VADEN®
ORIGINAL

دليل تقني

ضاغط هواء الفرامل (كمبروسر) الأحادي الأسطوانة مقابل الثنائي الأسطوانات، الاختيار والتوافق: أعراض الأعطال والاستبدال والصيانة

الفرق بين ضاغط الهواء الأحادي الأسطوانة والثنائي الأسطوانات في الشاحنات ورؤوس القاطرات: معدل التدفق، ونسبة التشغيل تحت الحمل، والتركيب، ومعايير الاختيار.

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

من أكثر المسائل إثارة للنقاش في الميدان: «خزانات الهواء في المركبة تمتلئ ببطء، فهل ننتقل إلى ضاغط ثنائي الأسطوانات؟» أحيانًا يكون هذا هو القرار الصحيح، وأحيانًا لا تكون المشكلة الحقيقية في الضاغط من الأساس. ولا يختار نوع ضاغط الهواء في المركبات التجارية الثقيلة اعتباطًا؛ فواجهة الإدارة وبنية التبريد والطلب الإجمالي لمستهلكات الهواء تحدد هذا القرار مجتمعة. ويشرح هذا الدليل، من منظور فني الخدمة، الفرق بين ضاغط هواء الفرامل الأحادي الأسطوانة والثنائي الأسطوانات، وقائمة التحقق من التوافق، وتشخيص الأعطال، وانضباط الاستبدال.

أعد الفريق الفني في VADEN هذا المستند استنادًا إلى الممارسة العملية في خدمة أنظمة الفرامل الهوائية للمركبات التجارية الثقيلة وإلى وثائق الشركات المصنعة OE. والقيم الواردة هنا ذات طابع مرجعي عام، والمرجع في البيانات الدقيقة مثل حجم الإزاحة ومعدل التدفق وضغط القطع وعزم الربط هو أحدث دليل خدمة OE المطابق لرمز المحرك ورمز الشاسيه الخاصين بالمركبة. آخر تحديث: سبتمبر 2026.

ما المقصود باختيار ضاغط هواء الفرامل الأحادي الأسطوانة أو الثنائي الأسطوانات وتوافقه؟ الوظيفة ومبدأ العمل

اختيار ضاغط هواء الفرامل الأحادي الأسطوانة أو الثنائي الأسطوانات وتوافقه هو عملية مطابقة معدل التدفق الذي يتطلبه نظام الفرامل الهوائية في المركبة التجارية الثقيلة مع بنية الضاغط المناسبة: إذ توفر الوحدات الأحادية الأسطوانة عادة حجم إزاحة يبلغ 350-150 سم^3 ومعدل تدفق هواء يقارب 450-200 لتر/دقيقة، في حين تصل الوحدات الثنائية الأسطوانات إلى حدود 800-350 سم^3 و1.000-500 لتر/دقيقة. ولا يتوقف الاختيار على معدل التدفق وحده، بل يتوقف أيضًا على توافق واجهة الإدارة ونوع التبريد وهندسة التركيب.

ضاغط هواء الفرامل آلة مكبسية تستمد حركتها من المحرك، فتضغط الهواء وتدفعه إلى مجفف الهواء ومنه إلى الخزانات. ففي النوع الأحادي الأسطوانة تعمل مجموعة واحدة من المكبس وذراع التوصيل، أما في النوع الثنائي الأسطوانات فيتحرك مكبسان على عمود المرفق نفسه، وعادة بفارق طور قدره 180 درجة. ويزيح المكبسان عند سرعة الدوران نفسها ضعف كمية الهواء، ويوزعان الحمل على عمود المرفق بصورة أكثر توازنًا؛ ولهذا تفضل الوحدات الثنائية الأسطوانات في تطبيقات الخدمة الشاقة التي يتوقع فيها معدل تدفق مرتفع واهتزاز منخفض.

