VADEN®
ORIGINAL

دليل تقني

أنبوب سحب الهواء وأنبوب مدخل العادم للشاحن التوربيني (تيربو): أعراض الأعطال والاستبدال والصيانة

في الشاحنات يسحب شق صغير في جانب السحب غبارًا غير مفلتر إلى ريش الشاحن التوربيني، ويسبب تسرب العادم فقدان القدرة. دليل للتمييز والاستبدال.

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

إذا صدر صوت يشبه الصفير من منطقة الشاحن التوربيني في رأس قاطرة، ولم تعد المركبة تنطلق كما كانت عند الضغط على دواسة الوقود، وظهرت بقع سخام تحت غطاء المحرك، فإن الشاحن التوربيني يكون في أغلب الأحيان أول المتهمين. غير أن ما يظهر خلف هذه الصورة في الميدان كثيرًا هو أحد الأنابيب المتصلة بالشاحن التوربيني: فإما أن أنبوب سحب الهواء في جانب الضاغط يسرب الهواء، وإما أن أنبوب مدخل العادم في جانب التوربين قد تشقق أو احترقت حشيته أو التوت شفته. فالشاحن التوربيني قطعة باهظة الثمن؛ أما الأنبوب الداخل إليه والخارج منه فرخيص نسبيًا، لكن عطله يعطي الأعراض نفسها تمامًا. ويتناول هذا الدليل، بلغة الميدان، مجموعة أنبوب سحب هواء الشاحن التوربيني وأنبوب مدخل العادم (مدخل الشاحن التوربيني) في المركبات التجارية الثقيلة: ما وظيفتها، وكيف تتعطل، وكيف تميز أعطالها، وكيف تستبدل بالشكل الصحيح، وكيف تطيل عمرها.

ملاحظة E-E-A-T: أعد الفريق الفني في VADEN هذه الوثيقة استنادًا إلى الخبرة الميدانية وخبرة التصنيع في منتجات خطوط الهواء والعادم للمركبات التجارية الثقيلة. والقيم الواردة هنا نطاقات مرجعية نموذجية، وتختلف حسب عائلة المحرك ونوع الأنبوب وسنة الإنتاج. وللحصول على القيم الدقيقة لعزم الربط والضغط ودرجة الحرارة، اعتمد دائمًا على أحدث دليل خدمة صادر عن الشركة المصنعة للمركبة أو المحرك. **آخر تحديث: سبتمبر 2026.**

يستند تحديد أبعاد المكونات إلى عائلة المعايير الدولية ذات الصلة (ISO/EN/DIN/SAE) وإلى مواصفات OE الخاصة بالشركة المصنعة.

ما هو أنبوب سحب هواء الشاحن التوربيني وأنبوب مدخل العادم؟ وظيفتهما ومبدأ عملهما

أنبوب سحب هواء الشاحن التوربيني عنصر توصيل ينقل الهواء النظيف القادم من فلتر الهواء إلى مدخل ضاغط الشاحن التوربيني دون تسرب، أما أنبوب مدخل العادم فهو أنبوب توصيل يعمل تحت الحرارة العالية والاهتزاز، وينقل الغاز الساخن الخارج من مشعب العادم إلى مدخل توربين الشاحن التوربيني.

ليس الشاحن التوربيني وحدة تعمل بمعزل عن غيرها، بل يعمل عند نقطة التقاء أربعة خطوط منفصلة. ففي جانب التوربين يدخل غاز العادم ويخرج، وفي جانب الضاغط يسحب الهواء النظيف ثم يدفع مضغوطًا إلى المبرد البيني. ويتصل كل خط من هذه الخطوط بأنبوبه الخاص. ويعمل الأنبوب في جانب السحب بضغط أقل قليلًا من الضغط الجوي، أي تحت تفريغ خفيف؛ ولذلك فإن أصغر فتحة فيه تسحب إلى الداخل هواءً غير مفلتر. أما أنبوب مدخل العادم ففي وضع معاكس تمامًا: ففي داخله غاز مضغوط شديد الحرارة، والتسرب إلى الخارج يعني فقدانًا في القدرة ووجود غاز ساخن وسخام تحت غطاء المحرك في آن واحد.

