VADEN®
ORIGINAL

دليل تقني

الشاحن التوربيني (تيربو): أعراض الأعطال والاستبدال والصيانة

قد يكون الصفير الحاد وعدم استقرار الضغط على السرعة الخاملة في الشاحنة إنذارًا مبكرًا بفقدان عمود الشاحن التوربيني غشاء الزيت. الأنواع والتشخيص والاستبدال.

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

تنزيل النسخة الإنجليزية من هذا الدليل (PDF)

يضغط السائق على دواسة الوقود في طريق صاعد، فترتفع سرعة دوران المحرك لكن القدرة المتوقعة لا تأتي؛ وتندفع من العادم دفعة من الدخان الداكن، وتتسرب إلى الكابينة رائحة خفيفة لزيت محترق. أو العكس تمامًا: يسمع على السرعة الخاملة صوت «صفير» أكثر حدة من المعتاد، ولا تستقر إبرة مؤشر ضغط الشحن في مكانها. وفي أساطيل المركبات التجارية الثقيلة، يترك عطل الشاحن التوربيني عادة فترة إنذار تمتد بضعة أيام قبل أن يوقف المحرك تمامًا، لكن إذا تم تجاهل هذا الإنذار فقد يجر الشاحن التوربيني المحرك الذي يعمل معه إلى تلف في المحامل أو المكابس أو صمامات المحرك. ويتناول هذا الدليل بلغة الورشة وحدات الشحن التوربيني ذات الهندسة الثابتة وذات الهندسة المتغيرة (VGT/VNT) المستخدمة في محركات الديزل التجارية الثقيلة: ما وظيفتها، وكيف تتعطل، وكيف تشخص أعطالها، وكيف تستبدل، وكيف يمكن إطالة عمرها.

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

ما هو الشاحن التوربيني؟ وظيفته ومبدأ عمله

الشاحن التوربيني وحدة تجمع بين توربين وضاغط، وتقع بين مشعب العادم ومشعب السحب؛ إذ تستخدم الطاقة المهدرة في غاز العادم لضغط هواء السحب، فتملأ أسطوانات المحرك بمزيد من الأكسجين.

يقوم مبدأ العمل على نقل الطاقة بين عجلتين مثبتتين على العمود نفسه. فالغاز الساخن العالي السرعة الخارج من مشعب العادم يدير العجلة الموجودة داخل غلاف التوربين، وينقل العمود هذا الدوران إلى عجلة الضاغط في الطرف المقابل. وتضغط عجلة الضاغط الهواء النظيف القادم من فلتر الهواء، وتدفعه عادة عبر المبرد البيني إلى مشعب السحب في المحرك. وبذلك يصبح ضغط الهواء المتجه إلى الأسطوانات أعلى من الضغط الجوي. ويسمى ضغط الملء المرتفع هذا ضغط الشحن، وهو يعني مزيدًا من هواء الاحتراق؛ ولأن كمية أكبر من الوقود يمكن حرقها في الحجم نفسه، يعطي المحرك قدرة وعزم دوران أعلى.

قد تبلغ سرعة دوران عمود الشاحن التوربيني مئات الآلاف من الدورات في الدقيقة، وتعتمد قدرته على العمل بهذه السرعة اعتمادًا كاملًا على جودة زيت المحرك واستمرار تغذيته دون انقطاع. ويدور العمود في الغالب داخل محامل انزلاقية من النوع العائم، ويمنع غشاء الزيت الرقيق داخل هذه المحامل تلامس المعدن بالمعدن. أما انزلاق العمود في الاتجاه المحوري فيحده محمل دفع. ويجب كذلك أن يبقى ضغط الشحن عند مستوى لا يجهد المحرك ولا الشاحن التوربيني، وتختلف طريقة ذلك حسب نوع الشاحن. ففي الشواحن التوربينية ذات الهندسة الثابتة، يوجه صمام تحويل غاز العادم جزءًا من الغاز مباشرة إلى خط العادم دون أن يمر بعجلة التوربين. أما في الشواحن ذات الهندسة المتغيرة (VGT/VNT)، فتغير زاوية الريش المتحركة عند مدخل التوربين؛ وبذلك يضبط مقطع تدفق الغاز، ومعه ضغط الشحن، عند كل نقطة تشغيل للمحرك بواسطة مشغل إلكتروني أو هوائي.