مبدأ العمل بسيط: في شوط السحب يملأ الهواء الأسطوانة، وفي شوط الضغط ينضغط ويرسل إلى خط الضغط. ولأن الهواء المضغوط يسخن، يبرد رأس الأسطوانة إما بالهواء عبر زعانف التبريد أو بسائل تبريد المحرك؛ ويبرد الهواء على امتداد الخط وتتكثف رطوبته قبل أن يصل إلى مجفف الهواء. وعندما يبلغ الضغط قيمة القطع في منظم الضغط تنتقل الوحدة إلى وضع التشغيل دون تحميل، وعندما ينخفض الضغط تعود إلى التشغيل تحت الحمل.

المفهوم الحاسم في هذه الدورة هو **نسبة التشغيل تحت الحمل**: أي الجزء من زمن تشغيل الضاغط الذي يقضيه تحت الحمل. فالوحدة التي تبقى تحت الحمل مدة أطول تسخن أكثر وتمرر زيتًا أكثر ويقصر عمرها. وهذا هو جوهر النقاش حول الانتقال من الضاغط الأحادي الأسطوانة إلى الثنائي الأسطوانات: فالناقص في أغلب الأحيان ليس الضغط اللحظي، بل كمية الهواء المنتجة في وحدة الزمن.

متى يكون الضاغط الأحادي الأسطوانة كافيًا؟

الضاغط الأحادي الأسطوانة هو الخيار الصحيح والاقتصادي في التطبيقات ذات الاستهلاك المعتدل للهواء: شاحنات التوزيع داخل المدن، والمركبات المتوسطة الوزن التي لا تقطر مقطورة، وأنواع الشاسيه ذات مستهلكات الهواء المحدودة. ومن مزاياه انخفاض استهلاك القدرة الطفيلية، وبساطة التوصيل، وانخفاض التكلفة.

متى يلزم الضاغط الثنائي الأسطوانات؟

يلزم الضاغط الثنائي الأسطوانات في التطبيقات التي يكون فيها الطلب على الهواء مرتفعًا ومستمرًا: رؤوس القاطرات للمسافات الطويلة، والتركيبات المزودة بمقطورات، والحافلات المزودة بنظام تعليق هوائي كامل، والهياكل العلوية المزودة بقلاب أو رافعة، وتطبيقات مأخذ القدرة PTO المشغلة بالهواء. وفي عائلات المحركات الثقيلة (أمثلة تطبيقية مثل Mercedes OM 470/471 وVolvo D13 وMAN D26 وDAF MX-13 وScania DC13 وIveco Cursor 13) تشيع الوحدات الثنائية

الأسطوانات المبردة بالماء والمدارة بالتروس. وفي الحافلات تزيد الأبواب التي تفتح عند كل موقف ووظيفة خفض الهيكل (الإمالة) استهلاك الهواء زيادة ملحوظة.

ثماني واجهات تحدد التوافق

- **نوع الإدارة:** في الإدارة بالتروس يجب أن يتطابق عدد الأسنان وموديول الترس، وفي الإدارة بالسير يجب أن يتطابق قطر البكرة وعدد المجاري.
- **شفة التركيب:** عدد الثقوب، وقطر دائرة الثقوب، وقطر التمركز، وسماكة الشفة.
- **بنية التبريد:** رأس أسطوانة مبرد بالهواء أم رأس أو جسم مبرد بالماء؛ وموضع المنافذ وقطرها.
- **التزييت:** تغذية بالزيت المضغوط من المحرك أم من حوض الزيت الخاص بالضاغط؛ ومنفذ دخول الزيت ومسار رجوعه.
- **مصدر السحب:** سحب من فلتر هواء المحرك بتغذية من الشاحن التوربيني، أم سحب جوي عبر فلتر خاص بالضاغط.
- **خط الضغط:** لولب منفذ المخرج وموضعه، ومسافة التبريد حتى مجفف الهواء.
- **واجهة التحكم:** خط التشغيل دون تحميل، ومنفذ نظام توفير الطاقة (ESS)، والنسخة المزودة بقابض.
- **نسبة السرعة واتجاه الدوران:** سرعة دوران الضاغط بالنسبة إلى سرعة عمود المرفق، والحد الأقصى المسموح به لسرعة الدوران.

