VADEN®
ORIGINAL

دليل تقني

أنبوب الحقن / أنبوب الديزل: أعراض الأعطال والاستبدال والصيانة

أنبوب الحقن وأنبوب الديزل في المركبات التجارية الثقيلة: أعراض التسرب وسحب الهواء، وخطوات التشخيص، وترتيب الفك والتركيب، وملاحظات عزم الربط وفترات الصيانة.

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

إذا تغير صوت المحرك في مركبة تجارية ثقيلة، أو ظهر اهتزاز مستمر في السرعة الخاملة، أو وجدت صباحًا أثرًا خفيفًا للديزل أسفل المركبة، فإن أول ما يتبادر إلى الذهن هو حاقن الوقود والمضخة. غير أن الخبرة الميدانية تقول شيئًا آخر: فجزء كبير من المشكلات يتركز في الأنبوب الواقع بينهما، أي في أنبوب الحقن. وخط الضغط العالي وخط التغذية/الرجوع عالمان مختلفان تمامًا؛ فكلاهما يسمى «أنبوب الديزل»، لكن أحدهما ينقل ضغطًا يتجاوز 1,500 bar بينما لا يتعرض الآخر إلا لبضعة bar. ويشرح هذا الدليل، من منظور رئيس الورشة وفني الصيانة، وظيفة أنبوب الحقن وكيف يتعطل، والتسلسل الصحيح للتشخيص، وانضباط الفك والتركيب، وعادات الصيانة التي تطيل عمره.

أعد الفريق الفني في VADEN هذا المستند استنادًا إلى ممارسات خدمة نظام الوقود في المركبات التجارية الثقيلة ووثائق الشركات المصنعة OE. والقيم الواردة هنا مرجعية عامة؛ أما البيانات الدقيقة، مثل عزم الربط وضغط الخط وتدفق الرجوع، فالمرجع فيها هو أحدث دليل خدمة OE المطابق لرمز محرك المركبة. آخر تحديث: سبتمبر 2026.

ما هو أنبوب الحقن / أنبوب الديزل؟ وظيفته ومبدأ عمله

أنبوب الحقن (أنبوب الديزل) خط أنابيب يعمل تحت الضغط، مصنوع من الفولاذ أو من خراطيم مقواة، ينقل الوقود من الخزان إلى مضخة التغذية، ومنها إلى مضخة الضغط العالي وحواقن الوقود، كما يعيد الوقود الزائد المتسرب من الحواقن إلى الخزان.

ويعرف الجزء نفسه في الميدان وفي الكتالوجات بعدة أسماء: **أنبوب الوقود**، و**أنبوب الحاقن**، و**أنبوب السكة المشتركة**، و**أنبوب الضغط العالي**، و**خط التغذية**، و**خط الرجوع (خط التسريب)** الذي ينقل الوقود المتسرب من الحواقن. وكلها أجزاء من عائلة خطوط الوقود نفسها؛ وأيًا كان الاسم الذي يبحث به عنها، فإن معيار الاختيار واحد: رمز المحرك ورقم المرجع OE.

يقوم مبدأ العمل على منطق السلسلة. فالوقود المسحوب من الخزان يمر أولًا عبر الفلتر الأولي وفاصل الماء، ثم عبر المضخة اليدوية ومضخة التغذية، ليصل إلى فلتر الوقود الرئيسي. وحتى هذه النقطة يمتد جانب الضغط المنخفض، الذي يعمل بضغط في حدود بضعة bar، ومشكلته الأساسية تسرب الهواء والانسداد. وبعد مخرج الفلتر يدخل الوقود إلى مضخة الضغط العالي. وفي أنظمة السكة المشتركة (كومن ريل) يوجد خط قصير وسميك يمتد من مخرج المضخة إلى السكة المشتركة (الخزان المشترك)، ثم أنابيب ضغط عالٍ منفصلة من السكة إلى كل حاقن. أما في الأنظمة التقليدية ذات مضخة الحقن الخطية، فيمتد أنبوب مباشر من كل عنصر في المضخة إلى الحاقن، وتنتقل نبضة الضغط داخل الأنبوب على شكل موجة، ولهذا تصنع هذه الأنابيب بأطوال متساوية ولا يجوز تقصيرها.

