VADEN®
ORIGINAL

دليل تقني

الإصلاح الشامل لضاغط هواء الفرامل (كمبروسر): أعراض الأعطال والاستبدال والصيانة

قبل استبدال ضاغط هواء الشاحنة بالكامل لأنه لا يضخ الهواء، افحص المجموعة العلوية: فالسبب غالبًا صفيحة صمامات أصابها الكلال ورأس أسطوانة متفحم لا الجسم.

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

من أكثر العبارات التي نسمعها في الميدان: «الضاغط لا يضخ الهواء، فلنستبدله بالكامل». غير أن معظم ضواغط الهواء في المركبات التجارية الثقيلة تفقد أداءها لأن المجموعة العلوية وحدها قد أصابها الكلال، بينما يظل الجسم ومجموعة عمود المرفق سليمين. فرقائق الصمامات على صفيحة الصمامات تتعرض للكلال، وتتراكم رواسب الكربون في مجاري الهواء داخل رأس الأسطوانة، وتبدأ حشية الرأس في تسريب الضغط. وفي هذه الحالة يكون التخلص من الضاغط بالكامل مكلفًا وغير ضروري في آن واحد. أما طقم الإصلاح الشامل المختار بناءً على تشخيص صحيح — رأس الأسطوانة وصفيحة الصمامات وطقم الحشيات — فيمكنه أن يعيد الضاغط إلى أداء تعبئة قريب من أدائه عندما كان جديدًا. ويشرح هذا الدليل متى يكون قرار الإصلاح الشامل صائبًا ومتى يكون خاطئًا، وإلام يشير كل عرض، وفي أي مراحل التركيب تقع الأخطاء.

حول هذا الدليل: أعده الفريق الفني في VADEN ORIGINAL استنادًا إلى الخبرة الميدانية والتصنيعية في أنظمة الهواء للمركبات التجارية الثقيلة. وقيم عزم الربط والضغط ودرجات الحرارة الواردة هنا **نطاقات مرجعية نموذجية**؛ ويجب في التطبيق اعتماد أحدث دليل خدمة صادر عن الشركة المصنعة للمركبة والضاغط. **آخر تحديث: سبتمبر 2026.** وتصمم أنظمة الفرامل الهوائية في المركبات التجارية الثقيلة وفق اللائحة ECE R13 (لائحة الفرامل الصادرة عن الأمم المتحدة والاتحاد الأوروبي) والمعيار ISO 611.

ما هو الإصلاح الشامل لضاغط الهواء (رأس الأسطوانة/صفيحة الصمامات/الحشيات)؟ وظيفته ومبدأ عمله

الإصلاح الشامل لضاغط الهواء هو تجديد المجموعة العلوية المولدة للضغط في ضاغط الهواء بالمركبة التجارية الثقيلة — أي رأس الأسطوانة وصفيحة الصمامات وطقم الحشيات — دون استبدال الضاغط بالكامل، بهدف استعادة أداء التعبئة.

في ضاغط الهواء ذي المكبس يتلخص العمل فعليًا في سطحين: الحجم الذي يمسحه المكبس في شوطه، وصفيحة الصمامات التي يتنفس من خلالها هذا الحجم. يتلقى عمود المرفق الحركة من المحرك (في معظم التطبيقات من ترس التوقيت أو عبر سير أو قارنة)، وعندما ينزل المكبس يفتح التخلخل المتكون داخل الأسطوانة رقيقة السحب على صفيحة الصمامات فيسحب الهواء. وعندما يصعد المكبس تنغلق رقيقة السحب، وحين يبلغ الهواء المضغوط ضغطًا معينًا تنفتح رقيقة الطرد، فيرسل الهواء عبر قناة الخروج في رأس الأسطوانة إلى المجفف (مجموعة مجفف الهواء ومنظم الضغط). ويتولى الرأس أيضًا مهمة التبريد: ففي الأنواع المبردة بالماء تمر دائرة تبريد المحرك داخل الرأس، أما في الأنواع المبردة بالهواء فتتولى الزعانف تبديد الحرارة.