مقارنة بين ضاغط هواء الفرامل الأحادي الأسطوانة والثنائي الأسطوانات (مرجع عام؛ يجب التحقق من البيانات الدقيقة في كتالوج OE)

الخاصية	أحادي الأسطوانة	ثنائي الأسطوانات
حجم الإزاحة النموذجي	150-350 سم³	350-800 سم³
معدل تدفق الهواء النموذجي (عند نحو 2,000 دورة/دقيقة)	200-450 لتر/دقيقة	500-1.000 لتر/دقيقة
نوع التبريد الشائع	رأس أسطوانة مبرد بالهواء في الغالب	رأس أو جسم مبرد بالماء في الغالب
الاهتزاز وحمل عمود المرفق	أقل توازنًا بتأثير المكبس الواحد	أكثر توازنًا بفضل مكبسين بينهما فارق طور
استهلاك القدرة الطفيلية	أقل	أعلى (يمكن خفضه بنظام ESS أو بالقابض)
التطبيق النموذجي	شاحنة توزيع، شاسيه متوسط الوزن	رأس قاطرة، حافلة، شاحنة قلاب، هيكل علوي مزود برافعة
الوزن وحيز التركيب	أصغر حجمًا	أكبر حجمًا؛ يجب التحقق من الحيز المتاح على الشاسيه/المحرك

لا يختار معدل التدفق بمنطق «كلما زاد كان أفضل». فأداء تغذية الهواء في أنظمة الفرامل يحدد بمتطلبات تغذية الهواء وزمن الملء الواردة في لائحة ECE R13؛ إذ يتوقع أن تبلغ الخزانات الضغط المطلوب خلال زمن محدد. والسؤال الصحيح ليس «كم عدد الأسطوانات؟»، بل «أي وحدة تلبي الطلب الإجمالي على الهواء في هذا التركيب ضمن زمن الملء المسموح به ونسبة تشغيل تحت الحمل معقولة؟». وتختلف القيم الحدية باختلاف المركبة، ويجب التحقق منها في وثائق OE.

وإلى جانب عدد الأسطوانات، يعد كون الإدارة مستمرة أو عبر قابض عاملًا حاسمًا أيضًا؛ ويمكن الرجوع إلى دليل ضاغط هواء الفرامل المزود بقابض لمعرفة تفاصيل هذه النسخة.

لا يكفي طراز المركبة وحده لاختيار ضاغط هواء الفرامل؛ فحتى في عائلة المحركات نفسها تستخدم نسخ مختلفة بحسب الهيكل العلوي ونوع نظام التعليق وفئة الانبعاثات. تحقق من القطعة برمز المحرك ورقم الشاسيه، وإن أمكن برقم المرجع OE المدون على الضاغط القديم. وليس كل ضاغط تتطابق ثقوب شفته مناسبًا لتلك المركبة بالضرورة؛ إذ يجب أن يتطابق أيضًا ترس الإدارة ومنفذ التبريد وتغذية الزيت.

كيف تميز أعطال الاختيار والتوافق في ضاغط هواء الفرامل الأحادي الأسطوانة والثنائي الأسطوانات؟

تظهر الأخطاء المرتكبة في الاختيار بين الضاغط الأحادي الأسطوانة والثنائي الأسطوانات وأعطال الضاغط نفسه بأعراض متشابهة في الميدان: تمتلئ الخزانات بالهواء ببطء، ويقوم مجفف الهواء بالتفريغ بشكل متكرر، ويظهر الزيت في النظام. ويجري التمييز بينها بالنظر إلى الظرف الذي يظهر فيه العرض؛ فاختيار النوع الخطأ يكشف عن نفسه عادة في لحظات الاستهلاك المرتفع، أما العطل الميكانيكي فيظهر في جميع الظروف.

