VADEN®
ORIGINAL

دليل تقني

وصلة العادم المرنة (لي شكمان): أعراض الأعطال والاستبدال والصيانة

عندما تتشقق وصلة العادم المرنة التي تمتص اهتزاز المحرك وتمدده الحراري في الشاحنات، ينتقل الإجهاد إلى مواضع اللحام والشفاه ويرهق الخط بأكمله. اكتشف الآن.

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

في المركبات التجارية الثقيلة يتحرك خط العادم بضعة مليمترات مع كل دورة من دورات المحرك، ولا بد من عنصر يستوعب هذه الحركة المستمرة بين الشاسيه والمحرك. وهذه بالتحديد هي المهمة التي تتولاها وصلة العادم المرنة. فعندما يقال في الورشة «انهارت الوصلة المرنة» أو «هناك هسهسة بعد المشعب» أو «تصل رائحة احتراق إلى الكابينة»، تأتي هذه الوصلة المرنة في مقدمة القطع التي يجب فحصها أولًا. ومع أنها تبدو قطعة صغيرة، فإن الوصلة المرنة المتشققة تعرض مع الوقت نظام العادم بأكمله للإجهاد، من مخرج الشاحن التوربيني حتى خط DPF/SCR، وتعرض مواضع اللحام للكلال، وتتسبب في أعطال متتالية.

أعد الفريق الفني في VADEN هذا الدليل بتجميع الخبرة الميدانية وبيانات الشركات المصنعة (OE). والقيم الواردة هنا **نطاقات مرجعية نموذجية**، وتختلف حسب المحرك وطراز المركبة وتجهيزاتها. وللحصول على القيم الدقيقة لعزم الربط والمقاسات والإجراءات، اعتمد دائمًا على أحدث دليل خدمة OE الخاص بالمركبة. *آخر تحديث: سبتمبر 2026.*

تؤثر سلامة خط العادم تأثيرًا مباشرًا في مطابقة المركبة لمتطلبات لائحة ECE R51 التي تنظم مستوى الضوضاء، ولائحة UNECE R49 التي تنظم اعتماد طراز المحرك من حيث الانبعاثات.

ما هي وصلة العادم المرنة؟ وظيفتها ومبدأ عملها

وصلة العادم المرنة عنصر توصيل مرن مصنوع من الفولاذ المضفر، يركب بين خط العادم والمحرك/المشعب، ويمتص اهتزاز المحرك والتمدد الحراري للعادم، فيمنع تعرض الخط للإجهاد والتشقق. وتعرف في الألمانية باسم *Flexrohr* أو *Abgas-Flexrohr*، أما في التركية فتسمى الأنبوب المرن أو الأنبوب المموج، ويطلق عليها العامة اسم «الأكورديون».

مبدأ عملها ميكانيكي. فكتلة المحرك ترتكز على كراسي مطاطية مرنة، وتهتز باستمرار أثناء التشغيل، وتدور قليلًا بفعل رد فعل العزم عند الضغط على دواسة الوقود. أما خط العادم فمعلق في معظمه على الشاسيه بواسطة علاقات تثبيت. ولو وضع بين هاتين النقطتين أنبوب صلب (قطعة واحدة غير مرنة)، لأدى كل اهتزاز وكل دورة تسخين وتبريد إلى كلال المعدن وظهور الشقوق خلال وقت قصير. وتمتص الوصلة المرنة هذا الكلال بتحملها الحركة المحورية (إلى الأمام والخلف) والحركة الزاوية (الانحناء) وقدرًا من الحركة الشعاعية. كما تسمح بتمدد الخط طوليًا (التمدد الحراري) عندما يبدأ التشغيل والمحرك بارد ثم ترتفع حرارة العادم إلى 500-600 °C.

- **الجسم المموج الداخلي:** جسم مموج رقيق يصنع عادة من الفولاذ المقاوم للصدأ (من نوع AISI 304/321)، ويوفر الإحكام والمرونة.
- **الغلاف المضفر الخارجي:** غلاف من أسلاك الفولاذ المقاوم للصدأ المضفرة، يحمي الجسم المموج من الشد المفرط والصدمات الخارجية، ويتحمل الضغط الداخلي.
- **الأنبوب الموجه الداخلي (الطبقة المتشابكة / البطانة):** بطانة داخلية تنظم تدفق العادم وتحمي الجسم المموج من التآكل الناتج عن الغاز الساخن.
- **وصلات الأطراف:** أطراف أنابيب ملحومة أو شفة مثبتة بمسامير ملولبة، ويجري التركيب على الخط من خلال هذه الأطراف.

