VADEN®
ORIGINAL

دليل تقني

# صفيحة تبريد ضاغط الهواء (الكمبروسر) والتبريد المائي: أعراض الأعطال والاستبدال والصيانة

إذا ظهرت رائحة مانع التجمد في مجفف هواء الشاحنة أو خزانات الهواء، فقد لا تكون المشكلة في الضاغط بل في حشية صفيحة التبريد التي تسرب الماء.

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

يعمل ضاغط الهواء في المركبات التجارية الثقيلة ساعات متواصلة تحت الحمل الكامل، فتتراكم في جسمه خلال ذلك حرارة كبيرة. والعنصر الأساسي الذي ينقل هذه الحرارة هو صفيحة التبريد (الغطاء العلوي ذو القميص المائي / رأس الأسطوانة) التي تشكل جسرًا بين الضاغط ودائرة تبريد المحرك، إلى جانب قنوات التبريد المائي فيها. وكثير من الفنيين في الميدان يلقون اللوم على الضاغط نفسه، في حين أن مصدر المشكلة في الواقع هو انسداد صفيحة التبريد هذه أو تسرب منها أو تلف حشيتها. ويجمع هذا الدليل وظيفة القطعة وأعراض أعطالها النموذجية وطرق التشخيص الصحيحة وخطوات استبدالها وصيانتها الميدانية، وفقًا لممارسات الخدمة في ورش المركبات الثقيلة.

**أعد الفريق الفني في VADEN هذا المحتوى.** القيم الواردة أدناه ذات طابع مرجعي عام؛ أما القيم الدقيقة مثل عزم الربط والضغط ودرجة الحرارة فاعتمد فيها دائمًا على دليل خدمة OE الخاص بالمركبة أو الضاغط. آخر تحديث: سبتمبر 2026.

تصمم أنظمة الفرامل الهوائية في المركبات التجارية الثقيلة وفق لائحة ECE R13 (لائحة الفرامل الأممية/الأوروبية) ومعيار ISO 611.

## ما هي صفيحة تبريد الضاغط والتبريد المائي؟ الوظيفة ومبدأ العمل

**صفيحة تبريد الضاغط قطعة مصبوبة ذات قميص مائي تقع على الغطاء العلوي (رأس الأسطوانة) لضاغط الهواء، ويمر عبرها سائل تبريد المحرك، فتنقل الحرارة الناتجة أثناء الانضغاط إلى دائرة التبريد وتمنع السخونة الزائدة للضاغط وللهواء المضغوط.**

في المركبات التجارية الثقيلة يضغط الهواء داخل أسطوانة الضاغط من الضغط الجوي إلى نحو 8–13 bar. وبحكم قوانين الديناميكا الحرارية يسخن هذا الانضغاط الهواء والجسم المعدني، وقد يبلغ رأس الضاغط في وقت قصير نطاق 150–200 °C. وتسحب صفيحة التبريد هذه الحرارة باستمرار بواسطة سائل التبريد القادم من دائرة التبريد الرئيسية للمحرك (خط المبرد – منظم الحرارة). وبذلك تحمى صفيحة الصمامات والحشيات من التلف الحراري، وتنخفض كذلك درجة حرارة الهواء المضغوط، مما يسهل تكثف الرطوبة المتجهة إلى مجفف الهواء والخزانات. أما التبريد غير الكافي فيؤدي إلى تفحم الزيت (الكربنة) واحتراق الحشية والتواء صفيحة الصمامات.

- **الصفيحة / الغطاء العلوي ذو القميص المائي:** جسم من الألومنيوم أو الحديد الزهر، تمر داخله قنوات دخول الماء وخروجه.
- **حشية الغطاء (الحشية العلوية / حشية الصفيحة):** حشية متعددة الطبقات (MLS) مقواة بالفولاذ أو حشية مركبة، تفصل بين قنوات الماء وقنوات الهواء.
- **نيبلات دخول/خروج الماء ووصلات الخراطيم:** وصلات تربط الصفيحة بخط تبريد المحرك.
- **الحلقات الدائرية وعناصر منع التسرب:** عناصر وسيطة تفصل بين ممرات الماء والهواء والزيت.
- **صفيحة الصمامات (المجموعة العلوية):** تقع مباشرة أسفل صفيحة التبريد، وتتأثر بالتبريد تأثرًا مباشرًا.