أعراض عدم توافق نوع ضاغط هواء الفرامل وأعطال الضاغط، وأسبابها المحتملة، وطرق التحقق منها

العرض	السبب المحتمل	الفحص / التحقق
تمتلئ خزانات الهواء ببطء شديد، ويطول الانتظار قبل الانطلاق	عدم كفاية معدل التدفق، أو تقييد السحب، أو تآكل صفيحة الصمامات، أو تسرب في النظام	اختبار تسرب النظام أولًا، ثم قياس زمن ملء الخزانات بمقياس الضغط
لا ينتقل الضاغط إلى وضع التشغيل دون تحميل تقريبًا، ويعمل تحت الحمل باستمرار	نسبة تشغيل تحت الحمل مرتفعة؛ تجاوز الاستهلاك لقدرة الوحدة أو وجود تسرب	قياس معدل انخفاض الضغط في السرعة الخاملة؛ فحص الفاصل بين ضغط القطع وضغط إعادة التشغيل في منظم الضغط
يقوم مجفف الهواء بالتفريغ بشكل متكرر جدًا، وتتشبع الخرطوشة خلال مدة قصيرة	انتقال الرطوبة مع الهواء الساخن إلى مجفف الهواء، ونسبة تشغيل تحت الحمل مرتفعة، وقصر خط الضغط	فحص طول خط الضغط ومساره؛ وفحص درجة الحرارة عند مدخل مجفف الهواء
زيت في الخزانات والصمامات، ورواسب كربونية متصلبة في خط الضغط	تآكل حلقات المكبس، والسخونة الزائدة، وعدم كفاية التبريد، وارتفاع ضغط علبة المرفق	فك الخط وفحص مقطعه الداخلي؛ وفحص دورة التبريد وتنفيس علبة المرفق
أصوات طرق معدنية وصوت غير منتظم من منطقة الضاغط	تآكل محمل ذراع التوصيل أو المحمل الرئيسي، وخلوص في ترس الإدارة، ومسامير مرتخية	فحص الخلوص في الإدارة بعد إيقاف المحرك؛ وفحص عزم ربط المسامير
تسرب سائل التبريد من جسم الضاغط أو رأس أسطوانته	كلال حشية رأس الأسطوانة، أو تشقق، أو رأس أسطوانة مشدود بعزم ربط غير صحيح	اختبار إحكام النظام تحت الضغط؛ ومتابعة المستوى في خزان التمدد
لا ينخفض الضغط إلا أثناء التشغيل مع الأحمال الإضافية (القلاب، الأبواب، الإمالة)	عدم كفاية معدل التدفق؛ عجز الوحدة عن تلبية طلب الهيكل العلوي	تسجيل الضغط أثناء عمل المستهلك؛ ومقارنة زمن الملء دون حمل وتحت الحمل

اختبار التسرب أولًا، ثم الضاغط

أكثر الأخطاء شيوعًا في الميدان هو تحميل الضاغط المسؤولية مباشرة عندما يمتلئ النظام ببطء. والترتيب الصحيح هو العكس: بعد إيقاف المحرك يقاس مقدار انخفاض الضغط خلال مدة محددة. فإذا تجاوز الانخفاض حد القبول فالمشكلة تسرب، ولن يحل استبدال الضاغط شيئًا.

قياس زمن الملء

تفرغ الخزانات، ويشغل المحرك بسرعة دوران ثابتة، ويقاس بساعة إيقاف الزمن اللازم لبلوغ الضغط قيمة القطع. ويشترط تثبيت سرعة الدوران وإيقاف المستهلكات. ثم يقارن الزمن الناتج بالقيمة المرجعية الواردة في وثائق OE الخاصة بالمركبة.

انتقال الزيت أم إنهاك مجفف الهواء؟

ظهور الزيت في الخزانات لا يعني وحده انتهاء عمر الضاغط؛ فخرطوشة مجفف الهواء المشبعة تعطي أعراضًا مشابهة. وللتمييز بينهما يفك خط الضغط ويفحص سطحه الداخلي: فإذا وجدت رواسب زيتية كربونية فمصدر المشكلة هو الضاغط. أما إذا كان الخط نظيفًا والخرطوشة مشبعة فتستبدل الخرطوشة أولًا.

المعايير ومصادر للاستزادة

يخضع هذا الموضوع لقواعد تجهيز المركبات التجارية المزودة بفرامل هوائية. ففي الولايات المتحدة يحدد المعيار الفيدرالي للفرامل الهوائية FMVSS 121 (49 CFR 571.121) خزانات الهواء والحماية والتوقيت التي يجب أن يوفرها النظام المطابق، في حين تطبق أوروبا الحدود المكافئة الواردة في اللائحة رقم 13 الصادرة عن لجنة الأمم المتحدة الاقتصادية لأوروبا (UNECE). وللاطلاع على التفاصيل راجع المرجع المصور على الموقع airbrakecompressor.com. وتحقق دائمًا من القيم الدقيقة وفق 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.