يضم الجانب الساخن من الشاحن التوربيني غلاف التوربين وعجلة التوربين؛ وهذه الأجزاء هي التي تستخلص طاقة غاز العادم، وتصنع من سبائك تتحمل درجات الحرارة العالية. أما الجانب البارد فيتكون من غلاف الضاغط وعجلة الضاغط (المروحة). وهذا الجانب الذي يضغط الهواء النظيف مصبوب عادة من سبيكة ألومنيوم. وبين الجانبين يقع الجسم المركزي، أي مجموعة الخرطوشة (CHRA)؛ ويحتوي هذا الجسم الحامل الرئيسي على العمود والمحامل ومحمل الدفع وعناصر منع التسرب.

توصل قنوات التزييت (التغذية والعودة) زيت المحرك إلى المحامل ثم تعيده إلى حوض الزيت؛ ومن الضروري هنا أن يتدفق الزيت في خط العودة بحرية. وفي بعض أنواع الشواحن التوربينية توجد أيضًا قنوات لسائل التبريد تبرد الجسم المركزي، وتواصل هذه الدائرة تبديد الحرارة حتى بعد إيقاف المحرك. والآلية التي تحد من ضغط الشحن في الشواحن ذات الهندسة الثابتة هي صمام تحويل غاز العادم ومشغله. ويقابلها في الشواحن ذات الهندسة المتغيرة آلية ريش VGT/VNT، أي الأجزاء

المتحركة التي تغير مقطع تدفق الغاز، والوحدة الإلكترونية أو الهوائية التي تحركها. كما تمنع عناصر منع التسرب، المكونة من موانع تسرب للعمود من نوع حلقات المكبس ومن الحشيات، انتقال الزيت إلى جانب التوربين أو جانب الضاغط.

الشاحن التوربيني ذو الهندسة الثابتة (بصمام تحويل غاز العادم)

في هذا النوع يكون مقطع مدخل غلاف التوربين ثابتًا، ويحد صمام تحويل غاز العادم من ضغط الشحن بتوجيه جزء من الغاز إلى العادم دون أن يمر بالعجلة. وتصميمه بسيط ومتين. لكن مرونة أدائه على امتداد نطاق سرعات الدوران تبقى أكثر محدودية مقارنة بالهندسة المتغيرة. وهو حل منتشر على نطاق واسع منذ سنوات طويلة في محركات الديزل التجارية الثقيلة، وصيانته سهلة نسبيًا.

الشاحن التوربيني ذو الهندسة المتغيرة (VGT / VNT)

في الهندسة المتغيرة تضبط وحدة التحكم الإلكترونية باستمرار زاوية الريش المتحركة عند مدخل التوربين وفقًا لسرعة دوران المحرك وحمله. فعند السرعات المنخفضة تنغلق الريش فتتسارع الغازات ويتوفر ضغط الشحن مبكرًا؛ وعند السرعات العالية تنفتح الريش ويصبح تدفق الغاز أيسر. وتمنح هذه المرونة استجابة أفضل وميزة في الانبعاثات. أما ثمنها فهو حساسية آلية الريش لتراكم السخام (الكوك): إذ يمكن أن تلتصق الريش وتنحشر مع الوقت، ولا سيما في المركبات التي تبقى طويلًا على السرعة الخاملة أو تعمل بحمل منخفض.

الجسم المركزي المبرد بالماء وخطر تفحم الزيت

في بعض أنواع الشواحن التوربينية لا يبرد الجسم المركزي بالزيت وحده، بل بسائل تبريد المحرك أيضًا. ويؤخر هذا التصميم تعرض الزيت للسخونة الزائدة وتفحمه، لأنه يواصل تبديد الحرارة حتى بعد إيقاف المحرك مباشرة. أما في الأجسام المبردة بالزيت فقط، فقد تؤدي عادة الإيقاف الساخن (أي إطفاء المحرك مباشرة بعد تشغيله بحمل عالٍ) إلى تفحم الزيت في قنواته وتقييد تدفقه مع مرور الوقت.