### الفرق بين الضاغط المبرد بالهواء والضاغط المبرد بالماء

في التطبيقات الخفيفة والضواغط ذات دورة التشغيل المنخفضة يبرد الجسم بالهواء والزعانف فقط. أما في المركبات التجارية الثقيلة ذات دورة التشغيل العالية (رؤوس القاطرات والحافلات ومعدات البناء الثقيلة) فصفيحة التبريد المائي هي المعيار، لأن التبريد بالهواء وحده لا يستطيع مواكبة ضخ الهواء المتواصل لفترات طويلة وحمل الملء المستمر. وفي التصميم المبرد بالماء يجري عادةً أيضًا تزييت بالضغط بواسطة زيت المحرك.

### التكامل مع دائرة التبريد

توصل الصفيحة بدائرة سائل تبريد المحرك على التوالي أو على التوازي. وغالبًا ما يؤخذ الماء من كتلة المحرك، فيمر عبر صفيحة الضاغط ثم يعاد إلى خط الرجوع نحو منظم الحرارة/المبرد. لذلك فإن وجود جيب هوائي في نظام تبريد المحرك أو انخفاض مستوى السائل أو انسداد أحد الخراطيم يفسد تبريد الضاغط أيضًا بشكل مباشر.

### سياق قطع OE والقطع البديلة

ضواغط المركبات التجارية الثقيلة في معظمها تصاميم من نوع Knorr-Bremse وWabco (ZF) وBendix وBosch، وتختلف أشكال صفيحة التبريد/المجموعة العلوية فيها حسب عائلة المحرك (مثل: OM4XX/OM5XX من Mercedes، وMAN D20/D26، وDAF PACCAR MX، وسلسلة D من Volvo/Renault). وتصنع مجموعات صفائح التبريد وأنابيب الماء ووصلات الماء من VADEN ORIGINAL بديلًا لأنواع OE هذه، بحيث تكون ثقوب التثبيت ومقطع قناة الماء وسطح الحشية متوافقة مع القطعة الأصلية.

| نوع الضاغط (النوع المكافئ) | عائلة المحرك / المركبة النموذجية | التبريد | ملاحظة |
|---|---|---|---|
| نوع Knorr-Bremse أحادي الأسطوانة | D20/D26 Mercedes OM457، MAN | ماء + زيت | الصفيحة العلوية ذات القميص المائي شائعة |
| نوع Wabco / ZF ثنائي الأسطوانة | DAF MX-13، Volvo D13 | ماء + زيت | ملء بتدفق عالٍ |
| نوع Bendix (نوع BX/Tu-Flo) | رؤوس القاطرات الثقيلة في أمريكا الشمالية | ماء | مدخل ومخرج منفصلان للماء |
| نوع Bosch | حافلات / شاحنات متنوعة | ماء + زيت | إصدار بصفيحة من الألومنيوم |

**التحقق من رقم القطعة أمر لا غنى عنه.** حتى ضمن عائلة المحرك نفسها قد تختلف أشكال الصفيحة/الحشية حسب سنة الإنتاج ومراجعة تصميم الضاغط. لذا قارن قبل الطلب رقم OE للقطعة القديمة واتجاه قناة الماء والمسافة بين الثقوب، ولا تختر القطعة اعتمادًا على نوع المحرك وحده.

## أعراض الأعطال والتشخيص

تظهر المشكلات في صفيحة التبريد ومجموعة التبريد المائي غالبًا بثلاث طرق: فقدان سائل التبريد، وزيادة الماء/الزيت في نظام الهواء، والسخونة الزائدة للضاغط. ويمثل الجدول التالي نقطة البداية في التشخيص الميداني.