ويتعرض هذان الأنبوبان أيضًا لإجهادات ميكانيكية مختلفة. فأنبوب السحب يكون جسمه في الغالب من الفولاذ أو الألومنيوم أو المواد المركبة، وفي طرفيه وصلات بخرطوم ومشبك، ومشكلته في الغالب تشققات الكلال وارتخاء الوصلات. أما أنبوب مدخل العادم فيتعرض لدورات التمدد والانكماش الحراري: فهو بطول معين عندما يكون المحرك باردًا، ويستطيل بشكل واضح عند الحمل الكامل. لذلك يستخدم في كثير من التطبيقات النوع المزود بجزء مموج (وصلة تمدد)؛ إذ يمتص الجزء المموج التمدد وتأرجح المحرك بالنسبة إلى الشاسيه، فيحمي الشفات وجسم الشاحن التوربيني. ويبدأ عطل الأنابيب ذات الجزء المموج في أغلب الأحيان عندما يعجز هذا الجزء عن أداء وظيفته.

- **جسم الأنبوب:** من الفولاذ أو الألومنيوم في جانب السحب، ومن الفولاذ المقاوم للحرارة أو السبائك غير القابلة للصدأ في جانب العادم؛ وأي تضيق في المقطع يسبب فقدانًا مباشرًا في القدرة.
- **الشفات:** أسطح تثبت بمسامير ملولبة على مدخل الشاحن التوربيني وعلى المشعب؛ واستواؤها هو مفتاح الإحكام.
- **الجزء المموج / وصلة التمدد:** جزء مرن يستوعب التمدد الحراري والاهتزاز (لا يوجد في جميع الأنواع).
- **الحشية وعنصر الإحكام:** حشية معدنية أو جرافيتية في جانب العادم، وحلقة دائرية (O-ring) أو طوق خرطوم في جانب السحب.
- **الخرطوم والمشابك:** القطعة المصنوعة من السيليكون أو المطاط التي توفر الوصلة المرنة في خط السحب، وعناصر الشد الخاصة بها.

- **حوامل التثبيت:** دعامات تثبت الأنبوب على المحرك أو الشاسيه؛ والحامل المكسور يؤدي إلى تشقق الأنبوب خلال وقت قصير.
- **الحساس والمنافذ الإضافية:** تحتوي بعض الأنابيب على منفذ لتوصيل حساس درجة الحرارة أو الضغط أو خط EGR.

جانب الضاغط: أنبوب سحب هواء الشاحن التوربيني (مدخل الهواء)

وهو الجزء الواقع بين مخرج فلتر الهواء ومدخل ضاغط الشاحن التوربيني. والضغط هنا أقل من الضغط الجوي؛ ولذلك يكون التسرب إلى الداخل لا إلى الخارج. والنتيجة غير مرئية لكنها خطيرة: إذ يصل الغبار غير المفلتر مباشرة إلى ريش عجلة الضاغط، فيؤدي إلى تآكل أطرافها ويقضي على الشاحن التوربيني مبكرًا. فشق صغير في أنبوب السحب أو مشبك مرتخٍ يتحول على المدى الطويل إلى فاتورة شاحن توربيني جديد.

جانب التوربين: أنبوب مدخل العادم (مدخل الشاحن التوربيني)

وهو الجزء الواقع بين مشعب العادم ومدخل توربين الشاحن التوربيني. ويعمل تحت حرارة عالية وغاز مضغوط ودورات حرارية مستمرة. والتسرب هنا يسبب فقدانًا مباشرًا في القدرة والاستجابة، لأنه يحرم الشاحن التوربيني من جزء من الغاز الذي يدير التوربين؛ كما أن الغاز الساخن الخارج من نقطة التسرب يلحق الضرر بالخراطيم والكابلات ومانعات التسرب المجاورة. وفي بعض تطبيقات المركبات التجارية الثقيلة توجد على هذا الأنبوب أيضًا نقطة سحب لغازات EGR.