أين توجد؟

تقع الوصلة المرنة في أغلب الأحيان بعد مخرج الشاحن التوربيني/مشعب العادم مباشرة، بين أنبوب العادم الأول وجهة المحرك. وفي بعض طرازات المركبات التجارية الثقيلة قد توجد وصلة مرنة ثانية قبل وحدة DPF/SCR (فلتر الجسيمات / AdBlue)، أو في المنطقة الوسطى من الخطوط الطويلة. ويكون موضعها أقرب ما يمكن إلى المنطقة التي يتحرك فيها المحرك، لأن الحركة التي يجب امتصاصها فعلًا تنشأ هناك.

الفرق بين الخط الصلب والخط المزود بوصلة مرنة

قد يبدو الخط الخالي من الوصلة المرنة أقل تكلفة، لكنه ينقل الاهتزاز مباشرة إلى مواضع اللحام والشفاه. والنتيجة: أنابيب تتشقق مبكرًا، وشفاه ترتخي، وعروات تعليق تنكسر. أما الوصلة المرنة ذات الطول الصحيح والنوع الصحيح فتطيل عمر الخط بأكمله بشكل ملحوظ.

يمكنك الاطلاع على آلية عمل مكون الانبعاثات الذي يعمل في هذا الجزء من الخط، وعلى أعراض انسداده وخيارات تنظيفه، في دليل ما هو فلتر DPF: أعطال فلتر الجسيمات وتنظيفه.

مقارنة بين النوعين

الخاصية	وصلة مرنة بأطراف ملحومة	وصلة مرنة بشفة ومسامير ملولبة
التركيب	لحام بأطراف الأنابيب	شفة + مسامير ملولبة/صواميل
مدة الاستبدال	أطول (يتطلب فني لحام)	أقصر (بالأدوات اليدوية)
خطر التسرب	يتوقف على جودة اللحام	يتوقف على الحشية وعزم الربط
الإصلاح على الطريق	صعب	سهل
الاستخدام النموذجي	خطوط OE المركبة في المصنع	أعمال الخدمة والتجديد، والخطوط المعيارية

التحقق من رقم القطعة: الوصلة المرنة خاصة بطراز المركبة من حيث القطر والطول ونوع الضفيرة ونوع وصلة الأطراف (لحام/شفة، وتوزيع ثقوب الشفة). والطول الخاطئ أو القطر الخاطئ إما أن يشد الخط وإما أن يتركه مرتخيًا، فيتسبب في عطل مبكر. لذا تحقق دائمًا قبل الطلب من رقم القطعة OE ومن المرجع البديل من VADEN بالاستناد إلى رقم الشاسيه/المحرك الخاص بالمركبة.

أعراض الأعطال والتشخيص

عطل الوصلة المرنة في أغلب الأحيان عطل «يسمع» قبل أن يرى، فالصوت والرائحة يسبقان الشق الظاهر للعين. ويرشدك الجدول التالي في التشخيص الميداني.

العرض	السبب المحتمل	الفحص / التحقق
هسهسة أو صوت نفث من جهة المحرك (خاصة عند الضغط على دواسة الوقود)	شق في الضفيرة، تمزق في الجسم المموج، تسرب في العادم	البحث عن التسرب حول الوصلة المرنة في سرعة الخمول باليد (بحذر) أو بورقة؛ وفحص بصري والخط بارد
طقطقة معدنية / خشخشة	سلك مقطوع في الغلاف المضفر الخارجي، انفصال البطانة الداخلية، شفة مرتخية	رفع المركبة وإمساك الوصلة المرنة باليد وهزها؛ فحص العلاقات ومسامير الشفة
دخول رائحة احتراق / عادم إلى الكابينة	وصول غاز العادم المتسرب إلى مدخل هواء الكابينة	تحديد نقطة التسرب من أثر السخام/السناج؛ البحث عن البقع على طول الخط
شق أو تمزق ظاهر، أثر سخام أسود	شق ناتج عن الكلال، شد مفرط، تآكل	فحص بصري لجسم الوصلة المرنة وأطرافها، وتراكم السخام
فقدان القدرة / تراجع استجابة الشاحن التوربيني	تسرب كبير قبل المشعب، فقدان الضغط العكسي	تقييم حجم التسرب؛ قراءة رموز الأعطال المتعلقة بنظامي DPF/EGR
ظهور الوصلة المرنة منبعجة أو منخسفة أو مشدودة بإفراط	تركيب بطول خاطئ، علاقة الخط مقطوعة، محاذاة خاطئة	فحص علاقات الخط ومحاذاة الوصلة المرنة؛ التأكد من الطول/القطر
انتقال الاهتزاز إلى الكابينة/عجلة القيادة	فقدت الوصلة المرنة قدرتها على امتصاص الاهتزاز (تصلبت/انسدت)	مراقبة الاهتزاز في الخمول والسرعات المنخفضة؛ التمييز عن الكراسي المطاطية للمحرك