التطبيق / نوع الشاحن التوربيني	طريقة التحكم في ضغط الشحن	التبريد	أبرز الأعطال المحتملة
محركات الديزل التجارية الثقيلة التقليدية، هندسة ثابتة	صمام تحويل غاز العادم (مشغل هوائي)	مبرد بالزيت، وبعضها مبرد بالماء	خلوص زائد في ذراع صمام تحويل غاز العادم، تآكل المحامل
محركات الديزل التجارية الثقيلة 6/Euro 5، VGT/VNT	آلية ريش متحركة، مشغل إلكتروني	مبرد بالزيت والماء	انحشار الريش (السخام)، عطل المشغل أو حساس الموضع
تطبيقات الشاحن التوربيني الثنائي المدخل (Twin-scroll)	تحسين الاستفادة من طاقة نبضات العادم عبر مجارٍ منفصلة	مبرد بالزيت، وبالماء أيضًا في الغالب	تشقق داخل المجرى، تسرب غازات الاحتراق من الحشية
الحافلات ومحركات الديزل الثقيلة داخل المدن (تشغيل متكرر على السرعة الخاملة)	VGT أو صمام تحويل غاز العادم، حسب التطبيق	مبرد بالماء في الغالب	تراكم السخام، وتكون مبكر للهباب والكوك بسبب الحمل المنخفض
محركات الديزل الثقيلة في معدات البناء الثقيلة	صمام تحويل غاز العادم، وVGT في بعض الطرازات	مبرد بالزيت	تآكل العجلة بسبب الغبار والجسيمات، إهمال فلتر الهواء

التحقق من رقم القطعة أمر ضروري. فحتى ضمن عائلة المحرك نفسها، قد يختلف مقطع مدخل غلاف التوربين، وقطر عجلة الضاغط، وموضع منفذي دخول الزيت وعودته، ونوع المشغل (هوائي/إلكتروني)، وبيانات معايرة VGT، حسب سنة الإنتاج ومستوى الانبعاثات. لذا قارن دائمًا قبل الطلب بين رقم القطعة الأصلي (OE) المدون على القطعة المفكوكة، ورقم شاسيه المركبة ورقم المحرك، ونوع توصيل المشغل. فنهج «كان الغلاف يشبهه فركبناه» ينتهي في أغلب الأحيان بضغط شحن منخفض أو مفرط، أو برمز عطل، أو بتلف مبكر بعد التركيب.

أعراض الأعطال وتشخيصها

كثيرًا ما يظن أن عطل الشاحن التوربيني مشكلة في نظام الحقن أو عطل ميكانيكي في المحرك. والترتيب الصحيح في التشخيص واضح: تقيم الأعراض المرئية والميكانيكية أولًا، ثم يتم التأكد منها بقياس ضغط الشحن وخلوص العمود. ويعرض الجدول التالي الأعراض الأكثر شيوعًا في الميدان، والفحص الذي يميز كلًا منها.