ولا يشير العثور على آثار زيت داخل الأنبوب في هذا الجزء دائمًا إلى الشاحن التوربيني؛ ولمعرفة احتمال انتقال الزيت القادم من تنفيس علبة المرفق يمكنك الرجوع إلى دليل فاصل الزيت.

وقد يأتي التسرب الذي تبحث عنه في هذا الجزء من النقطة التي يبدأ منها الخط بقدر ما يأتي من الأنبوب نفسه؛ ولمعرفة أعراض التسرب في جانب المشعب يمكنك الرجوع إلى دليل مشعب العادم.

الأنواع المزودة بجزء مموج (وصلة تمدد) ولماذا تعد ضرورية

يتأرجح المحرك على كراسيه المطاطية، في حين يثبت جزء من خط العادم بصورة أكثر صلابة. ولا بد من استيعاب فرق الحركة بينهما في موضع ما، وهذه هي مهمة الأنبوب المزود بجزء مموج. وعندما يصاب الجزء المموج بالكلال أو يتصلب بفعل السخام والتآكل، لا يعود قادرًا على امتصاص الحركة؛ فينتقل الإجهاد إلى مسامير الشفات ودرزات اللحام، وفي أسوأ الأحوال إلى جسم الشاحن التوربيني. وإذا ظهر على الجزء المموج تشوه مرئي أو أثر سخام أو تصلب، فيجب تقييم الأنبوب بالكامل.

نوع الأنبوب / موضعه	البنية النموذجية	ظروف التشغيل	نمط العطل الأبرز
أنبوب سحب هواء الشاحن التوربيني (الفلتر - الضاغط)	جسم من الفولاذ أو الألومنيوم + خرطوم ومشبك	تفريغ خفيف، وحرارة قريبة من حرارة الوسط المحيط	تشقق الخرطوم، ومشبك مرتخٍ، وسحب هواء غير مفلتر
أنبوب مدخل العادم (المشعب - التوربين)، النوع المستقيم	فولاذ مقاوم للحرارة، وشفة في كل طرف	حرارة عالية، وغاز مضغوط	التواء الشفة، واحتراق الحشية، وتشقق اللحام
أنبوب مدخل العادم، النوع المزود بجزء مموج	شفة + جزء مموج معدني (وصلة تمدد)	التمدد الحراري وتأرجح المحرك	كلال الجزء المموج، والتشقق، والتصلب
أنبوب مدخل الشاحن التوربيني المزود بمنفذ EGR	جسم يحتوي على شفة أو منفذ إضافي	غاز ساخن محمل بالسخام	انسداد منطقة المنفذ بالسخام، والتآكل
مخرج الضاغط / وصلة المبرد البيني (الخط المجاور)	أنبوب + خرطوم سيليكون	هواء ساخن مضغوط	تمزق الخرطوم وانزلاق المشبك، ويعطيان أعراضًا مشابهة

التحقق من رقم القطعة أمر لا بد منه. فحتى ضمن عائلة المحرك نفسها قد يختلف طول الأنبوب، والمسافة بين ثقوب الشفة، وزاوية الانحناء، ووجود الجزء المموج من عدمه، ومنفذ الحساس، وذلك حسب سنة الإنتاج أو مستوى الانبعاثات. وقبل الطلب قارن رقم OE المدون على القطعة المفكوكة، ورقم شاسيه المركبة أو رقم محركها، وهندسة الشفة. أما أسلوب «بدت مشابهة فركبناها بالقوة» فيرتد سريعًا في صورة تشقق جديد بسبب التركيب تحت الإجهاد.

أعراض الأعطال والتشخيص

يكاد عطل هذه المجموعة يخلط دائمًا بعطل الشاحن التوربيني. والترتيب الصحيح هو: تحقق أولًا من إحكام الخط، ثم افحص الشاحن التوربيني. ويلخص الجدول التالي الأعراض الأكثر شيوعًا في الميدان وطرق الفحص المميزة لكل منها.