التشخيص بالصوت

يكون صوت تسرب الوصلة المرنة عادة أوضح والمحرك بارد، لأن المعدن لم يتمدد بعد ليغلق التسرب جزئيًا. وإذا سمعت الصوت يزداد مع ارتفاع سرعة دوران المحرك أثناء تشغيله، فالأرجح أن التسرب في جهة العادم الواقعة تحت الضغط.

ولتضييق نطاق البحث عن مصدر الصوت، يكون من الأسلم تجنب اللمس المباشر لأن المحرك ساخن وخطر، واستخدام عصا خشبية طويلة المقبض أو سماعة ميكانيكية.

التشخيص البصري

ارفع المركبة، وبعد أن يبرد الخط افحص محيط الوصلة المرنة بمصباح يدوي جيد. ففي نقطة التسرب تظهر حلقة داكنة من السخام/السناج، أو احتراق في الطلاء، أو آثار انقطاع لامعة في أسلاك الضفيرة. أما الأسلاك المتفرقة في الغلاف المضفر الخارجي التي تبدو كأنها شعيرات فرشاة فهي نذير بتلف في الجسم المموج الداخلي.

الالتباس مع الأعطال الأخرى

تصدر التسربات من حشية المشعب وحشية مخرج الشاحن التوربيني وشفة فلتر DPF والمشابك صوتًا مشابهًا. وفي حالات شكوى الاهتزاز قد تلتبس أيضًا أعطال الكراسي المطاطية للمحرك وعدم اتزان عمود الإدارة بعطل الوصلة المرنة. واستبدال الوصلة المرنة قبل التأكد من التشخيص قد يبقي التسرب الحقيقي خفيًا؛ لذا تحقق من نقطة التسرب فعليًا.

وإذا كان مصدر الصوت في نقاط التوصيل لا في الوصلة المرنة نفسها، فللمشابك والأنابيب الوسيطة قائمة فحص مستقلة؛ وللتفاصيل يمكنك الرجوع إلى دليل مشبك العادم وأنبوب التوصيل.

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: يصل خط العادم إلى درجات حرارة عالية جدًا، لذا اترك المحرك حتى يبرد تمامًا قبل البدء. واستخدم قفازات مقاومة للحرارة، ونظارات واقية، وكمامة للغبار (بسبب السخام والقطع الصدئة)، وحذاء السلامة المهنية. أوقف المركبة على أرض مستوية وضعها على حوامل التثبيت لضمان ثباتها، ولا تعتمد على الرافعة وحدها. وإذا كان العمل يتضمن اللحام، فاحتفظ بطفاية حريق في المكان، وقم بحماية خطوط الوقود وAdBlue والكابلات من الحرارة.

1. **التحضير والتأكد من التشخيص:** حدد نقطة التسرب/التلف بدقة، وتحقق من رقم القطعة الصحيح (القطر والطول ونوع الأطراف) ومن البديل المقابل من VADEN. وجهز الوصلة المرنة الجديدة والحشية والمسامير الملولبة/الصواميل اللازمة.
2. **تأمين المركبة:** اسحب فرامل اليد، وضع كتل منع الحركة أمام العجلات، ثم ارفع المركبة وأنزلها على حوامل التثبيت. وتأكد من أن المحرك قد برد.
3. **الحماية من الحرارة وحماية الأجزاء المجاورة:** عند الحاجة، فك حزمة الأسلاك والنابض الهوائي وخطوط ABS/AdBlue القريبة، أو قم بحمايتها ببطانية عازلة للحرارة.
4. **فك الوصلات:** في النوع ذي الشفة، ضع مذيب الصدأ على المسامير الملولبة/الصواميل ثم فكها تدريجيًا؛ وفي النوع الملحوم حدد خط القطع بعلامة. ولا تضغط بقوة على المسامير المعرضة للكسر، وسخنها عند الحاجة.
5. **إزالة الوصلة المرنة القديمة:** حرر العلاقات، وافصل الوصلة المرنة عن الخط. وإذا كانت ملحومة فاقطعها من الموضع المعلم بأداة قطع مناسبة، مع حماية المحيط من الشرر.
6. **تنظيف الأسطح والشفاه:** نظف أسطح الشفاه من بقايا الحشية القديمة والسخام والصدأ بفرشاة سلكية. وتأكد من أن السطح مستوٍ وخالٍ من النتوءات.