الأعراض	السبب المحتمل	الفحص / التحقق
دخان أزرق أو رمادي من العادم، زيادة في استهلاك الزيت	تآكل مانع تسرب العمود، وانتقال الزيت إلى جانب التوربين أو الضاغط	افحص بالنظر مجرى دخول الضاغط ومخرج التوربين بحثًا عن آثار الزيت، وراقب انخفاض مستوى الزيت
دخان أسود وفقدان واضح للقدرة	ضغط شحن غير كافٍ: تسرب هواء، أو انسداد فلتر الهواء، أو تآكل داخلي في الشاحن التوربيني	قس ضغط الشحن في اختبار على الطريق، وافحص خط السحب ووصلات المبرد البيني بحثًا عن تسرب
صوت صفير أو أزيز حاد على السرعة الخاملة أو عند رفع سرعة الدوران	تسرب هواء (في خط السحب أو خط الضغط)، احتكاك طرف العجلة بالغلاف	حدد مصدر الصوت بالاستماع، وافحص الخراطيم والمشابك للتأكد من إحكام ربطها
خلوص واضح في العمود عند الإمساك به باليد (شعاعي/محوري)	تآكل المحامل أو محمل الدفع	بعد فك وصلات الأنابيب، حرك العجلة برفق باليد جانبيًا وأدرها لتحسس الخلوص، واستمع إلى أي صوت احتكاك بالغلاف
هبوط مفاجئ في مؤشر ضغط الشحن أو ظهور رمز عطل (ضغط شحن منخفض أو مفرط)	عطل مشغل صمام تحويل غاز العادم أو VGT، انحشار الريش، مشكلة في خط التفريغ أو الخط الهوائي	اقرأ ذاكرة الأعطال، وتحقق باليد من أن ذراع المشغل يتحرك بحرية
تصلب حركة ريش VGT، تأخر الاستجابة	تراكم السخام (الكوك) أدى إلى التصاق الريش	حرك المشغل من طرف إلى آخر عبر وظيفة الخدمة وراقب سلاسة حركته، وتحقق من حرية حركة الريش عند الفك
فلتر الهواء متسخ أو تالف، خدوش أو كسور في عجلة الضاغط	تلف بسبب جسم غريب (FOD): غبار، أوراق شجر، جزء من مسمار ملولب وغير ذلك	افتح علبة فلتر الهواء وابحث عن آثار أجسام غريبة، وافحص مدخل الضاغط باستخدام مصباح يدوي
تسرب زيت حول غلاف الشاحن التوربيني، ورائحة	الحشية أو الحلقة الدائرية (O-ring)، أو انسداد خط عودة الزيت	نظف السطح وشغل المحرك، وتتبع مصدر التسرب بالإضاءة، وتأكد من أن خط العودة يتدفق بحرية

اختبار خلوص العمود: الفحص الميكانيكي الأكثر موثوقية

قبل فك الشاحن التوربيني أو أثناء فكه، وبعد فصل أنابيب الهواء والعادم، أمسك العجلة برفق بأصابعك وحركها في الاتجاه المحوري (إلى الأمام والخلف) وفي الاتجاه الشعاعي (إلى الجانبين). والخلوص الخفيف والسلس أمر طبيعي. أما الخلوص الملحوظ بالعين، أو صوت الاحتكاك بالغلاف، أو ملامسة العجلة للغلاف، فيدل على انتهاء عمر المحمل أو محمل الدفع. وهذا الاختبار هو أسرع طريقة، ومن دون أي تكلفة، للتأكد من العطل قبل الفك.

قياس ضغط الشحن واختبار التسرب

إن مقياس ضغط الشحن الذي يركب على مشعب السحب أو على الخط بعد المبرد البيني يحسم الجدل. ويسجل ما إذا كانت قيمة ضغط الشحن المتوقعة تتحقق عند الحمل الكامل وسرعة الدوران العالية. وإذا كانت القيمة منخفضة، يتم أولًا رفع ضغط جانب الهواء (إلى الضغط الذي يسمح به الدليل) والبحث عن التسرب باختبار رغوة الصابون أو اختبار الدخان؛ وأكثر نقاط التسرب شيوعًا هي الخراطيم والمشابك ودرزات لحام المبرد البيني وحشية مخرج الشاحن التوربيني. وإذا لم يوجد تسرب، ينتقل الشك إلى التآكل الداخلي للشاحن التوربيني أو إلى ضبط صمام تحويل غاز العادم أو VGT.

زيت أم هواء أم عادم؟ منطق التمييز

يجب أن يكون الترتيب كما يلي: (1) حالة فلتر الهواء وفحص التسرب في جانب السحب، (2) المبرد البيني وخراطيم التوصيل، (3) قياس ضغط الشحن، (4) حرية حركة مشغل صمام تحويل غاز العادم أو VGT، (5) خلوص العمود وأعراض تسرب الزيت. فإذا وجد دخان أزرق واستهلاك للزيت، ينتقل التركيز مباشرة إلى مانع تسرب العمود وخط عودة الزيت؛ وإذا وجد دخان أسود وفقدان للقدرة، يفحص جانب الهواء وضغط الشحن أولًا. وإذا ظهر العرضان معًا، فإن الشاحن التوربيني يحتاج عادة إلى استبدال كامل.