كيف يستبدل ضاغط هواء الفرامل الأحادي الأسطوانة أو الثنائي الأسطوانات؟ خطوة بخطوة

ينطوي استبدال الضاغط الأحادي الأسطوانة أو الثنائي الأسطوانات على مخاطر الهواء المضغوط والأسطح الساخنة وسائل التبريد مجتمعة. ومعدات الوقاية الشخصية إلزامية: نظارات مقاومة للصدمات، وقفازات مقاومة للزيت، وملابس عمل. انتظر حتى يبرد المحرك وخط العادم؛ ففتح دائرة التبريد والمحرك ساخن ينطوي على خطر الإصابة بحروق السوائل الساخنة. وقبل بدء العمل أفرغ جميع خزانات الهواء، ولا تحاول أبدًا فك خط تحت الضغط بالمفتاح.

1. **أمّن المركبة:** أوقف المحرك، واسحب فرامل الركن، وضع مصدات تحت العجلات، وافصل مفتاح البطارية الرئيسي. وفي المركبات ذات الكابينة القابلة للإمالة اقفل مزلاج أمان الكابينة.
2. **أزل الضغط من النظام:** أفرغ جميع خزانات الهواء عبر صمامات التصريف، وتحقق من أن مقياس الضغط يشير إلى الصفر. ولا تنس أن الجزء العامل بالنابض (فرامل الركن) قد أفرغ أيضًا؛ لذا يجب ألا تحرك المركبة في هذه الحالة.
3. **أفرغ سائل التبريد ومسار الزيت:** في الوحدات المبردة بالماء أفرغ الجزء المعني من الدائرة في وعاء مناسب، وتخلص من السوائل وفق التشريعات البيئية.
4. **نظف المنطقة وضع العلامات:** نظف محيط الوصلات والخراطيم المراد فكها بالهواء المضغوط وقطعة قماش نظيفة، وضع ملصقات تعريفية على الخطوط. فجسيم واحد يدخل نظام الهواء كفيل بإتلاف الصمامات ومجفف الهواء.
5. **افصل الخطوط والوصلات:** افصل بالترتيب خطوط الضغط والسحب، وخط التحكم الخاص بصمام التفريغ/ESS، وخطي تغذية الزيت ورجوعه، وخراطيم سائل التبريد؛ وأغلق فورًا جميع الفتحات المكشوفة بسدادات نظيفة.
6. **حرر الإدارة:** في الإدارة بالسير أرخ الشداد وانزع السير؛ وفي الإدارة بالتروس دوّن وضع ترس الإدارة وعلامات التوقيت قبل الفك.
7. **فك الضاغط وافحصه:** فك المسامير على مراحل، وأنزل الوحدة مع إسنادها؛ واستخدم في الوحدات الثنائية الأسطوانات معدات رفع مناسبة نظرًا لوزنها. افحص فتحة السحب وفتحة الضغط وخلوص الإدارة؛ فالنتائج تكشف السبب الجذري.

8. **تحقق من الوحدة الجديدة:** ضع الضاغط الجديد بجانب القديم وقارن بينهما من حيث دائرة ثقوب الشفة، وقطر التمركز، وترس الإدارة أو البكرة، ومواضع المنافذ، ومنفذ الزيت، واتجاه الدوران، وتحقق من رقم المرجع OE. وإذا لم تتطابق ولو واجهة واحدة فلا تبدأ التركيب.

9. **جدد خط الضغط وخرطوشة مجفف الهواء:** لا تحاول تنظيف الخط الذي تراكمت فيه الرواسب الكربونية وإعادة استخدامه؛ فالمقطع الضيق يجهد الوحدة الجديدة منذ اليوم الأول. جدد الخط، واستبدل خرطوشة مجفف الهواء، وحافظ على مسافة التبريد في الخط.