وتتكرر هذه الدورة آلاف المرات في الدقيقة حتى في وضع الخمول. ولذلك تتعرض رقائق الصمامات لكلال الفولاذ، ويتعرض سطح الرأس للإجهاد الحراري، وتتعرض الحشيات للدورات الحرارية المتكررة. و«شيخوخة» الضاغط لا تبدأ في أغلب الأحيان من عمود المرفق أو الجسم، بل من هذه القطع الثلاث تحديدًا — ومن هنا يأتي منطق طقم الإصلاح الشامل.

- **رأس الأسطوانة:** يحمل مجاري السحب والطرد، وقميص التبريد أو زعانفه، ووصلات منافذ آلية التفريغ إن وجدت. وقد يكون مصنوعًا من الألومنيوم أو من الحديد الزهر.
- **صفيحة الصمامات:** أهم قطعة ديناميكية في الضاغط، وتضم رقائق السحب والطرد وأسطح ارتكاز الرقائق ومحددات حركتها.
- **طقم الحشيات:** حشية الرأس، وحشية صفيحة الصمامات، والحشيات الوسيطة، ومجموعة الحلقات الدائرية (O-ring) ومانعات التسرب عند الحاجة. وتؤثر سماكاتها تأثيرًا مباشرًا في الحجم الميت، ومن ثم في الكفاءة.
- **رقائق الصمامات ونوابضها:** تأتي عادة ضمن طقم واحد مع صفيحة الصمامات، ولا ينصح باستبدالها منفردة.
- **مسامير التثبيت الملولبة:** يجب فحص المسامير التي استطالت أو ظهر ترقق في ساقها أثناء الإصلاح الشامل.

الفرق بين الضواغط الأحادية الأسطوانة والثنائية الأسطوانات

تنتشر الضواغط الأحادية الأسطوانة في الشاحنات والحافلات من الفئة المتوسطة، أما الضواغط الثنائية الأسطوانات فتنتشر في رؤوس القاطرات ذات الاستهلاك المرتفع للهواء، والحافلات المفصلية، والمركبات المتعددة المحاور. وفي الأنواع الثنائية الأسطوانات تضم صفيحة الصمامات مجموعتي رقائق مستقلتين للأسطوانتين؛ فإذا أصاب الكلال رقائق أحد الجانبين لا

يتوقف الضاغط تمامًا، بل يطول زمن الملء بشكل واضح فقط. وهذا يؤدي إلى تأخر اكتشاف العطل وإلى تعرض النظام مدة أطول لهواء رطب أو محمل بالزيت.

مجموعات الرأس المبردة بالماء والمبردة بالهواء

في الرؤوس المبردة بالهواء تبدد الزعانف الحرارة إلى الوسط المحيط، وتتغير حرارة الضاغط بدرجة أكبر تبعًا لظروف البيئة والحمل. أما في الرؤوس المبردة بالماء فيدور سائل تبريد المحرك داخل الرأس، وتبقى حرارة هواء الخروج أكثر استقرارًا. والنقطة الحرجة في الإصلاح الشامل هي: **إذا ركبت الحشية بشكل خاطئ في الرؤوس المبردة بالماء فقد يختلط سائل التبريد بدائرة الهواء المضغوط.** فإذا ظهرت رائحة سائل مانع التجمد أو مستحلب بشكل غير متوقع في المجفف وخزانات الهواء، فإن خط حشية الرأس والصفيحة من أول المواضع التي يشتبه فيها.

بنية آلية التفريغ وتوفير الطاقة

تحتوي معظم الضواغط الحديثة على آلية تفريغ تجعل الضاغط يدور دون تحميل عندما يبلغ نظام الهواء ضغط القطع. وفي بعض الأنواع تكون هذه الآلية داخل رأس الأسطوانة مباشرة (إذ تبقي مكابس هوائية في الرأس رقيقة السحب مفتوحة). وعند إجراء الإصلاح الشامل للرأس في ضاغط بهذه البنية يجب فحص حالة مكابس التفريغ والنوابض والحلقات الدائرية؛ وإلا فقد يظهر على الضاغط سلوك «يضخ باستمرار» أو «لا يضخ إطلاقًا».