الأعراض	السبب المحتمل	الفحص / التحقق
ضعف القدرة عند الضغط على دواسة الوقود، وعجز عن السحب على الطرق الصاعدة	تسرب في أنبوب مدخل العادم؛ إذ يضيع جزء من الغاز الذي يغذي التوربين	نظف محيط الشفة وشغل المحرك تحت الحمل؛ ثم ابحث بالمصباح عن أثر سخام حديث وعن نفث الغاز
صوت صفير أو هسهسة من منطقة الشاحن التوربيني	تشقق أنبوب السحب، أو ارتخاء المشبك، أو انفصال الخرطوم	افحص الوصلات يدويًا عند سرعة الخمول؛ ثم أغلق الخط وأجر اختبار تسرب بضغط منخفض
صوت نفث حاد يشبه الطقطقة من منطقة العادم	تسرب من حشية الشفة، أو ارتخاء مسمار ملولب أو فقدانه	افحص عزم ربط المسامير الملولبة؛ وابحث عن خط سخام داكن على امتداد الحشية
بقع سخام في حجرة المحرك، وأسطح مسودة	تسرب غاز ساخن؛ أو تشقق في الجزء المموج أو في درزة اللحام	نظف السطح، وبعد تجربة قيادة قصيرة حدد النقطة التي يتكون فيها الأثر من جديد
ارتفاع استهلاك الوقود ودخان أسود	نقص هواء الشحن: تقييد في السحب أو تسرب في الخط	اقرأ ضغط الشحن تحت الحمل؛ وافحص اتساخ فلتر الهواء ومقطع السحب
تعطل الشاحن التوربيني مجددًا خلال وقت قصير	دخول غبار غير مفلتر أو مواد غريبة من جانب السحب	افحص أطراف ريش الضاغط في الشاحن التوربيني المفكوك؛ وإذا وجدت تآكلًا فراجع خط السحب من أوله إلى آخره
مصباح العطل، أو رمز عطل في ضغط الشحن أو كتلة الهواء	انحراف بين القيمة المقيسة والقيمة المتوقعة بسبب التسرب	راقب قيم كتلة الهواء وضغط الشحن في البيانات الحية، وتحقق منها باختبار الخط
صوت تسرب واضح والمحرك بارد، يخف كلما ارتفعت حرارته	شق دقيق في جانب العادم ينغلق جزئيًا بفعل التمدد الحراري	حدد الموضع بالاستماع لحظة التشغيل على البارد؛ وافحص دون انتظار ارتفاع حرارة المحرك

اختبار التسرب: الطريقة التي تحسم الجدل

إن أكثر الطرق موثوقية لفحص خط السحب وخط الشحن هي إغلاق الخط بمهايئات مناسبة واختباره بضغط منخفض. وعند رش رغوة الصابون تكشف نقطة التسرب عن نفسها على الفور. ولا ترفع ضغط الاختبار فوق الحد الذي يسمح به الدليل؛ وإلا فقد تلحق الضرر حتى بخرطوم سليم. أما في جانب العادم فأكثر الطرق عملية هي تنظيف الأسطح جيدًا، ثم تتبع أثر السخام الحديث الذي يتكون بعد تشغيل المحرك تحت الحمل.

الأنبوب أم الشاحن التوربيني؟ منطق التمييز

يجب أن يكون الترتيب كالتالي: (1) حالة فلتر الهواء وتقييد السحب، (2) أنبوب السحب ووصلات الخراطيم، (3) حالة شفة أنبوب مدخل العادم وجزئه المموج، (4) قياس ضغط الشحن، (5) فحص خلوص عمود الشاحن التوربيني وريشه. فإذا كان الخلوص طبيعيًا عند فحص عمود الشاحن التوربيني يدويًا، وكانت الريش نظيفة ولا يوجد تسرب زيت، ومع ذلك تبقى القدرة ضعيفة، فإن الشك ينتقل إلى الأنابيب والوصلات. أما تخطي هذا الترتيب واستبدال الشاحن التوربيني مباشرة فكثيرًا ما ينتهي بعودة المركبة بالشكوى نفسها.

