VADEN®
ORIGINAL

دليل تقني

عمود المرفق (الكرنك) ومجموعة الإدارة في ضاغط هواء الفرامل: أعراض الأعطال والاستبدال والصيانة

تمرير ضاغط هواء الشاحنة للزيت لا يعود غالبًا إلى حلقات المكبس، بل إلى محمل رئيسي متآكل يجعل العمود يدور بانحراف دوراني. أنواع الإدارة والتشخيص والاستبدال.

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

ضاغط هواء الفرامل قطعة تعمل في المركبة التجارية الثقيلة بصمت ودون أن تلفت الانتباه، لكنها ما إن تتوقف حتى تعجز المركبة عن الانطلاق إلى الطريق. وأكثر عناصر الضاغط تحملًا للأحمال هو عمود المرفق: فهو يتلقى حركة الإدارة القادمة من المحرك وينقلها عبر ذراع التوصيل إلى المكبس، ويتحمل في الوقت نفسه الأحمال الناتجة عن ضغط الزيت وضغط الهواء. وفي الميدان، يعود جزء كبير من الشكاوى التي ترد بعبارات مثل «الضاغط يمرر الزيت» و«الضاغط لا يضخ الهواء» و«تصدر أصوات طرق من الضاغط» إلى مشكلة في محامل عمود المرفق، أو في ترس الإدارة أو بكرتها، أو في وصلة الخابور والتثبيت المخروطي. وقد أعد هذا الدليل للتعريف بعمود المرفق ومجموعة الإدارة في الضاغط، وتشخيص العطل تشخيصًا صحيحًا، وإجراء الاستبدال وفق الأصول، ومنع تكرار العطل.

ملاحظة E-E-A-T: أعد الفريق الفني في VADEN ORIGINAL هذا المستند استنادًا إلى خبرة التصنيع وملاحظات العمل الميداني. والقيم الواردة هنا *نطاقات مرجعية نموذجية*؛ أما القيم الدقيقة مثل عزم الربط وترتيب الشد والتفاوتات وحدود الخدمة فيجب الرجوع فيها دائمًا إلى أحدث دليل خدمة صادر عن الشركة المصنعة للمركبة أو الضاغط. آخر تحديث: سبتمبر 2026. وتصمم أنظمة الفرامل الهوائية في المركبات التجارية الثقيلة في إطار ECE R13 (لائحة الفرامل لدى الأمم المتحدة والاتحاد الأوروبي) وISO 611.

ما هو عمود المرفق ومجموعة الإدارة في ضاغط هواء الفرامل؟ الوظيفة ومبدأ العمل

عمود المرفق ومجموعة الإدارة في ضاغط هواء الفرامل طقم يتكون من العمود والترس أو البكرة والمحامل وموانع التسرب وعناصر الربط، ويحول الحركة الدورانية المأخوذة من المحرك إلى حركة خطية لمكبس الضاغط، ويتولى في الوقت نفسه وظائف الارتكاز على المحامل والإحكام والتزييت.

مبدأ العمل نسخة مصغرة من آلية عمود المرفق وذراع التوصيل في المحرك. إذ ينقل المحرك عزم الدوران إلى عمود مرفق الضاغط عبر ترس، أو سير وبكرة، أو قارنة مباشرة. ومع دوران المرتكز اللامركزي (مرتكز ذراع التوصيل) في عمود المرفق، يحرك ذراع التوصيل المكبس صعودًا وهبوطًا داخل الأسطوانة. وعند نزول المكبس يدخل الهواء عبر صمام السحب (أو الهواء المضغوط في الأنظمة المغذاة بالشاحن التوربيني)، وعند صعوده ينضغط الهواء ويرسل عبر صمام الطرد إلى مجفف الهواء، ومنه إلى خزانات الهواء. وتدور المرتكزات الرئيسية على المحامل؛ ويصل زيت المحرك في معظم التطبيقات إلى جسم الضاغط تحت ضغط، ثم يتوزع على المرتكزات عبر مجاري الزيت داخل عمود المرفق. أما موانع التسرب عند طرفي العمود فتمنع خروج الزيت إلى الخارج وتسرب الهواء إلى جانب الزيت.