ويقدم دليل مشعب السحب وأنبوب سحب الهواء إجراءً مفصلًا يبين الوصلات التي يتركز فيها البحث عن التسرب في جانب السحب، وترتيب الفحص الواجب اتباعه.

قراءات إضافية

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

خطوات الاستبدال والتركيب

قد تصل حرارة سطح الشاحن التوربيني عند درجة حرارة التشغيل إلى 400-500 °C. انتظر حتى يبرد المحرك تمامًا قبل التدخل، وأطفئ مفتاح التشغيل، وافصل مفتاح قطع البطارية. وريش عجلتي التوربين والضاغط حادة وتنطوي على خطر الجروح؛ لذا استخدم قفازات واقية ونظارات حماية بوصفها **معدات الحماية الشخصية**. واجمع الزيت المتسرب بقطعة قماش ماصة ومادة ماصة، وتخلص منه وفق إجراءات التخلص من النفايات. وعند العمل على نظام العادم، يجب تأمين المركبة من الأسفل بدعامات آمنة (كتل تثبيت الرافعة، وحوامل الأمان).

1. قبل اتخاذ قرار الاستبدال، سجل ضغط الشحن وخلوص العمود ولون الدخان ورمز العطل إن وجد؛ فسجل الفحص المسبق والتشخيص هذا يتيح لك إجراء المقارنة بعد التركيب.
2. ثبت المركبة بأمان: على أرض مستوية، مع شد فرامل اليد، ووضع مصدات العجلات في مكانها، وفصل مفتاح قطع البطارية. وتأكد من أن المحرك قد برد تمامًا.
3. افصل خطوط دخول الهواء وخروجه بفك خرطوم فلتر الهواء وخرطوم مخرج الضاغط ووصلات المبرد البيني من مشابكها؛ وسد الفتحات المكشوفة فورًا بسدادات أو غطها بقطعة قماش نظيفة.
4. في جانب العادم، فك صواميل مدخل التوربين (وصلة المشعب) ومخرج التوربين (أنبوب العادم النازل) تدريجيًا بمساعدة سائل لفك الصدأ؛ وتجنب الإفراط في القوة كي لا ينكسر المسمار الملولب.
5. فك خطي تغذية الزيت وعودته، وكذلك خطوط الماء إن وجدت، بعد وضع علامات عليها. وعند فك مسامير البانجو ومشابك الخراطيم، اعزل الوردات النحاسية والحشيات التي تخرج وتخلص منها، فهي لا يعاد استخدامها.
6. افصل وصلة المشغل بفك ذراع صمام تحويل غاز العادم أو دبوس مشغل VGT، والموصل الكهربائي أو الخط الهوائي بعناية؛ ولا تفقد دبوس التوصيل ومشبكه.
7. أرخ مسامير التثبيت تدريجيًا، وافصل الشاحن التوربيني عن المشعب بسحبه باستقامة؛ وادعم وزنه أثناء إخراجه حتى لا يتضرر مشعب العادم.
8. نظف خطوط الزيت وافحصها. فبرادة المعدن أو بقايا الكربون القادمة من الشاحن التوربيني القديم تقضي على محامل الشاحن الجديد أيضًا؛ لذلك اشطف خط التغذية بوقود نظيف أو انفخه بالهواء، وتأكد من أن خط العودة غير مسدود.

9. قارن القطعة الجديدة أو المجددة بالقطعة القديمة مقارنة دقيقة؛ إذ يجب أن يتطابق اتجاه غلاف التوربين والضاغط، وموضع منفذ الزيت، ونوع المشغل، ومعايرة VGT. وإذا لاحظت أي اختلاف فلا تركب القطعة، وأعد التحقق من المرجع.