الاستخدام / التطبيق	البنية النموذجية للضاغط	سياق نظام OE	النقطة البارزة في الإصلاح الشامل
شاحنات الفئة المتوسطة ومركبات التوزيع	أحادي الأسطوانة، مبرد بالهواء	وحدة معالجة الهواء من نوع Knorr-Bremse / Wabco (المنضوية اليوم تحت مظلة ZF)	تنظيف الزعانف واستواء سطح الرأس
رأس قاطرة للمسافات الطويلة (استهلاك مرتفع)	ثنائي الأسطوانات، مبرد بالماء	أنظمة مكافئة لأنظمة Knorr وBendix، مع مجفف هواء خارجي	تجديد مجموعتي الرقائق كلتيهما في آن واحد
حافلات النقل داخل المدن (استهلاك الهواء في الأبواب ونظام التعليق)	ثنائي الأسطوانات، مزود بآلية تفريغ	سياق ناقل حركة Voith / ZF ومجموعة فرامل من نوع Knorr	مكابس التفريغ وطقم الحلقات الدائرية
مركبات الإنشاءات والحفريات (بيئة مغبرة)	أحادي الأسطوانة أو ثنائي الأسطوانات	سحب الهواء عبر فلتر هواء المحرك	تآكل مسار السحب ورقيقة السحب
رأس متصل بنظام التبريد	مجموعة رأس مبردة بالماء	دائرة تبريد مكافئة لأنظمة Mahle وBehr	حشية ممر الماء وفحص الإحكام

التحقق من رقم القطعة ضروري: حتى في المركبات ذات المحرك نفسه والطراز نفسه، قد تختلف هندسة الرأس وصفيحة الصمامات وسماكات الحشيات بحسب سنة الإنتاج والشركة المصنعة للضاغط ونوع التبريد. وقبل الطلب تحقق معًا من **رقم الشركة المصنعة الموجود على جسم الضاغط**، ورقم شاسيه المركبة، ونوع تبريد الرأس الحالي. فحتى لو بدت فتحات الرأس متطابقة، فإن الضاغط لن يضخ الهواء إذا اختلفت هندسة منافذ صفيحة الصمامات.

أعراض الأعطال والتشخيص

تصل جميع أعطال المجموعة العلوية للضاغط تقريبًا إلى الورشة بشكوى «الهواء يمتلئ ببطء». غير أن وراء الشكوى نفسها قد يكون المجفف أو منظم الضغط أو أحد الخراطيم أو تسرب في النظام. ولذلك فإن الترتيب مهم في التشخيص: استبعد أولًا تسرب النظام، ثم افحص الضاغط.

العرض	السبب المحتمل	الفحص / التحقق
زمن ملء الهواء أطول بوضوح، ومصباح التحذير ينطفئ متأخرًا	كلال رقائق صفيحة الصمامات أو كسرها، أو تسرب داخلي من حشية الرأس	بعد استبعاد تسرب النظام، قس زمن الملء من خزان فارغ حتى ضغط القطع وقارنه بالمرجع الوارد في دليل الخدمة