أبرز العناصر المكونة للمجموعة:

- **عمود المرفق (الجسم الرئيسي):** يحمل المرتكزات الرئيسية، والمرتكز اللامركزي لذراع التوصيل، ومجاري الزيت، والأثقال الموازنة.
- **المحامل الرئيسية:** محمل كريات أو محمل بكرات، أو محمل انزلاقي (جلبة أو محمل من نصفين)، بحسب التطبيق.
- **ذراع التوصيل ومحمله:** الوصلة بين مرتكز ذراع التوصيل والمكبس.
- **عنصر الإدارة:** ترس الإدارة، أو بكرة السير، أو صرة القابض أو القارنة.
- **عناصر الربط:** الخابور (في النوع ذي الخابور)، والصرة المخروطية، وصامولة العمود أو مسماره الملولب، والوردة، وعناصر التأمين.
- **موانع التسرب والحلقات الدائرية:** مانعا التسرب الأمامي والخلفي للعمود، وحشيات الأغطية.
- **عناصر الضبط المحوري:** رقائق الضبط، ووردة الضبط، وحلقة التثبيت أو حلقة التأمين.

أنواع الإدارة: بالترس وبالبكرة وبالقابض

في الضواغط المدارة بالتروس يتلقى عمود المرفق حركة الإدارة مباشرة من مجموعة تروس المحرك، فلا يحدث فقد في التزامن، لكن الخلوص بين أسنان التروس وترتيب التركيب عاملان حاسمان. أما في الأنواع المدارة بالسير والبكرة فيفرض شد البكرة ومحاذاتها حملًا شعاعيًا على العمود، وينعكس أي خلل في الشد مباشرة على عمر المحمل الأمامي ومانع التسرب. وفي الأنواع المزودة بقابض (أو الموفرة للطاقة) يدور الضاغط على الفارغ أو ينفصل عندما لا تكون هناك حاجة إلى الهواء، وفي هذه الأنواع تكون حالة الصرة وسطح القابض بأهمية نقل عزم الدوران عند طرف العمود نفسها.

ترتيب المحامل: المحامل الدحرجية والمحامل الانزلاقية

يشيع استخدام المحامل الدحرجية في الضواغط ذات معدل التدفق الصغير والمتوسط؛ فحاجتها إلى الزيت منخفضة واحتكاكها قليل، لكنها حساسة للصدمات والاهتزاز. أما في الأنواع ذات معدل التدفق العالي التي تتغذى بالزيت المضغوط من المحرك فتفضل المحامل الانزلاقية؛ إذ تحمل طبقة الزيت الرقيقة الحمل، ولذلك يتطور التلف بسرعة عند اختلال ضغط الزيت أو نظافته. ومنطق التشخيص في هذا الدليل واحد في النوعين: تقرأ ثلاثية *الخلوص والصوت واستهلاك الزيت* معًا.

الإحكام وتوازن الزيت

ومن وظائف عمود المرفق أيضًا فصل جانب الزيت عن جانب الهواء. فالمحمل الرئيسي المتآكل يجعل العمود يدور بانحراف دوراني يبلغ أجزاء من مئة من المليمتر؛ فلا يعود مانع التسرب يستقر استقرارًا سليمًا، ويبدأ الضاغط «بتمرير الزيت». وفي الميدان يظن ذلك في الغالب عطلًا في حلقات المكبس أو الأسطوانة، مع أن المصدر في أغلب الأحيان هو خلوص المحمل. وبالمثل فإن الضغط الزائد في علبة المرفق (نفاذ غازات الاحتراق إليها) أو انسداد خط رجوع الزيت يؤدي إلى تسريب الزيت حتى من مانع تسرب سليم.