10. **ركب الوحدة واربطها بعزم الربط المحدد:** ثبت الوحدة في مكانها بحشية وحلقة O-ring جديدتين، وشد المسامير بالقيمة التي حددتها الشركة المصنعة، بشكل متقاطع وعلى مراحل. شد الوصلات بمفتاح عزم؛ فالشد «بالإحساس اليدوي» يسبب التسرب ويتلف السطح أيضًا. وفي الإدارة بالسير اضبط شد السير على القيمة المحددة.

11. **شغل الوحدة وتحقق من أدائها:** في الوحدات ذات التغذية بالزيت المضغوط نفذ خطوة التزييت المسبق، واملأ سائل التبريد وأخرج الهواء منه. شغل المحرك وافحص التسرب والصوت ودرجة الحرارة في الدقائق الأولى دون تعريضه لحمل مرتفع. ثم قس زمن الملء، واقرأ ضغطي القطع وإعادة التشغيل، وبعد القيادة التجريبية افحص رموز الأعطال وجفاف الوصلات.

ما الأخطاء الشائعة عند استبدال ضاغط هواء الفرامل الأحادي الأسطوانة أو الثنائي الأسطوانات؟

إن التحويل بين الضاغط الأحادي الأسطوانة والثنائي الأسطوانات بالاعتماد على توافق الشفة وحده هو أكثر الأخطاء كلفة في الميدان. فالوحدة التي تتطابق شفتها تعمل بسرعة دوران زائدة إذا اختلف عدد أسنان ترس الإدارة، وتبقى دون زيت إذا اختلف منفذ تغذية الزيت، وتعمل دون تبريد إذا لم يوصل خط التبريد. وينتهي كل ذلك سريعًا بتلف الوحدة وتحولها إلى خردة. لذا يجب أن يجرى التحويل استنادًا إلى قائمة النسخ التي اعتمدتها الشركة المصنعة للمركبة ورقم OE.
يعد الإبقاء على خط الضغط القديم وخرطوشة مجفف الهواء المشبعة عند تركيب ضاغط جديد السبب الرئيسي للأعطال المتكررة. فخط الضغط الذي ضاق بفعل الرواسب الكربونية يرفع درجة حرارة الهواء الخارج من الوحدة الجديدة منذ اليوم الأول، ويحفز انتقال الزيت. لذا يجب التخطيط لاستبدال الضاغط مع تجديد الخط والخرطوشة بوصفها بند عمل واحدًا.

- **استبدال الضاغط دون إجراء اختبار التسرب:** سبب بطء الملء في أغلب الأحيان هو التسرب؛ فيستمر العرض حتى بعد استبدال الوحدة.
- **إغفال استهلاك الهيكل العلوي:** قد يتجاوز القلاب أو الرافعة أو نظام التعليق الهوائي الإضافي ميزانية الهواء التي صممت لها المركبة من الأساس.
- **التركيب في بيئة متسخة:** الفك دون تنظيف محيط الوصلات ينقل جسيمات كاشطة إلى نظام الهواء.
- **تخطي خطوة التزييت المسبق:** التشغيل دون زيت في الثواني الأولى يلحق بالمحامل ضررًا دائمًا.
- **عدم إخراج الهواء من سائل التبريد:** الهواء المحتبس داخل رأس الأسطوانة يسبب سخونة زائدة موضعية وكلالًا للحشية.
- **شد المسامير بترتيب عشوائي:** يسبب التواء الشفة وتسرب الحشية؛ والأساس هو الربط المتقاطع وعلى مراحل.
- **إعادة استخدام الحشيات وحلقات الإحكام الأحادية الاستخدام:** عنصر الإحكام الذي انضغط مرة واحدة يسرب في التركيب الثاني.
- **تغيير مصدر السحب:** تحويل السحب المغذى من الشاحن التوربيني إلى فلتر جوي يخل بمعدل التدفق وتوازن التزييت.

القيم الفنية ونقاط الفحص لاختيار ضاغط هواء الفرامل الأحادي الأسطوانة أو الثنائي الأسطوانات

القيم الواردة أدناه والمستخدمة في الاختيار بين الضاغط الأحادي الأسطوانة والثنائي الأسطوانات هي نطاقات مرجعية عامة شائعة في أنظمة الفرامل الهوائية للمركبات التجارية الثقيلة. وتتغير هذه النطاقات بحسب عائلة المحرك والهيكل العلوي وسنة الصنع؛ والمرجع في البيانات الدقيقة هو أحدث دليل خدمة OE الخاص بالمركبة.