العرض	السبب المحتمل	الفحص / التحقق
الضاغط يعمل باستمرار ولا يبلغ ضغط القطع أبدًا	رقيقة الطرد لا تنغلق تمامًا، أو آلية التفريغ عالقة، أو تسرب كبير في النظام	أغلق مخرج منظم الضغط واختبر الضاغط منفردًا؛ وافحص ضغط التحكم في خط آلية التفريغ
خروج زيت مفرط من خزانات الهواء والمجفف، وماء مختلط بالزيت من صمام التصريف	انتقال الزيت الناتج عن تآكل حلقات المكبس أو الأسطوانة أو عن السخونة الزائدة؛ أو فقدان الإحكام في المجموعة العلوية	افحص خرطوشة المجفف وصمام تصريف الخزان؛ فإذا كانت كمية الزيت كبيرة جدًا فقد لا تقتصر المشكلة على المجموعة العلوية — فقم بتقييم المجموعة السفلية أيضًا
سخونة زائدة في أنبوب أو خرطوم خروج الضاغط، مع اسوداد الطلاء	ترسب الكربون في قناة الطرد، أو التشغيل المستمر تحت الحمل، أو قصور التبريد	قس حرارة خط الخروج بمقياس حرارة لا تلامسي؛ وافحص انسداد القناة من الخارج قبل فك قناة الرأس
صوت طقطقة أو أصوات طرق معدنية من الضاغط	قطعة رقيقة مكسورة، أو مسمار رأس مرتخٍ، أو تلف في محدد حركة الرقائق	فك الرأس وافحص سطح الصفيحة ورقائق الصمامات بالعين؛ فقد تكون القطعة المكسورة قد انتقلت إلى الأسطوانة
تسرب هواء أو صوت صفير من محيط الرأس	حشية الرأس منضغطة، أو السطح يسرب بسبب ترتيب شد خاطئ	افحص محيط الرأس بالماء والصابون أثناء التشغيل؛ فإذا وجد تسرب فيجب معالجة الحشية واستواء السطح معًا
انخفاض مستوى سائل التبريد، وآثار سائل مانع التجمد في دائرة الهواء	تلف حشية ممر الماء في الرأس المبرد بالماء	أخضع دائرة التبريد لاختبار الضغط؛ وابحث عن مستحلب فيما يصرف من خزان الهواء والمجفف
نفخ الهواء أو ارتداده من منطقة السحب أثناء دوران المحرك في وضع الخمول	رقيقة السحب لا تنغلق أو سطح ارتكازها تالف	فك خط السحب (الفلتر/خرطوم السحب) وتحقق من وجود نفخ عكسي

استبعد تسرب النظام أولًا

يرفع ضغط نظام الهواء إلى ضغط القطع، ثم يوقف المحرك، ويراقب انخفاض الضغط خلال مدة محددة دون الضغط على دواسة الفرامل. ويختلف مقدار الانخفاض المقبول بحسب الشركة المصنعة للمركبة؛ لكن إذا كان الفرق واضحًا فالمشكلة ليست في الضاغط بل في الدائرة. وقبل فحص المجموعة العلوية للضاغط يجب استبعاد حجرات الفرامل والنوابض الهوائية، وأسطوانات الأبواب، وخط فرامل الركن، ووصلات المقطورة.

قياس زمن الملء: الاختبار الأكثر موضوعية

بعد تفريغ الخزانات تفريغًا كاملًا يثبت المحرك على سرعة دوران معينة، ويقاس بساعة إيقاف الزمن الذي يستغرقه النظام للوصول إلى ضغط القطع. وإذا كانت هذه القيمة أطول بوضوح من المرجع الوارد في دليل الخدمة، فهذا أقوى مؤشر على فقدان أداء المجموعة العلوية. وكرر القياس دائمًا في الظروف نفسها (سرعة الدوران نفسها ودرجة الحرارة المحيطة نفسها).

الإصلاح الشامل أم الاستبدال الكامل؟

يتخذ القرار بناءً على التمييز التالي: إذا كانت المشكلة ناتجة عن **الإحكام والصمامات** فإن طقم الإصلاح الشامل هو الحل الصحيح. أما إذا كانت المشكلة **خلوص محامل عمود المرفق أو تآكل الأسطوانة أو الاستهلاك المفرط للزيت أو تشقق الجسم**، فإن الإصلاح الشامل لا يوفر إلا ارتياحًا مؤقتًا وتعود المشكلة خلال وقت قصير. وإذا وجدت عند فك الرأس خدوشًا واضحة في جدار الأسطوانة، أو تلفًا دائمًا في تاج المكبس، أو خلوصًا محسوسًا في عمود المرفق، فالجواب الصادق هو الاستبدال الكامل. وتركيب طقم الإصلاح الشامل رغم هذه الصورة يعني أن تجعل العميل يدفع مرتين.