10. قبل التركيب، صب زيت محرك نظيفًا في منفذ دخول الزيت، وأدر العمود برفق باليد لتوزيع الزيت على المحامل؛ ثم ركب الشاحن التوربيني وهو مزيت مسبقًا على هذا النحو. واستخدم طقم حشيات وحلقات دائرية (O-ring) جديدًا، لأن الحشية لا يعاد استخدامها.

11. ثبت الشاحن التوربيني على المشعب، واربط المسامير بترتيب متقاطع وبعزم الربط المحدد في الدليل. ثم وصل بالترتيب خطوط الزيت والهواء والعادم، وخطوط الماء إن وجدت، ووصلة المشغل.

12. للتزييت الأولي، وإذا كان ذلك محددًا في الدليل، أدر المحرك بمحرك بدء التشغيل بضع ثوانٍ مع قطع الوقود إن أمكن، حتى يصل ضغط الزيت إلى الشاحن التوربيني. ثم شغل المحرك على سرعة خاملة منخفضة وافحص تسربات الزيت والهواء والصوت والاهتزاز؛ وبعد اختبار قصير على الطريق، أعد قياس ضغط الشحن.

نقاط يجب الانتباه إليها (الأخطاء الشائعة)

أغلى خطأ في الشاحن التوربيني هو التشغيل الأول دون زيت. فعمود الشاحن التوربيني يدور بمئات الآلاف من الدورات في الدقيقة، والشاحن الذي يبلغ سرعات عالية قبل تكون غشاء الزيت قد تتلف محامله في غضون ثوانٍ. لا تتخط التزييت المسبق بعد التركيب، وأبق المحرك على سرعة خاملة منخفضة لبضع دقائق عند التشغيل الأول.

التلف الناتج عن الأجسام الغريبة (FOD) ليس أمرًا يستهان به. فحشية فلتر هواء تالفة، أو مشبك ترك مرتخيًا، أو قطعة قماش منسية في خط السحب، قد تلحق بعجلة الضاغط الدوارة ضررًا لا يمكن إصلاحه في غضون ثوانٍ. لا تخرج بالمركبة إلى الطريق بعد التركيب قبل أن تفحص جانب الهواء مرة أخرى.

لا تشغل الشاحن التوربيني الجديد بزيت قديم متسخ؛ فتجديد الزيت وفلتر الزيت عند استبدال الشاحن التوربيني هو الشرط الأول لحماية المحامل الجديدة. وتوصيل خط الزيت دون تنظيفه يؤدي إلى النتيجة نفسها، لأن برادة المعدن وجزيئات الكربون المتبقية من الشاحن القديم تقضي على القطعة الجديدة في وقت قصير. أما رفع سرعة الدوران مباشرة بعد التركيب فيعني إجهاد الشاحن التوربيني قبل أن يستقر غشاء الزيت ويتوازن توزيع الحرارة، ويؤدي إلى تآكل مبكر في المحامل.

قد يبدو المشبك المتروك مرتخيًا في جانب الهواء عيبًا بسيطًا، لكن حتى التسرب الصغير للهواء يعني فقدانًا في ضغط الشحن ودخانًا أسود. لا تعد استخدام الحشيات والحلقات الدائرية (O-ring)؛ فالحشية المضغوطة تبدأ بالتسريب في أول دورة تسخين، لذا جددها كطقم كامل. كما أن تطبيق عزم ربط مفرط على غلاف التوربين أو الضاغط وعلى وصلات المشعب يرتد عليك بتشققات وتلف في أسنان اللولب؛ لذا نفذ الربط باستخدام مفتاح عزم الربط.

إطفاء المحرك وهو ساخن مباشرة بعد تشغيله بحمل عالٍ يقطع تدفق الزيت إلى العمود الذي لا يزال يدور؛ فيبدأ احتكاك جاف في المحمل ويتفحم الزيت. وتركيب شاحن توربيني جديد دون مراجعة فلتر الهواء والمبرد البيني خطأ من الفئة نفسها: فالفلتر المسدود أو المبرد البيني التالف يرهق الشاحن الجديد أيضًا في وقت قصير.