| الأعراض | السبب المحتمل | الفحص / التحقق |
|---|---|---|
| انخفاض مستمر في مستوى سائل التبريد/الماء دون تسرب خارجي | ثقب في حشية الصفيحة بين قناة الماء وقناة الهواء؛ تسرب داخلي | اختبار نظام التبريد بالضغط؛ فحص وجود ماء/رغوة عند تصريف خزان الهواء |
| خروج كمية زائدة من الماء/المستحلب من خزان الهواء والمجفف | انتقال الماء إلى جانب الهواء (الحشية أو تشقق الصفيحة) | صرّف الخزانات؛ وجود سائل بقوام الحليب يدل على تسرب داخلي |
| جسم الضاغط شديد السخونة، والزيت داكن | انسداد قناة الماء؛ تبريد غير كافٍ | قس فرق الحرارة بين خرطومي الدخول والخروج؛ افحص التدفق في القناة |
| تسرب خارجي للماء/الزيت من وصلة الصفيحة بالكتلة | كلال الحشية، أو ارتخاء البراغي، أو التواء السطح | نظف المنطقة، وشغّل المحرك وهي جافة، وراقب نقطة التسرب بالعين |
| طبقة زيت في سائل التبريد / رغوة في خزان التمدد | تسرب الزيت إلى القميص المائي (الحشية/الحلقة الدائرية) | مراقبة خزان التمدد؛ تحليل خليط الزيت والماء |
| طول مدة ارتفاع الضغط، وعمل الضاغط في وضع الملء باستمرار | تسرب من صفيحة الصمامات ناتج عن السخونة الزائدة | اختبار زمن الملء؛ قياس حرارة صفيحة الصمامات وصفيحة التبريد |
| تسرب في الشتاء بعد تجمد خرطوم التبريد أو تشققه | تلف قناة الماء بسبب التجمد | قس تركيز مانع التجمد؛ وابحث عن تشقق في جسم الصفيحة |

### تسرب داخلي أم تسرب خارجي؟

هذا هو التمييز الأول. ففي التسرب الخارجي ترى أثرًا على الأرض أو على الجسم. أما في التسرب الداخلي فينخفض مستوى مانع التجمد دون أي أثر خارجي، ويخرج الماء من خزان الهواء؛ وهذه هي العلامة الأكثر شيوعًا على تلف الحشية الفاصلة بين قناة الماء وقناة الهواء أو على تشقق الصفيحة. وعند الاشتباه في تسرب داخلي يجب إيقاف المركبة، لأن الماء الداخل إلى نظام الهواء يضر بأداء الفرامل وبمجفف الهواء.

### اختبار نظام التبريد بالضغط

والمحرك بارد، تستخدم مضخة لتطبيق ضغط الاختبار على نظام التبريد في حدود ما تحدده الشركة المصنعة (عادةً في نطاق 1–1.5 bar، والقيمة الدقيقة في دليل المركبة). فإذا انخفض الضغط دون ظهور أي أثر خارجي، فإن صفيحة تبريد الضاغط تكون موضع الاشتباه الأقوى. ثم يفك جانب الهواء في الضاغط ويضغط جانب الماء للتحقق من مرور فقاعات من القناة إلى جانب الهواء.

### الفحص الحراري وفحص التدفق

والمحرك ساخن، تقاس حرارة نيبل دخول الماء ونيبل خروجه بمقياس حرارة لا تلامسي. ففي الصفيحة السليمة يجب أن يوجد فرق حرارة قابل للقياس بين الدخول والخروج، وأن يكون التدفق حرًا. فإذا لم يوجد فرق أو كان المخرج شديد السخونة، فيرجح انسداد القناة (بالترسبات الكلسية/التآكل/الرواسب).

## المعايير ومصادر 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.

وفي ما يخص المقطورات وأنصاف المقطورات المتصلة بالشاحنة القاطرة، تتضمن اللائحة الفنية للمقطورات ونصف المقطورات في المملكة العربية السعودية اشتراطات تجهيزها بالفرامل تبعًا لحمولتها، وتصدر هيئة التقييس لدول مجلس التعاون لدول الخليج العربية اللوائح الفنية الخليجية للمركبات. وفي مصر تتولى الهيئة المصرية العامة للمواصفات والجودة فحص مطابقة المقطورات وأنصاف المقطورات المصنّعة للرسومات الهندسية المعتمدة والمواصفات المعنية. 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 البدء فرغ خزانات الهواء تفريغًا كاملًا (0 bar في النظام)، واترك المحرك حتى يبرد (فمانع التجمد الساخن يسبب الحروق)، وافصل القطب السالب للبطارية. واستخدم النظارات الواقية والقفازات. ومانع التجمد مادة سامة لا يجوز التخلص منها في البيئة؛ لذا اجمعه في وعاء مناسب.