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 موقع 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 بدء العمل **فرّغ نظام الهواء تفريغًا كاملًا** (بما في ذلك جميع الخزانات والمجفف) — ففك الرأس في نظام واقع تحت الضغط يؤدي إلى إصابات خطيرة. ويجب تثبيت المركبة، ووضع مصدات العجلات، وفصل قطب البطارية. ويبقى الضاغط وخط الخروج **ساخنين جدًا** مدة طويلة بعد التشغيل؛ فانتظر حتى يبردا. وفي الأنواع المبردة بالماء يجب أن تكون دائرة التبريد أيضًا خالية من الضغط وباردة. وارتداء النظارات الواقية والقفازات المقاومة للقطع وأحذية السلامة إلزامي.

1. **فرّغ النظام وأمّن المركبة:** صرّف جميع خزانات الهواء عبر صمامات التصريف، وتحقق من أن مقياس الضغط يشير إلى الصفر. وضع مصدات العجلات، وافصل توصيل البطارية. وإذا كان الرأس مبردًا بالماء فأزل ضغط دائرة التبريد أيضًا.

2. **نظف منطقة العمل:** أزل الغبار والزيت والأوساخ المحيطة بالضاغط قبل فك الرأس. فذرة غبار واحدة أو قطعة حشية واحدة تسقط في الأسطوانة قد تتلف صفيحة الصمامات الجديدة عند التشغيل الأول.

3. **ضع علامات على الوصلات ثم فكها:** قبل فك خرطوم السحب وأنبوب الطرد وخط تحكم آلية التفريغ وخراطيم الماء (إن وجدت)، ضع عليها بطاقات تعريف أو التقط لها صورًا. وأغلق جميع المنافذ المفتوحة بسدادات.

4. **فك رأس الأسطوانة بالترتيب الصحيح:** أرخ مسامير الرأس **من المركز نحو الخارج، بترتيب متقاطع وعلى مراحل**. فالإرخاء الكامل دفعة واحدة قد يؤدي إلى التواء الرأس. ولا تستعمل مفك البراغي عتلةً لخلع الرأس؛ فذلك يتلف الأسطح تلفًا دائمًا.

5. **انزع صفيحة الصمامات والحشيات:** عند فك الصفيحة سجل دائمًا أي وجه كان متجهًا إلى الأعلى — فمعظم الصفائح ذات هندسة تسمح بتركيبها مقلوبة، وإذا ركبت مقلوبة فلن يضخ الضاغط الهواء إطلاقًا. وتأكد من إزالة جميع الحشيات القديمة بالكامل.

6. **افحص الأسطح ونظفها:** أزل رواسب الكربون من أسطح الرأس والجسم بمكشطة لينة ومنظف مناسب. **لا تستخدم ورق الصنفرة أو التجليخ**؛ فذلك يفسد استواء السطح وتنتقل بقايا المواد الكاشطة إلى الأسطوانة. وافحص استواء السطح بمسطرة استقامة ومقياس الخلوص (فيلر).

7. **افحص الأسطوانة والمكبس (نقطة القرار):** إذا وجدت تلفًا في تاج المكبس، أو خدوشًا عميقة في جدار الأسطوانة، أو كسرًا في حلقات المكبس، أو تراكمًا مفرطًا للزيت، فتوقف وأعد تقييم قرار الإصلاح الشامل. فإذا ظهرت هذه الصورة فلن يكون الإصلاح الشامل للمجموعة العلوية حلًا دائمًا.

8. **ركب الحشيات الجديدة جافة وفي الاتجاه الصحيح:** ما لم ينص على خلاف ذلك، **لا تضع معجون الإحكام السائل أو السيليكون** على حشيات رأس الضاغط وصفيحة الصمامات. ويجب أن تتطابق الثقوب في الحشيات تمامًا مع هندسة المنافذ؛ فانسداد ثقب زيت أو تبريد واحد يحرق الضاغط خلال وقت قصير.