التطبيق / فئة المحرك	طريقة الإدارة المعتادة	نوع المحامل الغالب	النقطة الأبرز في مجموعة عمود المرفق
رأس قاطرة ثقيل، ضاغط أحادي الأسطوانة مدار بالتروس (من نوع Knorr-Bremse أو ما يعادله)	مباشرة من مجموعة تروس المحرك	انزلاقي + تزييت بالضغط	ضغط الزيت والخلوص بين أسنان التروس
شاحنة أو حافلة، ضاغط ثنائي الأسطوانات عالي التدفق (من نوع Wabco أو ما يعادله)	ترس أو قارنة	انزلاقي	الخلوص المحوري، ومحمل ذراع التوصيل
ضاغط للمركبات التجارية الثقيلة في أمريكا الشمالية (من نوع Bendix أو ما يعادله)	ترس، أو سير وبكرة (بحسب النوع)	دحرجي أو مختلط	شد السير، والحمل على المحمل الأمامي
حافلة المدن / نظام موفر للطاقة	مزود بقابض	دحرجي	استقرار الصرة، والكلال الناتج عن كثرة التعشيق
مركبات تجارية خفيفة ومتوسطة، ضاغط مدمج	سير وبكرة	دحرجي (أحيانًا دون زيت أو بتزييت قليل)	محاذاة البكرة، وعمر مانع التسرب

التحقق من رقم القطعة ضروري. فحتى في عائلة المحرك نفسها قد يتغير نوع الضاغط وشكل طرف العمود (مخروطي أو بخابور أو بشفة) وقطر العمود وعدد أسنان الترس ونوع المحمل حسب سنة الطراز. وقبل الطلب تحقق معًا من رقم الشركة المصنعة المدون على جسم الضاغط، ومن رقم OE إن وجد، ومن مقاس طرف العمود؛ واستعلم عن الرقم الذي بين يديك في صفحة البحث عن المنتجات (المراجع التبادلية لـ OE) للتأكد من رقم VADEN المرجعي المقابل. أما الاعتماد على طراز المركبة وحده فيبقي خطر اختيار قطعة خاطئة مرتفعًا.

أعراض الأعطال والتشخيص

نادرًا ما تظهر أعطال مجموعة عمود المرفق منفردة؛ ففي معظم الحالات يغذي الزيت والحرارة والخلوص بعضها بعضًا. ويربط الجدول التالي بين الأعراض الأكثر شيوعًا في الميدان وأسبابها المحتملة وطرق التحقق منها.

العرض	السبب المحتمل	الفحص / التحقق
أصوات طرق منتظمة الإيقاع أو طقطقة معدنية من الضاغط (تزداد مع سرعة الدوران)	اتساع خلوص محمل ذراع التوصيل أو المحمل الرئيسي؛ أو تآكل مرتكز ذراع التوصيل	استمع إلى الجسم بسماعة الميكانيكي والمحرك يعمل بالسرعة الخاملة؛ ثم يفك الضاغط ويقاس الخلوص المحوري والشعاعي للعمود بساعة القياس
انتقال الزيت إلى خزانات الهواء، وامتلاء خرطوشة مجفف الهواء مبكرًا	تسرب من مانع تسرب العمود، أو الانحراف الدوراني للمحمل يفسد مانع التسرب، أو ارتفاع الضغط في علبة المرفق	فك وصلة خط الطرد وانظر إلى طبقة الزيت على سطحها الداخلي؛ وافحص خط رجوع الزيت وتنفيس علبة المرفق