7. **التركيب المبدئي / المحاذاة:** ضع الوصلة المرنة الجديدة أولًا دون شد المسامير الملولبة. وتحقق من أن الخط ليس مشدودًا ولا مرتخيًا على امتداد طوله، وأن الوصلة المرنة تقع **على المحور** وبطولها الطبيعي. فالطول الخاطئ هو أكثر أخطاء التركيب شيوعًا.

8. **الحشية والتوصيل:** في النوع ذي الشفة، اربط الوصلة باستخدام حشية جديدة. وفي النوع الملحوم، ثبت الوصلة بنقاط لحام وتحقق من المحاذاة، ثم أكمل اللحام بالكامل (باستخدام القطب/الغاز المناسب والطريقة المناسبة للفولاذ المقاوم للصدأ).

9. **الشد بعزم الربط:** اشدد المسامير الملولبة/الصواميل وفق قيمة OE وبترتيب **متقاطع (تدريجي)**. ولا تطبق عزم الربط الكامل دفعة واحدة، بل وزعه على 2-3 مراحل. واعتمد على دليل الخدمة في تحديد القيمة.

10. **فحص العلاقات والخلوص:** ركب علاقات العادم، وتحقق من أن الخط لا يلامس الشاسيه أو الهيكل، ومن وجود خلوص كافٍ. وتأكد من أن الوصلة المرنة لا تحتك بأي جزء أثناء التشغيل.

11. **التشغيل واختبار التسرب:** شغل المحرك، وافحص الوصلة المرنة والشفاه بحثًا عن أي تسرب (صوت أو سخام) في سرعة الخمول وعند الضغط الخفيف على دواسة الوقود. وبعد قيادة تجريبية قصيرة، تحقق مجددًا من عزم الربط والإحكام.

نقاط تستوجب الانتباه (أخطاء شائعة)

أكثر ثلاثة أخطاء شيوعًا: (1) تركيب وصلة مرنة بطول/قطر خاطئ وشد الخط بها، وهو ما يقصر عمر الوصلة المرنة إلى بضعة أسابيع. (2) تركيب الوصلة المرنة مع ثنيها أو ليها بإفراط، فيتعرض الجسم المموج للكلال في نقطة واحدة. (3) استبدال الوصلة المرنة دون التحقق الكامل من التسرب، وإغفال مصدره الحقيقي (حشية المشعب أو المشبك).

تحذير بشأن اللحام: اللحام الخاطئ الذي يعرض الجسم المموج المصنوع من الفولاذ المقاوم للصدأ لحرارة مفرطة مباشرة يشوه البطانة الداخلية ويؤدي إلى تشققها مبكرًا. لذا نفذ اللحام على أنابيب الأطراف بعيدًا عن الجسم المموج، وتحكم في كمية الحرارة الداخلة.

- اشدد المسامير الملولبة تدريجيًا وبترتيب متقاطع لا دفعة واحدة؛ وإلا التوت الشفة وانضغطت الحشية بشكل غير منتظم.
- لا تعد استخدام المسامير الملولبة والصواميل القديمة أو المهروسة أو الصدئة؛ فهي تنكسر تحت تأثير الحرارة.
- لا تثن الوصلة المرنة ثنيًا حادًا أثناء النقل أو التركيب؛ فإذا تضرر الجسم المموج فقدت الوصلة إحكامها منذ البداية.
- لا تترك أيًا من علاقات الخط ناقصة؛ فالخط غير المعلق يلقي وزنه بالكامل على الوصلة المرنة.
- افحص التسرب دائمًا بعد التركيب والمحرك بارد ثم وهو ساخن؛ فقد ترتخي بعض الوصلات عند أول إحماء.

القيم الفنية ونقاط الفحص

القيم التالية ذات طابع **مرجعي نموذجي/عام** لأنظمة العادم في المركبات التجارية الثقيلة، وتختلف حسب طراز المركبة والمحرك والشركة المصنعة؛ أما القيمة الدقيقة فالمرجع فيها دليل خدمة OE.