9. **ركب صفيحة الصمامات والرأس في موضعهما:** ثبت الصفيحة على دبابيس التوجيه، وتأكد من أن الرقائق تتحرك بحرية. وأنزل الرأس مستويًا دون أن تزلقه جانبًا — فإذا انزلقت الحشية اختلت محاذاة المنافذ.

10. **اربط المسامير وفق ترتيب عزم الربط:** ركب المسامير أولًا باليد، ثم اربطها **من المركز نحو الخارج بترتيب متقاطع، وعلى مرحلتين أو ثلاث مراحل على الأقل** حتى تبلغ قيمة عزم الربط التي تحددها الشركة المصنعة. فتطبيق العزم الكامل في خطوة واحدة يؤدي إلى التواء الرأس، وتبدأ الحشية الجديدة بالتسريب من اليوم الأول.

11. **أكمل الوصلات واختبر:** ركب خطوط السحب والطرد والتحكم والماء. شغل المحرك واملأ النظام؛ ثم قس زمن الوصول إلى ضغط القطع، وأخضع محيط الرأس لاختبار التسرب بالماء والصابون. وفي الأنواع المبردة بالماء افحص مستوى سائل التبريد وأي علامات على اختلاط السوائل. وراجع تعليمات الشركة المصنعة بشأن فحص عزم الربط على البارد بعد تشغيل قصير.

نقاط يجب الانتباه إليها (الأخطاء الشائعة)

أكثر ثلاثة أخطاء كلفة: (1) تركيب صفيحة الصمامات مقلوبة — فلا يضخ الضاغط الهواء إطلاقًا أو تنكسر الرقائق فورًا. (2) وضع السيليكون أو معجون الإحكام السائل على الحشيات — فينتقل السيليكون الزائد إلى القنوات ويسد المجفف والصمامات. (3) ربط مسامير الرأس دون مراعاة عزم الربط والترتيب — فيلتوي الرأس ويعود التسرب خلال بضعة أيام.

تركيب الطقم دون النظر في السبب الجذري: السبب الحقيقي لاحتراق الضاغط كثيرًا ما لا يكون الضاغط نفسه — بل تسرب في النظام يجبره على العمل المستمر تحت الحمل، أو فلتر سحب مسدود، أو خرطوشة مجفف هواء مشبعة، أو منظم ضغط معطل. وطقم الإصلاح الشامل الذي يركب دون إصلاح التسرب يصل إلى الحالة نفسها خلال المدة نفسها التي استغرقها الطقم القديم.

- **التركيب في بيئة غير نظيفة:** قطعة صغيرة واحدة من الحشية تسقط في الأسطوانة قد تتلف الصفيحة الجديدة في الدقائق الأولى. وعندما يكون الرأس مفكوكًا غط فوهة الأسطوانة بقطعة قماش نظيفة.
- **إعادة استخدام الحشية القديمة:** الحشية التي انضغطت مرة لا توفر الإحكام نفسه عند الربط الثاني. وطقم الحشيات يستخدم مرة واحدة فقط.
- **«تصحيح» السطح بورق الصنفرة:** إذا كان سطح الرأس خارج حدود تفاوت الاستواء فالحل ليس الصنفرة بل استبدال الرأس.
- **إعادة استخدام مسمار أصابه الكلال:** المسمار الذي استطال أو تلفت أسنانه لا يحافظ على عزم الربط الصحيح؛ فاستبدله إذا حددت الشركة المصنعة حدًا لإعادة الاستخدام.
- **تجاهل مجفف الهواء:** إذا أجريت الإصلاح الشامل للضاغط وتركت خرطوشة المجفف المشبعة في مكانها، يستمر انتقال الرطوبة إلى النظام وتتضرر الصمامات من جديد.
- **إهمال مسار السحب:** في المركبات العاملة في بيئات مغبرة، يؤدي خط السحب المسدود أو المثقوب إلى تآكل رقيقة السحب خلال وقت قصير.
- **عدم فحص جانب الإدارة:** يسبب الخلوص في الترس أو تآكل القارنة أو خلل شد السير اهتزازًا في الضاغط وتلفًا مبكرًا.
- **التسليم دون اختبار:** لا يعد الإصلاح الشامل «مكتملًا» ما لم يقس زمن الملء؛ فأثبت بالأرقام أن الأداء قد عاد.