القيم الفنية لاختيار ضاغط هواء الفرامل الأحادي الأسطوانة أو الثنائي الأسطوانات (مرجع عام)

المعامل	النطاق النموذجي (مرجع عام)	ملاحظة
حجم الإزاحة (أحادي الأسطوانة)	150-350 سم³	يختلف بحسب التطبيق
حجم الإزاحة (ثنائي الأسطوانات)	350-800 سم³	يقترب من الحد الأعلى في الحافلات والهياكل العلوية الثقيلة
معدل تدفق الهواء (عند سرعة دوران للضاغط تبلغ نحو 2,000 دورة/دقيقة)	200-1.000 لتر/دقيقة	النطاق الأدنى للضاغط الأحادي الأسطوانة، والأعلى للثنائي الأسطوانات
ضغط القطع في النظام	عادة 5.8-12 bar (116-181 psi)	يحدد بضبط منظم الضغط؛ ويختلف من مركبة إلى أخرى
ضغط إعادة التشغيل	أقل من قيمة القطع بمقدار 1-2 bar عادة	إذا ضاق الفاصل تنتقل الوحدة إلى التشغيل تحت الحمل بشكل متكرر
نسبة التشغيل تحت الحمل الموصى بها	يستهدف نطاق يقارب 15-25%	النسبة المرتفعة باستمرار تقصر العمر بشكل ملحوظ
درجة الحرارة عند مخرج خط الضغط	في حدود 150-200 °C عادة تحت الحمل	ارتفاع درجة الحرارة باستمرار يسبب التكربن
ضغط تغذية الزيت (الوحدات ذات التزييت بالضغط)	مساوٍ لضغط زيت المحرك؛ عادة 1-4 bar	يتحقق من الحد الأدنى في السرعة الخاملة من دليل الخدمة
انخفاض الضغط (المحرك متوقف، اختبار التسرب)	يجب أن يكون محدودًا؛ وحد القبول يختلف من مركبة إلى أخرى	يقاس قبل تحميل الضاغط المسؤولية

نطاقات عزم الربط النموذجية في تركيب ضاغط هواء الفرامل (مرجع عام؛ تؤخذ القيمة الدقيقة من دليل خدمة OE)

نقطة التوصيل	نطاق العزم النموذجي (مرجع عام)	ملاحظة التطبيق
مسمار شفة الضاغط M10	40-60 Nm	يشد بشكل متقاطع وعلى مراحل
مسمار شفة الضاغط M12	70-110 Nm	تتغير القيمة بحسب فئة المسمار
مسامير رأس الأسطوانة	20-40 Nm	يشد بترتيب ومراحل محددة
وصلة خط الضغط	25-45 Nm	مع عنصر إحكام جديد
مسمار البانجو لتغذية الزيت	15-30 Nm	تركب وردة إحكام جديدة عند كل فك
عنصر توصيل سائل التبريد	10-25 Nm	الشد الزائد يسحق سطح الحشية

قيم عزم الربط ليست سوى نطاق استرشادي؛ ففي الوحدة نفسها تشد المسامير ذات الفئات المختلفة بعزوم مختلفة، وتحدد بعض الشركات المصنعة قيمًا منفصلة للتركيب الأول ولإعادة التركيب. كما تؤثر معايرة مفتاح العزم في النتيجة؛ إذ يتوقع أن تكون معدات القياس معايرة وفق عائلة معايير أدوات العزم اليدوية (مثل ISO 6789). والمرجع الأساسي هو أحدث دليل خدمة تصدره الشركة المصنعة للمركبة خاصًا برمز المحرك.