العرض	السبب المحتمل	الفحص / التحقق
طول زمن ارتفاع ضغط الهواء / الضاغط لا يلبي الحاجة	مجموعة الصمامات، وبدرجة ثانوية زيادة الحجم الميت بسبب خلوص عمود المرفق أو ذراع التوصيل، وتآكل الأسطوانة	ابدأ والخزان فارغ: قس زمن الارتفاع إلى ضغط التشغيل وقارنه بقيمة دليل الخدمة؛ وأجر اختبار التسرب
انحراف دوراني ظاهر بالعين عند طرف العمود أو في البكرة، والسير يخرج من مكانه باستمرار أو يحترق	تآكل المحمل الأمامي، أو انحناء العمود، أو عدم استقرار صرة البكرة في مكانها، أو انسحاق الخابور	يقاس الانحراف الدوراني لطرف العمود بساعة القياس؛ وتفك البكرة ويفحص السطح المخروطي أو ذو الخابور ومجرى الخابور
سخونة زائدة في جسم الضاغط، مع اسوداد الطلاء أو تغير لونه	تغذية زيت غير كافية، أو بداية التصاق المحمل، أو التشغيل تحت الحمل باستمرار (بسبب وجود تسرب)	يفحص ضغط خط تغذية الزيت ومعدل تدفقه؛ ويبحث عن تسرب الهواء في النظام؛ وتقاس حرارة السطح بكاميرا حرارية أو بميزان حرارة لا تلامسي
برادة معدنية في زيت الرجوع / آثار نحاس أو برونز على المحامل	تآكل مادة المحمل، ودوران زيت ملوث غير مرشح	فحص مغناطيسي لخط رجوع الزيت وقاع حوض الزيت؛ وفحص حالة زيت المحرك والفلتر؛ ثم يفتح الضاغط ويفحص سطح المحمل
طنين من ترس الإدارة / انكسار الأسنان	خلوص غير صحيح بين أسنان الترس، أو خلوص محوري زائد في العمود، أو خطأ في المحاذاة	قياس الخلوص بين أسنان الترس (وفق قيمة الدليل)، وفحص أثر التلامس على سطح الأسنان
صوت دوران أو صوت دوران حر يصدر من الضاغط بعد توقف المحرك، أو لعب (حركة زائدة) في العمود	فقدان أحد عناصر الضبط المحوري (رقاقة الضبط أو حلقة التثبيت)، أو تآكل القارنة	يسحب العمود ويدفع باليد لتحسس الخلوص المحوري، ثم يتحقق منه بساعة القياس

استبعد أعطال النظام أولًا، ثم انتقل إلى الضاغط

السبب الأكثر شيوعًا لشكوى «الهواء لا يكفي» ليس مجموعة عمود المرفق، بل التسرب في النظام. فقبل فك الضاغط: ابحث عن التسربات في حجرات الفرامل والصمامات والوصلات بالماء والصابون، وتحقق مما إذا كان مجفف الهواء يفرغ باستمرار، وقس ضغط القطع لمنظم الضغط. فالضاغط السليم يتصرف في نظام فيه تسرب مستمر كأنه «معطل»، ثم لا يلبث أن يتعطل فعلًا.

الترتيب الصحيح لتشخيص تمرير الزيت

لا تخل بالترتيب عند تشخيص تمرير الزيت: (1) مستوى زيت المحرك وحالة تنفيس علبة المرفق، (2) هل خط رجوع الزيت من الضاغط مسدود، (3) خط السحب، أي التخلخل أو الضغط الزائد في السحب المغذى بالشاحن التوربيني، (4) صفيحة الصمامات وحلقات المكبس، (5) مانع تسرب العمود، (6) خلوص المحمل. وتخطي البنود الثلاثة الأولى واستبدال الضاغط مباشرة هو السبب الأول لتكرار العطل نفسه بعد بضعة آلاف من الكيلومترات.

القياس قبل الفك: قس الخلوص بدلًا من تحسسه

يمكن في كثير من الأحيان قياس الخلوص المحوري للعمود والانحراف الدوراني عند طرفه بساعة قياس ذات قاعدة مغناطيسية، حتى والضاغط لا يزال مركبًا على المركبة. فبدلًا من القول إنه «يبدو متحركًا» عند تحريكه باليد، خذ قياسًا وقارن القيمة بالحد الوارد في دليل الخدمة. فإذا تجاوزت القيمة الحد، يلزم الإصلاح الشامل لمجموعة عمود المرفق أو استبدال الضاغط كاملًا؛ أما إذا كانت ضمن الحد فيجب البحث عن العطل في مكان آخر.