1. **أمّن النظام:** فرغ ضغط الهواء، وصرّف سائل التبريد حتى المستوى المناسب، وافصل البطارية، وثبت المركبة.
2. **ضع علامات على الوصلات:** ضع علامات على خراطيم دخول الماء وخروجه وخط الهواء وأنابيب تغذية الزيت وإرجاعه إن وجدت، ثم فكها. وصوّر اتجاهاتها.
3. **فك الصفيحة:** أرخ براغي الغطاء العلوي/الصفيحة بترتيب متقاطع وعلى مراحل. ولا تضغط من جهة واحدة كي لا يلتوي السطح.

4. **نظف الحشية القديمة والسطح:** أزل بقايا الحشية القديمة عن سطحي الصفيحة والكتلة بمكشطة لينة، ولا تسقط أي رواسب في قنوات الماء والهواء.
5. **تحقق من استواء السطح:** قس استواء سطح التلامس بمسطرة مستقيمة ومقياس خلوص؛ فالصفيحة الملتوية تؤدي إلى تكرار التسرب، واستبدل القطعة إذا لزم الأمر.
6. **افحص القنوات:** تأكد من أن قنوات الماء في الصفيحة الجديدة أو المنظفة مفتوحة ونظيفة وخالية من الزوائد المعدنية.
7. **ركّب الحشية والحلقات الدائرية الجديدة:** ركّبها مع مراعاة اتجاهها، جافة أو مع طبقة رقيقة من مانع التسرب الذي توصي به الشركة المصنعة؛ ولا تزح الحشية عن موضعها.
8. **ضع الصفيحة في موضعها:** أنزل القطعة بشكل مستوٍ، وابدأ ربط البراغي باليد، واحرص على أن تعشق جميعها في أسنانها دون إجبار أي برغي.
9. **اشدد بعزم الربط المحدد:** اشدد البراغي بعزم الربط الذي تحدده الشركة المصنعة، بترتيب متقاطع (نجمي) وعلى 2–3 مراحل. ولا تصل إلى العزم الكامل دفعة واحدة.
10. **أعد تركيب الوصلات:** صل خطوط الماء والهواء والزيت وفقًا للعلامات، وافحص المشابك.
11. **املأ النظام واختبره:** املأ نظام التبريد بخليط مانع التجمد الصحيح ونفّس الهواء منه؛ ثم شغّل المحرك حتى يتكون الضغط، وافحص وجود تسرب خارجي أو داخلي (بتصريف الخزان).

## نقاط تستوجب الانتباه (الأخطاء الشائعة)

**الخطأ الأكثر شيوعًا:** شد البراغي في اتجاه واحد وبالعزم الكامل بدلًا من الترتيب المتقاطع وعلى مراحل. فهذا يؤدي إلى التواء سطح الصفيحة، فتعود الحشية إلى التسريب خلال وقت قصير.

**ثاني الأخطاء الشائعة:** الاكتفاء باستبدال الحشية وتجاهل انسداد قناة الماء. فالقناة المسدودة لا تحل مشكلة التبريد، والحشية الجديدة بدورها ستحترق بسبب الحرارة الزائدة.

- إسقاط بقايا الحشية القديمة في قناة الماء/الهواء — إذ تنتقل الرواسب إلى صفيحة الصمامات.
- تركيب الحشية في اتجاه خاطئ أو استخدام حشيتين — مما يخل بالممر الفاصل بين الماء والهواء.
- وضع كمية زائدة من معجون منع التسرب — إذ يدخل المعجون الزائد إلى القناة ويضيق مجرى التدفق.
- استخدام الماء وحده بدلًا من مانع التجمد — مما يسبب التآكل وتلفًا بسبب التجمد في الشتاء.
- التشغيل دون تنفيس الهواء — إذ يسبب الجيب الهوائي نقاطًا ساخنة وإيحاءً خاطئًا بوجود تسرب.
- إعادة استخدام صفيحة ملتوية/متآكلة — فالسطح غير المستوي يعود إلى التسريب.
- عكس توصيل خط تغذية الزيت/إرجاعه — مما يخل بتوازن التزييت والتبريد.

