذ الخاطئة. فتبديل موضعي الدائرتين الأمامية والخلفية أو الخلط في خط التحكم بفرامل المقطورة يؤدي إلى كبح خطير وغير متوازن. لذا ضع ملصقات على الخطوط قبل الفك دائمًا.
لا تفك أي وصلة قبل تفريغ الضغط بالكامل. فالوصلة الواقعة تحت ضغط جزئي قد تنفلت فجأة بقوة، وهذا ينطوي على خطر الإصابة وتلف القطع معًا.

- تركيب الصمام لأنه «مشابه» في مظهره الخارجي فقط، دون التحقق من تطابق رقم OE والخصائص الفنية.
- وضع كمية زائدة من معجون أو شريط منع التسرب على الأسنان، مما يسمح بتسرب بقاياه إلى داخل الصمام.
- ربط المسامير دون التقيد بعزم الربط أو إحكامها دفعة واحدة، مما يسبب التواء الجسم أو التسرب منه.
- ترك كاتم الصوت أو منفذ التنفيس عرضة للانسداد بالطين أو الثلج أو الأوساخ.
- إعادة المركبة إلى الخدمة بعد الاستبدال دون إجراء اختبار التسرب والتجربة على الطريق.
- تحميل الصمام مسؤولية العطل واستبداله دون داعٍ قبل التحقق من السبب الجذري (مجفف الهواء، حجرة الفرامل الهوائية، الخزان).

القيم الفنية ونقاط الفحص

القيم التالية مرجعية نموذجية/عامة للمركبات التجارية الثقيلة. أما ضغط التشغيل الفعلي لمركبتك وعزم الربط والتفاوتات المسموح بها فالمرجع فيها دليل خدمة OE.

المعامل	النطاق النموذجي / المرجعي العام	ملاحظة
ضغط تشغيل النظام	نحو 8–12 bar (≈116–174 psi)	ضغط القطع يتوقف على ضبط المركبة/مجفف الهواء
ضغط خرج الدائرة عند الضغط الكامل على الدواسة	قريب من ضغط التغذية (نموذجيًا ≈ 8–10 bar)	يجب أن تكون قيم الدائرتين متقاربة
الفرق المقبول بين الدائرتين	منخفض عادة (بضعة بالمئة) كقيمة مرجعية	الفرق الواضح علامة على تسرب داخلي
نطاق درجة حرارة التشغيل	من -40 °C إلى +80 °C تقريبًا	الرطوبة/التجمد مرتبطان بأداء مجفف الهواء
الحركة الحرة للدواسة (الشوط الفارغ)	محدودة ضمن تفاوت الشركة المصنعة	الشوط الفارغ الزائد علامة على تآكل أو خلل في الهندسة
التسرب الساكن (والمحرك متوقف)	ضئيل يمكن إهماله؛ وانخفاض الضغط في حده الأدنى	الانخفاض الواضح مؤشر على التسرب

وتختلف عزوم ربط التركيب أيضًا باختلاف نوع الصمام ومقاس المسامير؛ والقيم التالية مرجعية عامة فقط.

الوصلة	النطاق النموذجي لعزم الربط (مرجع عام)
مسامير التثبيت (فئة M8)	نحو 20–30 Nm
مسامير التثبيت (فئة M10)	نحو 40–55 Nm
وصلات خطوط الهواء	وفق قيمة الشركة المصنعة؛ وتجنب الإفراط في الربط

تختلف قيم عزم الربط باختلاف فئة المسامير ومادة الجسم ونوع الحشية. والنطاقات الواردة إرشادية فقط؛ فاعتمد دائمًا عزم التركيب الفعلي الوارد في دليل خدمة OE الخاص بالمركبة، واستخدم مفتاح عزم.

- قارن ضغط الخرج في الدائرتين بالمانومتر (فحص التوازن).
- أجر اختبار التسرب عند منفذ التنفيس والدواسة محررة ثم مضغوطة بالكامل.
- افحص الحركة الحرة للدواسة ورجوعها.
- تحقق من نظافة كاتم الصوت ومنفذ التنفيس وعدم انسدادهما.
- افحص الجلدة الواقية من الغبار ومواضع اتصال أجزاء الجسم بحثًا عن تشققات أو تآكل.
- افحص مجفف الهواء وتصريف الرطوبة من الخزانات (للوقاية من التجمد).

الصيانة والعمر التشغيلي

صمام فرامل القدم قطعة طويلة العمر إذا ركب تركيبًا صحيحًا وحوفظ على هواء النظام نظيفًا وجافًا. وأكبر عامل يحدد عمره هو جودة الهواء الواصل إليه: فالرطوبة والزيت والأوساخ تبلي الصمامات الداخلية وموانع التسرب بسرعة. ولذلك تتركز الصيانة إلى حد كبير على الأنظمة المحيطة (مجفف الهواء، وتصريف الخزانات، والفلتر).

- استبدل خرطوشة مجفف الهواء وفق الفترات التي تحددها الشركة المصنعة، لقطع الرطوبة من منبعها.
- صرّف الرطوبة من الخزانات بانتظام؛ وانتبه إلى خطر التجمد في الشتاء.
- افحص في الصيانة الدورية منفذ التنفيس والجلدة الواقية من الغبار بحثًا عن الأوساخ أو التشققات.
- بادر بالتشخيص المبكر إذا لاحظت تغيرًا في الإحساس بالدواسة أو تأخرًا في استجابة الفرامل أو عدم توازن في الكبح.
- اجعل اختبار التسرب جزءًا ثابتًا من الصيانة الدورية للفرامل.
- نظف كاتم الصوت أو استبدله عند انسداده أو اتساخه.

عندما يبدأ التسرب الداخلي يستبدل الصمام غالبًا بالكامل، إذ قد لا يكون تجديد الصمامات الداخلية وموانع التسرب في ظروف العمل الميداني عمليًا لكل الأنواع. ولأنه قطعة أمان حرجة، فإن استبدال الصمام المشكوك فيه ببديل مماثل مطابق هو النهج الأكثر أمانًا بدلًا من «تمشية الحال».

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