القيم الفنية ونقاط الفحص

تمثل الجداول التالية نطاقات **مرجعية نموذجية / عامة** في أنظمة الهواء بالمركبات التجارية الثقيلة. وهي تختلف بحسب الشركة المصنعة للمركبة والضاغط؛ والمرجع في القيمة الدقيقة هو دليل الخدمة المعني.

المعامل	النطاق المرجعي النموذجي	الشرح / ملاحظة
ضغط القطع في النظام (ضغط القطع لمنظم الضغط)	حوالي 8.0 – 12.5 bar (≈115 – 180 psi)	يختلف بحسب المركبة وبنية نظام الفرامل؛ ويضبط في منظم الضغط
الفرق بين ضغط القطع وضغط إعادة التحميل (الهسترة)	حوالي 0.6 – 1.5 bar	قد يشير التضيق الكبير لهذا الفرق إلى مشكلة في منظم الضغط
حرارة هواء خروج الضاغط (تحت الحمل)	حوالي 130 – 200 °C	القيم المرتفعة باستمرار تسرع ترسب الكربون وتلف الصمامات
انخفاض الضغط بعد إيقاف المحرك	المرجع هو تفاوت الشركة المصنعة — وعادة ما يكون الانخفاض ضئيلًا يمكن إهماله على مدى عدة دقائق	إذا كان الانخفاض واضحًا فالمشكلة ليست في الضاغط بل في تسرب النظام
زمن الملء من خزان فارغ حتى ضغط القطع	القيمة المرجعية الواردة في دليل الخدمة	تجاوز المرجع بشكل واضح هو المؤشر الرئيسي على كلال المجموعة العلوية
استواء سطح الرأس / الجسم	تفاوت الشركة المصنعة — وهو عادة ضيق جدًا في حدود أعشار المليمتر	يفحص بمقياس الخلوص (فيلر)؛ وإذا كان خارج التفاوت يستبدل الرأس
درجة حرارة تشغيل سائل التبريد (رأس مبرد بالماء)	حوالي 80 – 95 °C	مشتركة مع دائرة تبريد المحرك؛ والقيم المرتفعة ترهق الضاغط أيضًا

الوصلة	النطاق النموذجي لعزم الربط	ملاحظة التطبيق
مسامير رأس الأسطوانة	في حدود 20 – 45 Nm تقريبًا (يختلف بحسب النوع)	بترتيب متقاطع من المركز نحو الخارج، وعلى 2–3 مراحل؛ والقيمة الدقيقة من دليل الخدمة
وصلات صفيحة الصمامات / الصفيحة الوسيطة	في حدود 15 – 30 Nm تقريبًا	الربط المفرط يلوي الصفيحة ويخل بارتكاز الرقائق
وصلة أنبوب الطرد	في حدود 25 – 50 Nm تقريبًا	يجب أن يستقر الأنبوب دون إجهاد؛ فالأنبوب المجبر على وضعه يتشقق
خرطوم الماء / وصلات التبريد	قيمة الشركة المصنعة	الربط المفرط يتلف أسنان اللولب في الرأس المصنوع من الألومنيوم

ملاحظة صريحة بشأن عزم الربط: تختلف قيم عزم ربط رأس الضاغط اختلافًا كبيرًا بحسب الشركة المصنعة ومادة الرأس (ألومنيوم/حديد زهر) وطول المسمار ونوع الحشية. والنطاقات الواردة أعلاه تهدف فقط إلى إعطاء فكرة عن الحجم التقريبي. **استخدم مفتاح عزم معايرًا، وتحقق دائمًا من القيمة في دليل الخدمة المعني** — فنهج «الشد باليد يكفي» هو السبب الأكثر شيوعًا لعودة المركبات إلى الورشة بعد الإصلاح الشامل للرأس.