قراءة أثر السخام: نقطة التسرب تدل على نفسها

يترك تسرب العادم دليله بنفسه. فإذا وجد حول الشفة أثر رفيع داكن وجاف منتشر على شكل مروحة، فالغاز ينفث من هناك. أما إذا رأيت أثرًا رطبًا مختلطًا بالزيت فالمصدر مختلف: فهذه في الغالب علامة على مانع تسرب الشاحن التوربيني أو خط الزيت. والتمييز بين الأثر الجاف والأثر الزيتي هو أسرع طريق للوصول إلى القطعة الصحيحة.

قراءات إضافية

للاطلاع على ملخص فني مبسط لهذا الموضوع، راجع المقالة المرجعية على ويكيبيديا. وتحقق دائمًا من القيم والإجراءات المحددة بالرجوع إلى بيانات الخدمة الصادرة عن الشركة المصنعة للمركبة.

خطوات الاستبدال / التركيب

معدات الوقاية الشخصية والسلامة: تبقى منطقة العادم والشاحن التوربيني عند درجة حرارة عالية لمدة طويلة بعد توقف المحرك؛ لذا انتظر حتى يبرد المحرك تمامًا قبل بدء العمل. واستخدم قفازات مقاومة للحرارة ونظارات واقية وملابس عمل. واقطع التيار بمفتاح فصل البطارية، وإذا تطلب العمل إمالة الكابينة فتحقق من قفل الإمالة. وابتعد عن اللهب المكشوف عند استخدام رذاذ فك الصدأ على المسامير الملولبة العالقة. ويجب عدم استنشاق غبار السخام؛ فارتد كمامة غبار عند الحاجة. وأغلق جميع فتحات الهواء والعادم المفكوكة بسدادات فورًا؛ فصامولة واحدة أو قطعة حشية تسقط في مدخل الشاحن التوربيني تجعله غير صالح للاستخدام تمامًا.

1. **أكمل سجل التشخيص:** قبل اتخاذ قرار الاستبدال، سجل قياس ضغط الشحن ونتيجة اختبار التسرب وصورة نقطة التسرب؛ فهي ضرورية للمقارنة بعد التركيب.

2. **أمن المركبة:** يجب أن تكون على أرض مستوية، مع شد فرامل اليد، ووضع مصدات العجلات في مكانها، وفصل مفتاح البطارية، وأن يكون المحرك قد برد.

3. **افتح طريق الوصول:** إذا تطلب الأمر إمالة الكابينة أو فك غطاء أو واقٍ، فاتبع إجراء الشركة المصنعة. وافصل الخراطيم وحزم الأسلاك ومقابس الحساسات التي تعترض الطريق بعد وضع ملصقات تعريف عليها.

4. **ضع علامات على الموضع والاتجاه قبل الفك:** حدد بعلامات اتجاه الشفة وترتيب حوامل التثبيت وموضع الجزء المموج. فهذه الخطوة توفر وقتًا كبيرًا عند التركيب، ولا سيما في الأنابيب ذات الزوايا.

5. **فك المسامير الملولبة تدريجيًا وبالترتيب الصحيح:** قد تكون المسامير الملولبة في جانب العادم عالقة بسبب الدورات الحرارية؛ فرش عليها رذاذ فك الصدأ واتركه مدة كافية، وتحل بالصبر بدلًا من استخدام القوة. فالمسمار المكسور يضاعف حجم العمل أضعافًا.

6. **انزع الأنبوب وأغلق الفتحات بسدادات:** أغلق فورًا فتحة مدخل الشاحن التوربيني وفتحة المشعب وأطراف خط السحب. وإذا لم تتوفر سدادات فاستخدم مادة نظيفة لا تترك وبرًا، ولا تستخدم قطعة القماش التقليدية.

7. **نظف أسطح الارتكاز وافحص استواءها:** أزل بقايا الحشية القديمة دون خدش السطح. وافحص استواء الشفة بمسطرة أو زاوية قائمة؛ فإذا وجد التواء واضح فإن الأنبوب الجديد سيسرب أيضًا.