القيم الفنية ونقاط الفحص

القيم التالية نطاقات *نموذجية / مرجعية عامة* في أنظمة الشحن التوربيني لمحركات الديزل في المركبات التجارية الثقيلة. وتختلف حسب عائلة المحرك ونوع الشاحن التوربيني والشركة المصنعة؛ والمرجع للقيمة الدقيقة هو دليل الخدمة.

المعامل	النطاق المرجعي النموذجي	ملاحظة
ضغط الشحن، عند الحمل الكامل	نحو 1.5 – 3.0 bar (≈ 22 – 44 psi)	يختلف بوضوح حسب عائلة المحرك ومستوى الانبعاثات

المعامل	النطاق المرجعي النموذجي	ملاحظة
الخلوص الشعاعي للعمود	نحو 0.30 – 0.60 مم	الخلوص الواضح الذي يحس باليد يشير إلى التآكل
الخلوص المحوري للعمود	نحو 0.02 – 0.10 مم	تزداد هذه القيمة عند تآكل محمل الدفع
ضغط تغذية الزيت (عند مدخل الشاحن التوربيني)	نحو 1.5 – 5 bar (حسب سرعة دوران المحرك)	منخفض على السرعة الخاملة، ويرتفع عند السرعات العالية
درجة حرارة غاز العادم (عند مدخل التوربين، بالحمل الكامل)	نحو 550 – 750 °C	البقاء المستمر عند الحد الأعلى يقصر عمر المحامل والحشيات
إبقاء المحرك على السرعة الخاملة قبل إطفائه	نحو 1 – 3 دقائق	يجب إطالة المدة بعد التشغيل بحمل عالٍ
ضغط التحكم في مشغل VGT (النوع الهوائي)	نحو 0 – 2 bar	في المشغلات الإلكترونية يتم التحكم بإشارة CAN/PWM

نقطة التوصيل	نطاق عزم الربط النموذجي	تحذير
صواميل وصلة مشعب العادم – الشاحن التوربيني	نحو 35 – 50 Nm	اربطها بترتيب متقاطع وعلى مراحل
مسامير وصلة الشاحن التوربيني – أنبوب العادم النازل	نحو 40 – 60 Nm	الحشية الجديدة إلزامية، ولا يعاد استخدام القديمة
مسمار البانجو لمدخل الزيت	نحو 25 – 35 Nm	الوردة النحاسية الجديدة إلزامية
مشابك مخرج الضاغط / المبرد البيني	نحو 5 – 8 Nm (حسب نوع المشبك)	الربط المفرط يقطع الخرطوم، والربط المرتخي يسبب التسرب
دبوس توصيل مشغل VGT أو صمام تحويل غاز العادم	قيمة الشركة المصنعة	لا تستخدم القوة؛ يجب أن تتحرك الآلية بحرية

نصيحة ميدانية: ركب مقياس ضغط الشحن مؤقتًا داخل الكابينة، وأجر اختبارًا قصيرًا على الطريق. فبقدر ما يفيد ثبات القيمة، تفيد أيضًا سرعة استعادتها عند الضغط على دواسة الوقود (تأخر استجابة الشاحن التوربيني). وإذا كان الشاحن التوربيني الذي يبدو هادئًا على السرعة الخاملة يصدر صوت صفير تحت الحمل، فهنا يكمن مفتاح التشخيص.

بعد توقف المحرك، يجب ألا توجد آثار زيت حول مشعب العادم وغلاف الشاحن التوربيني. وافحص علبة فلتر الهواء ومدخل الضاغط بانتظام بحثًا عن أجسام غريبة. واضغط خراطيم المبرد البيني باليد للتحقق من وجود تصلب أو تشققات. واحتفظ بسجل لمستوى زيت المحرك واستهلاكه؛ فإذا ازداد الاستهلاك، وجب الاشتباه في مانع تسرب العمود.

عند تحريك ذراع المشغل باليد والمحرك متوقف، يجب ألا تشعر بأي تصلب أو تعلق. وبعد تركيب شاحن توربيني جديد، افحص جميع الوصلات مرة أخرى خلال أول 500 كم.