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، بينما تطبق أوروبا الحدود المكافئة الواردة في اللائحة رقم 13 الصادرة عن اللجنة الاقتصادية لأوروبا التابعة للأمم

المتحدة (UNECE). وللاطلاع على التفاصيل، راجع المرجع المصور المنشور على 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: أوقف المحرك وانتظر حتى يبرد؛ فقد تكون حرارة جسم الضاغط وخط الطرد كافية لإحداث حروق. افصل مفتاح البطارية أو القطب السالب. **فرغ الضغط في خزانات الهواء تفريغًا كاملًا** وتحقق من أن مقياس الضغط يشير إلى الصفر؛ ففك خط تحت الضغط سبب لإصابات خطيرة. والقفازات والنظارات الواقية وأحذية السلامة إلزامية. ضع مصدات العجلات، وإذا رفعت المركبة فضعها على حوامل السلامة. ويجب جمع زيت الضاغط المستعمل والقطع المفكوكة وفق تشريعات النفايات.

1. **تحقق من العطل وسجل البيانات:** دون قيم الخلوص والانحراف الدوراني وزمن ارتفاع الضغط واستهلاك الزيت التي قستها؛ فهذه هي الطريقة الوحيدة لإجراء المقارنة بعد الاستبدال.

2. **اجعل النظام في وضع آمن:** افصل البطارية، وفرغ خزانات الهواء، وإذا كان الضاغط متصلًا بدائرة سائل التبريد فاخفض مستوى سائل التبريد (مانع التجمد) وجهز وعاء لتجميع ما قد ينسكب.

3. **فك الخطوط بعد وضع علامات عليها:** خط الطرد، وخط السحب، وخطا تغذية الزيت ورجوعه، وخطوط الماء إن وجدت، وخط إشارة منظم الضغط أو القابض. وأغلق فوهة كل خط؛ فحبة رمل واحدة تدخل الضاغط كفيلة بإتلاف المحمل الجديد.

4. **فك الضاغط:** لا يضبط توقيت الضاغط نفسه مع المحرك؛ لكن لأن ترس الإدارة جزء من مجموعة تروس المحرك، تحقق وفق تعليمات الشركة المصنعة من أن علامات مجموعة التروس لم تختل أثناء الفك والتركيب. والضاغط ثقيل؛ فلا تحاول حمله بمفردك، واستخدم دعامة أو وسيلة رفع.

5. **افحص مجموعة الإدارة:** أسطح أسنان الترس أو البكرة، والخابور ومجراه، وأثر التلامس على السطح المخروطي، ولولب طرف العمود. فالخابور المنسحق أو السطح المخروطي اللامع أو المتآكل يدل على أن التركيب السابق نفذ دون إحكام كافٍ؛ فلا تستبدل القطعة وحدها، بل عالج السبب أيضًا.

6. **قس مجموعة عمود المرفق واتخذ القرار:** أقطار المرتكزات الرئيسية ومرتكز ذراع التوصيل، وخلوص المحمل، والخلوص المحوري، والانحراف الدوراني للعمود، وانفتاح مجاري الزيت. فإذا تجاوزت القيم حد الخدمة يجدد العمود وطقم المحامل معًا؛ وإذا كان سطح المرتكز مخدوشًا أو منبعجًا فلا يعاد استخدام العمود إطلاقًا.

7. **نظف المقاعد ومسارات الزيت:** افتح مقاعد المحامل في الجسم ومجاري الزيت وفتحة الرجوع بالهواء المضغوط ومادة تنظيف مناسبة. واكشط بقايا الحشية القديمة دون خدش السطح، ولا تترك أي برادة.

8. **ركب المحامل وعمود المرفق:** ضع المحامل الجديدة بعد تزييتها بزيت نظيف، في الاتجاه الصحيح وبحيث تستقر تمامًا. وفي الأنواع ذات المحامل الدحرجية يجرى التركيب بالتسخين أو بجهاز الكبس، ولا يجرى أبدًا بالطرق المباشر بالمطرقة؛ ووجه القوة دائمًا إلى الحلقة الصحيحة من المحمل.

9. **جدد موانع التسرب والحشيات:** ركب مانع تسرب العمود بأداة توجيه مناسبة ودون أن تنقلب شفته؛ وزيت شفة مانع التسرب قبل التركيب. واستخدم دائمًا حشيات أغطية جديدة.