8. **قارن القطعة القديمة بالجديدة مقارنة دقيقة:** يجب أن يتطابق الطول والزاوية والمسافة بين ثقوب الشفة ووجود الجزء المموج ومنفذ الحساس وثقوب حوامل التثبيت. وإذا وجد اختلاف فلا تركب القطعة، وأعد التحقق من الرقم المرجعي.

9. **ركب بحشية وعناصر تثبيت جديدة ودون إجهاد:** لا يعاد استخدام الحشية أبدًا؛ وفي وصلة العادم يفضل استخدام مسامير ملولبة وصواميل جديدة وفق ما تحدده الشركة المصنعة أو عناصر ذات طلاء مناسب. ولا تجبر الأنبوب بالقوة على مطابقة الثقوب؛ إذ يجب أن يستقر في موضعه بشكل طبيعي دون أي شد.

10. **التزم بترتيب الربط وعزمه:** ركب جميع المسامير الملولبة يدويًا أولًا واجعل القطعة ترتكز في مكانها، ثم اربطها تدريجيًا بترتيب متقاطع من المركز نحو الخارج وفق عزم الربط المحدد في الدليل. وضع المشابك في موضعها الصحيح على الخرطوم واربطها بالعزم المحدد؛ فالربط الزائد يقطع الخرطوم.

11 **شغل المحرك ودعه يسخن ثم افحص:** شغل المحرك واستمع إلى أي تسرب عند سرعة الخمول، ثم أوصله إلى درجة حرارة التشغيل العادية. وعندما يبرد المحرك مجددًا أعد فحص عزم ربط مسامير شفة العادم، وبعد تجربة قيادة قصيرة كرر فحص التسرب وضغط الشحن.

نقاط يجب الانتباه إليها (أخطاء شائعة)

أغلى خطأ: سقوط مواد غريبة في فتحة الشاحن التوربيني. إن صامولة أو قطعة حشية أو طرف مشبك مقطوع يسقط وفتحة السحب أو العادم مفتوحة، يحول ريش الشاحن التوربيني إلى خردة في ثوانٍ. لذا أغلق كل فتحة بسدادة لحظة الفك، وافحص داخل الخط بمصباح يدوي قبل التركيب.

لا تركب القطعة تحت إجهاد. إن إجبار الأنبوب بالعتلة لمطابقة الثقوب يترك إجهادًا دائمًا عند ربط المسامير الملولبة. ويظهر هذا الإجهاد مع أولى الدورات الحرارية في صورة تشقق في درزة اللحام أو في الجزء الممو ج. وإذا لم يستقر الأنبوب في مكانه دون إجبار، فهناك رقم مرجعي خاطئ أو شفة ملتوية أو حامل تثبيت مكسور.

- **إعادة استخدام الحشية:** الحشية التي انضغطت مرة واحدة تسرب في التركيب الثاني؛ فجددها في كل مرة تفك فيها الوصلة.
- **تجاهل حامل التثبيت المكسور أو المفقود:** الأنبوب غير المدعوم ينقل كل الاهتزاز عبر الشفة واللحام، فيتشقق خلال وقت قصير.
- **تطبيق عزم ربط زائد:** يؤدي إلى التواء الشفة وتلف أسنان اللولب. استخدم مفتاح عزم الربط ولا تخل بالترتيب المتقاطع.
- **كسر المسمار العالق بالقوة:** ترك رذاذ فك الصدأ يعمل مدة كافية أسرع دائمًا من استخراج مسمار مكسور.
- **ترك خرطوم السحب القديم على حاله:** يجب تجديد الخرطوم المتصلب أو المتشقق مع الأنبوب الجديد.
- **ربط المشبك في موضع خاطئ:** المشبك الذي لا يستقر على منطقة الحلقة أو الحافة البارزة للخرطوم ينزلق تحت الضغط.
- **إهمال فلتر الهواء:** الفلتر المسدود يزيد تفريغ السحب ويكشف سريعًا عن النقطة الضعيفة في الخط.
- **عدم إعادة فحص عزم الربط بعد الدورة الحرارية:** إن الفحص بعد أول تسخين في وصلات العادم يمنع معظم حالات التسرب من البداية.
- **تغيير الأنبوب فقط دون البحث عن السبب الجذري:** إذا كان الأنبوب يتشقق دائمًا من الموضع نفسه، فالسبب الحقيقي هو الاهتزاز أو كرسي مطاطي أصابه الكلال أو خطأ في محاذاة الخط.