الصيانة وعمر الخدمة

يعطي الشاحن التوربيني الذي يعمل في ظروف سليمة عمرًا يقارب فترات الصيانة الكبرى للمحرك. وما يقصر هذا العمر هو دائمًا تقريبًا ثلاثة أمور: جودة الزيت، واستمرارية التزييت، ونظافة جانب الهواء. فعمود الشاحن التوربيني يدور بمئات الآلاف من الدورات في الدقيقة، ولا يحمله عند هذه السرعة سوى غشاء زيت لا يتجاوز سمكه بضعة ميكرونات. وإذا أخذنا ذلك في الحسبان، يتضح أن محور الصيانة ليس الشاحن التوربيني نفسه، بل جودة الزيت والهواء اللذين يصلان إليه.

التزم بدقة بفترات تغيير الزيت. وقصر الفترة التي تحددها الشركة المصنعة في ظروف التشغيل القاسية، مثل مواقع البناء أو التشغيل الطويل على السرعة الخاملة أو الغبار الكثيف، واستخدم زيتًا بالجودة واللزوجة الصحيحتين. كما أن الحفاظ على نظافة مبرد الزيت والمبرد (الرديتر) جزء من الحساب نفسه، لأن السخونة الزائدة للزيت ترقق غشاء الزيت وتسرع تآكل المحامل.

لا ترفع سرعة الدوران مباشرة بعد تشغيل المحرك؛ وامنحه فترة قصيرة على السرعة الخاملة حتى يصل ضغط الزيت إلى النظام كله، ولا سيما إلى الشاحن التوربيني. وبعد التشغيل بحمل عالٍ، برد المحرك بإبقائه على السرعة الخاملة بضع دقائق قبل إطفائه. وبهذا يبطئ عمود الشاحن التوربيني دورانه دون أن ينقطع تدفق الزيت، ويمنع تفحم الزيت. وقلل التشغيل الطويل على السرعة الخاملة والعمل بحمل منخفض؛ وشغل المحرك من حين لآخر تحت حمل عادي، ولا سيما في الشواحن من نوع VGT، لمنع انحشار آلية الريش بالسخام.

استبدل فلتر الهواء دوريًا: فالفلتر المسدود يؤدي إلى فقدان ضغط الشحن، والفلتر التالف يؤدي مباشرة إلى تلف العجلة. وراجع كذلك المبرد البيني وخطوط الهواء؛ فتراكم الزيت أو التشققات فيها يشير في آن واحد إلى فقدان القدرة وإلى خطر دخول الأجسام الغريبة. وعند استبدال الشاحن التوربيني، اعمل بمنطق الطقم الكامل؛ إذ يجب تجديد الزيت وفلتر الزيت وحشيات العادم، وفلتر الهواء عند الحاجة، معًا. فتجديد قطعة واحدة وترك الباقي يعيد العطل من جديد.

عمليًا، يؤدي الشاحن التوربيني في مركبة أسطول تحظى بصيانة جيدة عمله دون مشكلات حتى موعد الإصلاح الشامل الكبير للمحرك. أما في مركبة يستخدم فيها زيت منخفض الجودة، أو اعتاد سائقها الإيقاف الساخن، أو أهمل فيها فلتر الهواء، فإن القطعة نفسها تتعرض للكلال في وقت أبكر بكثير. لذلك فإن جواب سؤال «كم كيلومترًا يدوم الشاحن التوربيني؟» يكمن في ظروف الاستخدام أكثر مما يكمن في عدد الكيلومترات. وأنابيب الشاحن التوربيني وأطقم إصلاح الشاحن التوربيني من VADEN ORIGINAL مدرجة في الكتالوج ومتوفرة في المخزون، مطابقة لأرقام OE المرجعية في تطبيقات المركبات التجارية الثقيلة؛ وتحديد المرجع الصحيح من خلال بيانات المحرك والشاسيه في مركبتك، ثم تجديد الأنابيب وخط التوصيل حول الشاحن التوربيني في الوقت المناسب، هو الاستعداد الأعلى مردودًا في الميدان.

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