10 **اربط عنصر الإدارة وفق الأصول:** أدخل الخابور في مجراه حتى يستقر تمامًا، ونظف السطح المخروطي من الزيت والشحم، واربط صامولة العمود بعزم الربط الوارد في الدليل وبقيمة الزاوية إن وجدت. وفي الأنواع المدارة بالبكرة تحقق من المحاذاة بمسطرة أو بجهاز ليزر، واضبط شد السير بمقياس الشد.

11 **ركب الضاغط واملأ النظام وشغله:** قبل توصيل خط تغذية الزيت تأكد من أن زيتًا نظيفًا يخرج من الخط. وبعد التركيب شغل المحرك بالسرعة الخاملة وافحص إحكام الزيت والصوت وزمن ارتفاع الضغط؛ وبعد اختبار قيادة قصير راجع عزم الربط والإحكام مرة أخرى.

نقاط تستوجب الانتباه (أخطاء شائعة)

أغلى خطأ: استبدال النتيجة لا السبب. إذا ركب ضاغط جديد مكان ضاغط يمرر الزيت دون فتح خط رجوع الزيت المسدود، فسيمرر الضاغط الجديد الزيت بالطريقة نفسها. واستبدال مانع التسرب في محرك يولد ضغطًا زائدًا في علبة المرفق ليس حلًا دائمًا. وقبل الاستبدال يجب حتمًا استبعاد: خط رجوع الزيت، وتنفيس علبة المرفق، وخط السحب، وتسربات النظام.
عزم الربط والنظافة لا يقبلان المساومة. فصامولة العمود التي تربط بمنطق «يكفي أن تكون مشدودة» إما أن ترخي الوصلة المخروطية (فينسحق الخابور ويتآكل طرف العمود)، وإما أن تفرض حملًا مسبقًا على العمود فتقضي على المحمل. وبالمثل فإن مقعد المحمل غير المنظف يتلف حتى أجود القطع الجديدة خلال بضعة آلاف من الكيلومترات.

- **تركيب المحمل الدحرجي بالمطرقة:** تترك الصدمة انبعاجًا غير مرئي في مجرى الكريات؛ فتكون القطعة تالفة قبل أن تبدأ العمل.
- **إعادة استخدام الخابور القديم:** الخابور المنسحق يعود إلى إحداث خلوص عند أول حمل. ويجب تجديد الخابور وصامولة العمود عند استبدال العمود.
- **تركيب مانع التسرب جافًا أو قلب شفته:** تحترق الشفة في التشغيل الأول، ويبدأ الضاغط فورًا في تمرير الزيت.
- **إهمال ضبط الخلوص المحوري:** إذا اختل ترتيب رقائق الضبط أو حلقة التثبيت انزاح تلامس أسنان الترس، فيظهر الطنين ثم انكسار الأسنان.
- **ضبط شد السير «بالضغط باليد»:** السير المشدود أكثر من اللازم يقضي على المحمل الأمامي ومانع التسرب، والسير المرتخي يسخن ويأكل البكرة.
- **زيت غير مناسب أو ملوث:** يشارك الضاغط المحرك في زيته؛ ولذلك فإن إطالة فترة تغيير زيت المحرك تنعكس مباشرة على محمل الضاغط.
- **عدم تغيير خرطوشة مجفف الهواء:** الخرطوشة المشبعة تعيد الرطوبة إلى النظام؛ والتآكل وأعطال الصمامات تزيد الإجهاد على مجموعة عمود المرفق أيضًا.
- **إهمال الفحص الأول بعد التركيب:** يجب إجراء مراقبة قصيرة بعد التركيب؛ ويعد إهمال الفحص الأول من أكثر عيوب التركيب تكرارًا في الملاحظات الميدانية لدى VADEN (للاطلاع على بروتوكول المراقبة المفصل راجع قسم «الصيانة والعمر التشغيلي»).

القيم الفنية ونقاط الفحص

القيم التالية ذات طابع *مرجعي نموذجي وعام* لضواغط هواء الفرامل في المركبات التجارية الثقيلة. وقد توجد فروق كبيرة بين أنواع الضواغط والشركات المصنعة وسنوات الطراز؛ وعند اتخاذ القرار يكون المرجع دائمًا أحدث دليل خدمة صادر عن الشركة المصنعة للمركبة أو الضاغط.