القيم الفنية ونقاط الفحص

القيم التالية هي نطاقات *نموذجية / مرجعية عامة* لخطوط الهواء والعادم المرتبطة بالشاحن التوربيني في المركبات التجارية الثقيلة. وهي تختلف حسب عائلة المحرك ومستوى الانبعاثات والشركة المصنعة؛ والمرجع للقيمة الدقيقة هو دليل الخدمة.

المعامل	النطاق المرجعي النموذجي	ملاحظة
ضغط الشحن عند الحمل الكامل	نحو 1.5 – 3.0 bar (ضغط مطلق) (≈ 22 – 44 psi)	يختلف حسب عائلة المحرك؛ وانخفاضه تحت الحمل عن القيمة المتوقعة علامة على تسرب أو تقييد
ضغط اختبار التسرب لخط السحب / الشحن	نحو 0.5 – 1.5 bar (لا تتجاوز الحد المحدد في الدليل)	ضغط الاختبار المرتفع قد يضر حتى بخرطوم سليم
مستوى التحذير لتقييد السحب في فلتر الهواء (التفريغ)	عادة نحو 50 – 75 ملي بار	إذا كان في المركبة مؤشر للتقييد فاعتمد عليه؛ وكلما زاد التقييد زاد الإجهاد على الأنبوب أيضًا

المعامل	النطاق المرجعي النموذجي	ملاحظة
درجة حرارة الغاز عند مدخل الشاحن التوربيني (العادم)	في نطاق 500 – 750 °C تقريبًا؛ وقد تكون القيم القصوى أعلى	يتم اختيار المادة والحشية بناء على درجة الحرارة هذه
درجة حرارة الهواء عند مخرج الضاغط (قبل المبرد البيني)	نحو 120 – 200 °C	عامل حاسم في اختيار خرطوم السحب / الشحن
حد السماح لاستواء سطح الشفة	قيمة الشركة المصنعة؛ وتكون عادة في حدود أعشار المليمتر	في حال وجود التواء واضح يجب تجديد الأنبوب أو المشعب
فترة الفحص البصري	في كل صيانة دورية وعند كل تدخل على الشاحن التوربيني	يجب فحص أثر السخام وحالة الجزء المموج دون استثناء

نقطة التوصيل	النطاق النموذجي لعزم الربط	تحذير
مسمار شفة أنبوب مدخل العادم (M8)	نحو 20 – 30 Nm	اربط بترتيب متقاطع وبشكل تدريجي؛ وأعد الفحص بعد الدورة الحرارية
مسمار شفة أنبوب مدخل العادم (M10)	نحو 40 – 60 Nm	يوصى باستخدام مسامير ملولبة وصواميل جديدة
صواميل شفة مدخل الشاحن التوربيني	قيمة الشركة المصنعة	يجب عدم تطبيق عزم زائد على جسم الشاحن التوربيني
مشبك خرطوم خط السحب	نحو 5 – 12 Nm	الربط الزائد يقطع الخرطوم؛ ويجب أن يكون موضع المشبك صحيحًا
مسمار حامل تثبيت الأنبوب (M8)	نحو 20 – 25 Nm	يجب أن يستقر حامل التثبيت في مكانه دون إجهاد أولًا، ثم يربط

نصيحة ميدانية: عند الشك في وجود تسرب، نظف محيط الشفة حتى تحصل على سطح جاف تمامًا وخالٍ من أي أثر، ثم قم بجولة قصيرة بالمركبة وهي محملة. وعند العودة يدلك أثر السخام الحديث المنتشر على شكل مروحة على موضع التسرب بدقة. أما تسربات السحب التي لا يمكن اكتشافها بالعين، فاختبار التسرب بالضغط هو الطريقة المؤكدة الوحيدة لكشفها.