- هل اجتاز محيط الرأس اختبار التسرب بالماء والصابون؟
- هل قيس زمن الملء وقورن بالقيمة المرجعية؟
- هل تم التحقق من ضغطي القطع وإعادة التحميل على مقياس الضغط؟
- هل تم تقييم حالة خرطوشة مجفف الهواء وصمام التصريف؟
- هل تم فحص إحكام خط السحب والفلتر والخرطوم؟
- هل تم فحص مستوى سائل التبريد وعلامات اختلاط السوائل في النوع المبرد بالماء؟
- هل تم فحص الخلوص والشد في مجموعة الإدارة (الترس/القارنة/السير)؟
- هل يحتوي ما يصرف من صمامات تصريف الخزانات على زيت أو مستحلب بكميات مفرطة؟
- هل حرارة خط الخروج تحت الحمل ضمن نطاق معقول؟

الصيانة والعمر الافتراضي

ما يحدد عمر ضاغط الهواء ليس عدد الكيلومترات، بل **المدة التي يقضيها تحت الحمل**. فالضاغط الذي يغذي تسربًا مستمرًا يواصل الضخ حتى في الأوقات التي يفترض أن يدور فيها دون تحميل؛ فترتفع الحرارة، ويتفحم الزيت، وتصاب رقائق الصمامات بالكلال قبل أوانها بكثير. ولذلك فإن أنجع صيانة للضاغط هي في الواقع الصيانة التي تجرى خارج الضاغط: سد تسربات النظام، واستبدال خرطوشة المجفف في موعدها، والحفاظ على نظافة مسار السحب.

- **خرطوشة مجفف الهواء:** استبدلها في الفترة التي تحددها الشركة المصنعة (عادة سنويًا أو ضمن فاصل محدد من الكيلومترات أو ساعات التشغيل). فالخرطوشة المشبعة تنقل الرطوبة مباشرة إلى الصمامات والخزانات.
- **صمامات تصريف الخزانات:** صرّف الخزانات بانتظام وانظر إلى ما يخرج منها — فالماء الصافي قريب من الوضع الطبيعي، أما الزيت الكثيف والمستحلب فهما إنذار.
- **خط السحب:** افحص سلامة الفلتر والخرطوم دوريًا، وبوتيرة أعلى في المركبات العاملة في بيئات مغبرة.
- **زيت المحرك وفترة تغييره:** يزيت الضاغط في معظم التطبيقات بزيت المحرك؛ لذا فإن تأخير تغيير الزيت ينعكس مباشرة على الضاغط.
- **دائرة التبريد:** إذا انخفض أداء التبريد في الرؤوس المبردة بالماء ترتفع حرارة الضاغط؛ فصيانة المبرد (رديتر) ومنظم الحرارة (ثرموستات) جزء من صيانة الضاغط.
- **الكشف عن تسربات النظام:** أجر اختبار انخفاض الضغط في الصيانة الدورية — فهذا الاختبار وحده هو الإجراء الذي يطيل عمر الضاغط أكثر من أي إجراء آخر.
- **أنبوب الخروج:** افحصه من حيث رواسب الكربون والتضيق؛ فخط الخروج المسدود يذهب بجدوى الإصلاح الشامل.

إن الإصلاح الشامل للمجموعة العلوية المبني على تشخيص صحيح والمنفذ بتركيب نظيف يجعل الضاغط يعمل مدة طويلة دون مشكلات. لكن الإصلاح الشامل ليس «إعادة ضبط إلى الصفر»: فإذا كانت المجموعة السفلية للضاغط (عمود المرفق والمحامل والأسطوانة وحلقات المكبس) قد أصابها الكلال، فإن تجديد المجموعة العلوية لا يمنحك سوى بعض الوقت. والنهج الصادق هو أن تفتح الرأس وتقرر بناءً على الصورة التي تراها — فالإصلاح الشامل حين يكون مناسبًا حل اقتصادي ودائم، وحين لا يكون مناسبًا فهو طريقة مكلفة لتأجيل الاستبدال الكامل.

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