المعامل	النطاق المرجعي المعتاد	ملاحظة
ضغط القطع في النظام	نحو 8.0–12.5 bar (≈115–180 psi)	يختلف بحسب ضبط منظم الضغط أو نظام EBS وبحسب السوق

المعامل	النطاق المرجعي المعتاد	ملاحظة
ضغط الوصل في النظام (الحد السفلي)	أقل من ضغط القطع بنحو 1.0–2.0 bar	إذا كان الفرق صغيرًا جدًا يتكرر تشغيل الضاغط وتتعرض المجموعة للكلال
ضغط تغذية الزيت للضاغط (عند سرعة التشغيل)	في حدود ضغط زيت المحرك نفسه عمومًا، وعادة ≥1.5–2.0 bar	حاسم في الأنواع ذات المحامل الانزلاقية؛ والمرجع قيمة الدليل
حرارة الهواء في خط الطرد (مستمرة)	عادة في نطاق 150–200 °C؛ وقد تكون قيم الذروة القصيرة المدة أعلى	الحرارة العالية المستمرة مؤشر على التفحم وعطل الصمامات
حرارة سطح جسم الضاغط (التشغيل تحت الحمل)	عادة ~80–130 °C	الانحراف الواضح يعني تسربًا أو مشكلة في التزييت أو التصاق المحمل
الخلوص المحوري للعمود	عادة في حدود 0.05–0.30 مم	تؤخذ القيمة الدقيقة وحد الخدمة من الدليل
الخلوص الشعاعي للمحمل الرئيسي (الانزلاقي)	عادة في حدود 0.02–0.10 مم	يقاس قطر المرتكز ويحسب خلوص المحمل
الانحراف الدوراني لطرف العمود	المستهدف عمومًا أقل من 0.05 مم	الانحراف الدوراني العالي يقصر عمر مانع التسرب والسير
الخلوص بين أسنان ترس الإدارة	عادة في حدود 0.05–0.25 مم	القيمة الواردة في دليل مجموعة تروس المحرك هي الملزمة
اختبار زمن تعبئة الخزان (ارتفاع الضغط)	يقارن بالزمن المحدد في دليل المركبة؛ وتجاوز زمن الدليل بفارق واضح (نحو 20% عمليًا) يستدعي الفحص	يستبعد التسرب أولًا، ثم يقيم الضاغط

في عزوم الربط يعد الالتزام بالقيمة بأهمية القطعة نفسها. ويعطي الجدول التالي رتبة المقادير فقط:

الوصلة	رتبة عزم الربط المعتادة	تحذير
صامولة طرف العمود (صرة البكرة أو الترس)	عادة 80–200 Nm، مع ربط زاوي إضافي في بعض الأنواع	يختلف كثيرًا من نوع إلى آخر، والرجوع إلى الدليل إلزامي
المسامير الملولبة لرأس الأسطوانة	عادة 25–50 Nm، على مراحل وبترتيب متقاطع	لا يجوز تخطي الترتيب ولا المراحل
المسامير الملولبة لغطاء حوض الزيت أو غطاء المحمل	عادة 15–35 Nm	الربط الزائد يفسد هندسة المقعد
المسامير الملولبة لغطاء ذراع التوصيل	عادة 20–45 Nm (للاستخدام مرة واحدة في معظم الأنواع)	إذا كانت غير قابلة لإعادة الاستخدام فجددها حتمًا
المسامير الملولبة لتثبيت جسم الضاغط (على المحرك)	عادة 40–90 Nm	يجب أن يكون سطح الشفة نظيفًا ومستويًا

نصيحة عملية: اربط بعزم الربط المطلوب باستخدام مفتاح عزم معاير، ولا تتخل عن عادة «الربط على مراحل»: الإحكام باليد أولًا، ثم نحو 50% من القيمة المستهدفة، ثم القيمة الكاملة، وأخيرًا جولة تحقق بترتيب متقاطع. ولا تعد المسامير الملولبة الأحادية الاستخدام والخابور المفكوك إلى العلبة؛ حتى لا تركب مرة أخرى عن طريق الخطأ.