- هل زمن ملء الخزانات قريب من القيمة المرجعية، وهل جرى قياسه والمستهلكات متوقفة؟
- هل انخفاض الضغط والمحرك متوقف ضمن حد القبول، وهل أجري اختبار التسرب؟
- هل ضغطا القطع وإعادة التشغيل في منظم الضغط صحيحان، وهل ضاق الفاصل بينهما؟
- هل توجد رواسب كربونية داخل خط الضغط، وهل مسار الخط وطوله كما حددتهما الشركة المصنعة؟
- هل خرطوشة مجفف الهواء ضمن فترة استبدالها الدورية، وهل تكرار التفريغ طبيعي؟
- هل خلوص ترس الإدارة أو شد السير ضمن القيمة التي حددتها الشركة المصنعة؟
- هل خط السحب والفلتر نظيفان، وهل خضعت مسامير التوصيل لفحص عزم الربط؟

كيف تجرى صيانة ضاغط هواء الفرامل الأحادي الأسطوانة أو الثنائي الأسطوانات وكيف يمكن إطالة عمره؟

بعد تحديد النوع الصحيح في الاختيار بين الضاغط الأحادي الأسطوانة والثنائي الأسطوانات، تبقى ثلاثة عوامل تحدد عمره: هواء سحب نظيف، ونسبة تشغيل تحت الحمل منخفضة، وتبريد فعال. فإذا توفرت هذه العوامل الثلاثة كان الضاغط من أطول قطع المركبة عمرًا. وفي المقابل، فإن الوحدة التي تعمل تحت الحمل باستمرار بسبب تسربات صغيرة، وتسحب هواء متسخًا، وضاق خط الضغط فيها، يبقى عمرها دون العمر المتوقع أيًا كان نوعها. وأكثر أسباب الأعطال المبكرة شيوعًا في الميدان هو إهمال صيانة ما يحيط بالضاغط أكثر من الضاغط نفسه.

- **مكافحة التسرب:** يجب قياس انخفاض ضغط النظام بصورة دورية، وإصلاح التسربات الصغيرة في الخراطيم والوصلات دون تأخير.
- **الانضباط في استبدال خرطوشة مجفف الهواء:** يجب استبدال الخرطوشة وفق الفترة التي تحددها الشركة المصنعة، وعدم الاستمرار في التشغيل بخرطوشة مشبعة.
- **المواظبة على تصريف الخزانات:** يجب تصريف الخزانات بانتظام ومتابعة الماء والزيت المتراكمين فيها؛ فازدياد كمية الزيت إنذار مبكر بحالة الضاغط.
- **نظافة خط السحب:** يجب عدم تجاوز فترة استبدال فلتر الهواء، وفحص خرطوم السحب بحثًا عن الانضغاط والتشققات.
- **الحفاظ على التبريد:** في الوحدة المبردة بالماء يجب أن تكون الدائرة نظيفة وخالية من الهواء، وفي الوحدة المبردة بالهواء يجب أن تكون زعانف التبريد خالية من طبقة الزيت والغبار.
- **فحص خط الضغط:** يجب فك الخط دوريًا وفحص مقطعه الداخلي، وتجديده إذا بدأت الرواسب الكربونية بالتكون فيه.
- **زيت المحرك وفترة تغييره:** يزيت الضاغط في أغلب التطبيقات بزيت المحرك؛ لذا فإن إطالة فترة التغيير واستخدام فئة زيت غير مناسبة ينعكسان مباشرة على حلقات المكبس.
- **مراقبة جودة الهواء:** يمكن تقييم حمل الرطوبة والزيت والجسيمات في النظام وفق منطق عائلة معايير ISO 8573 التي تحدد فئات جودة الهواء المضغوط؛ ومعناها العملي هواء جاف ونظيف وخالٍ من الزيت.

في أساطيل النقل، النهج الأكثر كفاءة هو التعامل مع الضاغط بوصفه نظامًا فرعيًا لا قطعة منفردة: فالضاغط وخط الضغط ومجفف الهواء ومنظم الضغط تشكل سلسلة واحدة؛ وتجديد أحدها وترك البقية يقصر عمر القطعة الجديدة.

التطبيقات والتوافق: كتالوج توافق المركبات · كتالوج توافق المحركات

المركبات والمحركات الواردة في هذا الدليل: Iveco Cursor 13 · Mercedes-Benz OM471 · MAN D2676 · DAF MX-13

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