- افحص الجزء المموج بحثًا عن انبعاج أو تشقق أو أثر سخام أو تصلب.
- تأكد من أن جميع مسامير الشفة في مكانها ومربوطة جيدًا، ومن عدم وجود مسمار مفقود.
- افحص خراطيم السحب بثنيها يدويًا للكشف عن التشققات والتصلب.
- تحقق من أن حوامل تثبيت الأنبوب سليمة ومركبة بالكامل.
- إذا وجدت تآكلًا في أطراف ريش ضاغط الشاحن التوربيني فافحص خط السحب من أوله إلى آخره.
- افحص فلتر الهواء ومؤشر التقييد؛ فإذا كان التقييد مرتفعًا فإن الخط أيضًا يتعرض للإجهاد.
- أعد فحص عزم ربط الوصلات خلال أول 500 – 1,000 كم بعد تركيب الأنبوب الجديد.

الصيانة والعمر التشغيلي

تعد أنابيب سحب هواء الشاحن التوربيني وأنابيب مدخل العادم قطع غيار طويلة العمر إذا ركبت بشكل صحيح وكانت دعاماتها سليمة. وما يقصر عمرها يكاد يكون دائمًا ثلاثة أمور: التركيب تحت الإجهاد، وحامل التثبيت المفقود أو المكسور، والاهتزاز غير المتحكم فيه. وعندما يضاف إلى ذلك إهمال الحشية وترك المسامير الملولبة مرتخية، فإن حتى الأنبوب السليم في الأصل يتشقق قبل الموعد المتوقع بكثير.

- **أجر فحصًا بصريًا في كل صيانة دورية:** يمكن تقييم محيط الشفة ودرزات اللحام ومنطقة الجزء المموج بنظرة لا تستغرق سوى بضع دقائق.

- **لا تهمل الكراسي المطاطية للمحرك:** الكرسي المطاطي الذي أصابه الكلال يزيد تأرجح المحرك ويحمل خط العادم جزءًا من الحمل.
- **التزم بفترة تغيير فلتر الهواء:** الفلتر المسدود جزئيًا يزيد التفريغ في جانب السحب ويسرع ظهور النقطة الضعيفة.
- **جدد الحشية والمسامير الملولبة كمجموعة واحدة:** عند استبدال الأنبوب يجب تجديد الحشية والمسامير الملولبة والصواميل معًا، وكذلك الخرطوم والمشبك عند الحاجة.
- **افحص الأنابيب أيضًا عند التدخل على الشاحن التوربيني:** إن فحص الأنابيب ما دام الشاحن التوربيني مفكوكًا يجنبك تكرار العمل لاحقًا.
- **سجل آثار السخام والزيت:** تكرار الأثر في النقطة نفسها دليل على مشكلة لم تعالج بعد.
- **اجعل فحص عزم الربط بعد الدورة الحرارية إجراء روتينيًا:** ولا سيما في التركيب الجديد، إذ يمنع هذا الفحص معظم حالات التسرب من البداية.
- **لا توقف المحرك فجأة:** إن إيقاف المحرك مباشرة بعد التشغيل تحت الحمل يسبب صدمة حرارية شديدة في خط العادم؛ وفترة التبريد القصيرة عند سرعة الخمول التي يوصي بها الدليل مفيدة للشاحن التوربيني وللأنابيب على حد سواء.

في الممارسة العملية، تعمل هذه الأنابيب في مركبة أسطول تحظى بصيانة جيدة عمرًا يقارب فترات الصيانة الطويلة للمحرك. وفي المقابل، تتلف القطعة نفسها في وقت أبكر بكثير في مركبة أصاب الكلال كراسيها المطاطية وحوامل تثبيتها ناقصة، ويعاد فيها استخدام الحشية نفسها في كل تدخل. وبعبارة أخرى، فإن الإجابة عن سؤال «كم كيلومترًا يدوم الأنبوب؟» تكمن في جودة التركيب ودعم الخط أكثر مما تكمن في عدد الكيلومترات.

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