قائمة فحص سريعة في الميدان:

- ابدأ والخزانات فارغة: قس زمن الارتفاع إلى ضغط القطع وقارنه بالدليل.
- استمع إلى الضاغط بسماعة الميكانيكي والمحرك يعمل بالسرعة الخاملة: أصوات الطرق المنتظمة الإيقاع = اشتباه في المحمل أو ذراع التوصيل.
- فك وصلة الطرد وانظر إلى طبقة الزيت على سطحها الداخلي؛ الزيت الرطب = تمرير الزيت.

- قس الانحراف الدوراني لطرف العمود والبكرة بساعة القياس.
- افحص شد السير بمقياس الشد، وتحقق من المحاذاة بالمسطرة.
- افحص عمر خرطوشة مجفف الهواء وسلوك التفريغ.
- تحقق من أن الزيت يتدفق بحرية في خط الرجوع.

الصيانة والعمر التشغيلي

يعتمد عمر مجموعة عمود المرفق في الضاغط على جودة البيئة التي تعمل فيها بقدر اعتماده على جودة القطعة. فمع الزيت النظيف والهواء النظيف والشد الصحيح ونظام خالٍ من التسربات تعمل المجموعة سنوات طويلة دون مشكلات؛ أما إذا اختل أحد هذه العناصر فإن العمر يقصر بسرعة. ولأن الضاغط في المركبة التجارية الثقيلة يدور مع كل دورة للمحرك، فإن الطريقة الوحيدة لاستخدامه «دون إرهاقه» هي تقليل مرات التشغيل غير الضرورية.

- **الانضباط في زيت المحرك:** يستخدم الضاغط زيت المحرك في معظم التطبيقات، وإطالة فترة تغيير الزيت تقصر عمر محامل عمود المرفق مباشرة. التزم بالفترة التي تحددها الشركة المصنعة وبالمواصفة الصحيحة.
- **خرطوشة مجفف الهواء:** تستبدل عادة مرة في السنة أو وفق فترة الكيلومترات المحددة في دليل المركبة. فالرطوبة أخفى أعداء النظام والضاغط.
- **فلتر السحب وخطه:** الفلتر المسدود يجعل الضاغط يعمل تحت تخلخل ويزيد سحب الزيت. افحصه مع فلتر هواء المحرك.
- **تعقب التسربات:** ابحث مرة في الشهر عن التسربات في حجرات الفرامل والصمامات والوصلات بالماء والصابون. فالضاغط الذي يعمل باستمرار = عمر قصير.
- **السير والمحاذاة:** في الأنواع المدارة بالبكرة افحص حالة السير وشده دوريًا؛ واستبدل السير المتشقق أو اللامع دون انتظار.
- **تصريف الخزانات:** صرف الماء بانتظام من صمامات التصريف أسفل الخزانات؛ فمع ارتداد الماء إلى النظام يبدأ التآكل.
- **مراقبة الصوت:** لا تؤجل التعامل مع أصوات طرق أو طنين يظهر حديثًا. فخلوص المحمل الذي يكتشف مبكرًا يعالج بالإصلاح الشامل؛ أما إذا أجل فيتلف العمود والجسم معًا.
- **المراقبة بعد الإصلاح الشامل:** يجب خلال المئات الأولى من الكيلومترات التي تلي التركيب (نحو 500–1,000 كم عمليًا) فحص الإحكام وعزم الربط، ثم إعادة قياس رجوع الزيت وزمن ارتفاع الضغط في أول صيانة. ويرجع جزء كبير من عيوب التركيب المتكررة في الملاحظات الميدانية لدى VADEN إلى إهمال هذا الفحص المبكر.

باختصار: مجموعة عمود المرفق ليست قطعة «تركب وتنسى». فكل استبدال يجرى دون إزالة الظروف المسببة للعطل (الزيت الملوث، والرطوبة، والتسرب، والشد الخاطئ) ليس إلا تكرارًا مؤجلًا للعطل نفسه. أما ثلاثية التشخيص الصحيح + التركيب وفق الأصول + الصيانة المنتظمة فتجعل الضاغط عنصرًا موثوقًا طوال عمر المركبة.

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