المعامل	النطاق المرجعي النموذجي	ملاحظة
درجة حرارة غاز العادم (منطقة الوصلة المرنة)	~400-650 °C (مع ذروات لحظية أعلى تحت الحمل)	ترتفع كلما اقتربت المنطقة من مخرج الشاحن التوربيني
درجة حرارة التشغيل المستمر للمادة	تحمل ~600-800 °C للجسم المموج المصنوع من الفولاذ المقاوم للصدأ	مادة من نوع AISI 304/321

المعامل	النطاق المرجعي النموذجي	ملاحظة
الضغط العكسي للعادم (النظام)	~0.1-0.5 bar (≈1.5-7 psi) قيمة نموذجية	يتغير حسب درجة امتلاء فلتر DPF؛ والقيمة المرتفعة مؤشر على الانسداد
الحركة المحورية المسموح بها للوصلة المرنة	في حدود بضعة مم (قيمة نموذجية)	الحركة التي يتوقع أن تمتصها دون إجهاد
المرونة الزاوية	بضع درجات (حسب النوع/الطول)	الزاوية المفرطة تعرض الجسم المموج للكلال
العمر المتوقع	يتوافق عادة مع موعد الصيانة الشاملة الرئيسية لنظام العادم	يتوقف على ظروف الاستخدام والطريق والاهتزاز

يختلف عزم ربط وصلة الشفة حسب قطر القطعة وفئة المسمار الملولب. والقيم التالية **مرجع عام** فقط؛ أما عزم الربط الدقيق فيجب الرجوع فيه إلى دليل OE.

المسمار الملولب / الصامولة (النوع)	عزم الربط المرجعي النموذجي	ملاحظة
صامولة شفة العادم M8	~20-30 Nm	شد تدريجي بترتيب متقاطع
صامولة شفة العادم M10	~35-50 Nm	إعادة الفحص بعد التسخين
شفة / مشبك M12	~55-75 Nm	يلزم الحذر في الوصلات ذات الوردات النابضية
مشبك V-band (إن وجد)	~10-20 Nm	التزم بقيمة الشركة المصنعة بدقة

لأن مسامير العادم تعمل تحت حرارة واهتزاز عاليين، فإن استخدام معجون مانع الالتصاق المقاوم للحرارة عند التركيب، واستخدام عناصر تثبيت جديدة إن أمكن، يسهلان الفك في الخدمة التالية. واحرص دائمًا على الشد بعزم الربط والمحرك بارد.

قائمة الفحص الميداني:

- هل يوجد في جسم الوصلة المرنة شق أو تمزق أو انبعاج أو حلقة سخام؟
- هل أسلاك الغلاف المضفر الخارجي سليمة، أم توجد أسلاك متفرقة/مقطوعة؟
- هل أسطح الشفاه مستوية ونظيفة، وهل انضغاط الحشية منتظم؟
- هل المسامير الملولبة/الصواميل مكتملة ومشدودة بعزم الربط الصحيح؟
- هل علاقات الخط سليمة، وهل الوصلة المرنة مرتخية أو مشدودة؟
- هل تحتك الوصلة المرنة بالشاسيه/الهيكل أو بالخراطيم؟

الصيانة والعمر الافتراضي

الوصلة المرنة ليست قطعة «تستبدل ثم تنسى»، بل يجب فحصها بالنظر والاستماع في الصيانة الدورية. فالتسرب الصغير الذي يكتشف مبكرًا يمكن إصلاحه قبل أن يرهق الخط بأكمله والقطع المجاورة (فلتر DPF ونظام SCR والمشعب).

- افحص الوصلة المرنة بصريًا في كل صيانة رئيسية: ابحث عن الشقوق والسخام وتلف الضفيرة.
- لا تؤجل أبدًا معالجة صوت تسرب العادم أو دخول الرائحة إلى الكابينة؛ فالتسرب الصغير يكبر بسرعة.
- عند تركيب وصلة مرنة جديدة افحص أيضًا علاقات الخط والكراسي المطاطية للمحرك؛ فإذا استمر مصدر الاهتزاز تعطلت الوصلة الجديدة مبكرًا هي الأخرى.
- تقصر الطرق الوعرة والحمل الكامل المستمر وحركة المرور المتقطعة عمر الوصلة المرنة؛ لذا زد وتيرة الفحص في المركبات العاملة في هذه الظروف.
- البيئة المسببة للتآكل (الملح والطين) تبلي الغلاف المضفر الخارجي؛ لذا راجع الخط بعد غسل الجزء السفلي من المركبة.

الوصلة المرنة ذات الطول الصحيح والمصنوعة من مواد عالية الجودة تعمل عادة دون مشكلات حتى موعد الصيانة الشاملة الرئيسية لخط العادم، ما دام تركيبها صحيحًا وعلاقات تعليق الخط سليمة. والعامل الحقيقي الذي يقصر عمرها ليس المادة، بل في أغلب الأحيان التركيب الخاطئ ومصدر الاهتزاز الذي لم يعالج.

فئة المنتجات ذات الصلة: وصلة عادم مرنة

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