## القيم الفنية ونقاط الفحص

القيم الواردة أدناه مرجعية نموذجية/عامة لتطبيقات ضواغط المركبات التجارية الثقيلة. والقيمة الدقيقة هي دائمًا القيمة الواردة في دليل خدمة المركبة والضاغط.

| المعامل | النطاق المرجعي النموذجي / العام | ملاحظة |
|---|---|---|
| ضغط تشغيل النظام (ضغط القطع) | 8–13~ bar (≈116–189 psi) | حسب ضبط منظم الضغط/الصمام |

| المعامل | النطاق المرجعي النموذجي / العام | ملاحظة |
|---|---|---|
| درجة حرارة تشغيل رأس الضاغط | نطاق ~150–200 °C | خطر الكربنة عند السخونة الزائدة |
| درجة حرارة الهواء المضغوط عند المخرج (القيمة المستهدفة) | عادةً ≤ ~200 °C | ارتفاعها يدل على تبريد غير كافٍ |
| درجة حرارة سائل التبريد (المحرك في وضعه الطبيعي) | ~80–95 °C | حسب نطاق عمل منظم الحرارة |
| ضغط اختبار نظام التبريد | ~1–1.5 bar | اختبار منع التسرب بالضغط |
| تركيز مانع التجمد | ~40–50% | الحماية من التجمد والتآكل |

| موضع الربط | نطاق عزم الربط النموذجي (مرجع عام) | طريقة التطبيق |
|---|---|---|
| براغي الصفيحة / الغطاء العلوي (M8) | ~20–30 Nm | متقاطع، على 2–3 مراحل |
| براغي الصفيحة / الغطاء العلوي (M10) | ~40–55 Nm | متقاطع، على 2–3 مراحل |
| نيبل الماء / وصلة الماء | ~25–40 Nm | الإفراط في الشد يسبب التشقق |

**نصيحة:** تختلف قيمة عزم الربط حسب الشركة المصنعة للضاغط وفئة البرغي. وإذا كانت القيمة غير معروفة فاعتمد على الجدول الوارد في دليل الخدمة بدلًا من الشد العشوائي، واحرص بوجه خاص على عدم تجريد أسنان اللولب في الصفيحة المصنوعة من الألومنيوم.

- وجود فرق في الحرارة بين دخول الماء وخروجه (تأكيد التدفق).
- وجود طبقة زيت أو رغوة في خزان التمدد من عدمه.
- كمية الماء/المستحلب عند تصريف خزان الهواء.
- استواء سطح تلامس الصفيحة (الفحص بمقياس الخلوص).
- ثبات مستوى مانع التجمد وتركيزه.
- إعادة فحص عزم ربط البراغي بعد أول 500–1,000 كم.

## الصيانة والعمر التشغيلي

يعتمد العمر التشغيلي لصفيحة التبريد ومجموعة التبريد المائي إلى حد كبير على صيانة نظام تبريد المحرك. فمانع التجمد النظيف ذو التركيز الصحيح والمحتوي على مثبطات التآكل يمنع تكون الرواسب والترسبات الكلسية داخل القنوات، مما يضمن عمل الصفيحة دون مشكلات لسنوات. أما في الأنظمة الملوثة أو التي تغذى بالماء وحده فتنسد القنوات، وينهار التبريد، وتحترق الحشية مبكرًا.

- استبدل مانع التجمد وفق الفترة التي توصي بها الشركة المصنعة، وقس تركيزه بانتظام.
- افحص خزان التمدد دوريًا بحثًا عن علامات الزيت أو الرغوة.
- صرّف مجفف الهواء والخزانات بانتظام لاكتشاف التسرب الداخلي مبكرًا.
- افحص خراطيم التبريد ومشابكها ونيبلاتها بالعين بحثًا عن التشققات أو التسرب.
- جدد الحشية والحلقات الدائرية كقاعدة ثابتة عند كل إصلاح شامل كبير للضاغط.
- تحقق من مستوى الحماية من التجمد في مانع التجمد مع اقتراب فصل الشتاء.

عند اكتشاف الأعراض مبكرًا يكفي في أغلب الأحيان استبدال طقم الحشية والحلقات الدائرية فقط؛ أما التسرب الداخلي المهمل فيتحول إلى تلف في صفيحة الصمامات والمحامل بل والضاغط بأكمله، فتتضاعف التكلفة. لذلك لا ينبغي التهاون في «فقدان كمية قليلة من مانع التجمد».

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