وفي جانب الضغط العالي لا يقتصر دور الأنبوب على نقل السائل، بل هو أيضًا جزء ميكانيكي بحد ذاته. ففي كل دورة حقن تتولد موجة ضغط في داخله، فيتمدد الأنبوب ثم يعود إلى وضعه على مستوى الميكرون. وحمل الكلال هذا يفسر سبب تثبيت الأنبوب عند نقاط مشابك محددة، ولماذا لا يركب في مكانه أبدًا «بثنيه قليلًا».

في أي أنظمة OE نجده؟

في المركبات التجارية الثقيلة، يتوقف شكل أنبوب الحقن وشكل طرفيه على **عائلة نظام حقن الوقود** المركبة عليه وعلى **رمز المحرك** أكثر مما يتوقفان على العلامة التجارية للمركبة. ففي جانب السكة المشتركة، تعود عائلات أنظمة OE الأكثر شيوعًا في الميدان إلى Bosch CRS (التجهيزات المزودة بحواقن CRSN/CRIN)، وDenso وDelphi؛ أما في تصميم المضخة-الحاقن (وحدة الحقن)، فيختلف هيكل الخط كليًا لأن الضغط العالي يتولد داخل رأس الأسطوانة لا في أنبوب خارجي. وعلى مستوى رمز المحرك، تعد عائلات Mercedes-Benz OM 457 / OM 470 / OM 471، وVolvo D11 وD13، وMAN D20 وD26، وDAF MX-11 وMX-13، وScania DC13، وIveco Cursor التطبيقات التي تشهد أكثر عمليات استبدال الخطوط في خدمة المركبات التجارية الثقيلة. وقد وردت هذه الأسماء **أمثلةً على التطبيقات** فقط؛ إذ توجد داخل كل عائلة أشكال مختلفة للأنابيب حسب فئة الانبعاثات (Euro 5 / Euro 6) ومستوى التجهيز. ويحدد الجزء الصحيح برمز المحرك ورقم OE، لا باسم العلامة التجارية.

خط الضغط المنخفض (التغذية والرجوع)

يربط هذا الخط بين الخزان والفلتر الأولي ومضخة التغذية والفلتر الرئيسي. ويتكون عادة من أنبوب بلاستيكي بوصلات سريعة التركيب، أو أنبوب فولاذي، أو خرطوم مقوى مقاوم للوقود. والضغط هنا منخفض، لكن جهة السحب يسودها التفريغ:

فأدنى ارتخاء في هذا الجزء لا يسرب الوقود، بل على العكس يسحب الهواء. وهذا هو السبب التقليدي لصعوبة تشغيل المحرك في الصباح.

خط الضغط العالي (المضخة–السكة المشتركة–الحاقن)

يصنع هذا الخط من أنبوب فولاذي سميك الجدار غير ملحوم. وتقابل هذه الأنابيب في القطاع عادة عائلة **الأنابيب الفولاذية الدقيقة المسحوبة من فئة EN / DIN 2391 4-10305 (غير الملحومة والمسحوبة على البارد)**؛ ويفضل هذا المعيار لأن خشونة السطح الداخلي وتجانس الجدار يحددان مباشرة عمر الكلال تحت موجة الضغط. وطرفا الأنبوب **مشكّلان على البارد** على هيئة كروية أو مخروطية، وتركب عليهما صامولة الربط. ولا يتحقق الإحكام بحشية، بل بضغط المخروط المعدني الذي يستقر على مقعده معدنًا على معدن بعزم الربط الصحيح. وهذه التفصيلة هي أساس نقاش «إعادة الاستخدام» في الأقسام التالية. وقد يختلف المعيار المقابل وفئة المادة حسب عائلة المحرك؛ لذا يجب التحقق من البيانات الدقيقة في كتالوج OE الخاص بالقطعة.

المكونات والعناصر المساعدة

- **أنبوب الضغط العالي:** الخطوط الفولاذية بين المضخة والسكة المشتركة، وبين السكة والحاقن.
- **صامولة الربط (صامولة الوصلة):** عنصر الشد الذي يضغط المخروط على مقعده.
- **مشابك منع الاهتزاز والكراسي المطاطية:** حوامل تحمي الأنبوب من الرنين.
- **خط الرجوع (خط رجوع الوقود / خط التسريب):** خط رفيع ينقل الوقود المتسرب من الحاقن والمضخة إلى الخزان.
- **وصلات البانجو ووردات الإحكام:** عناصر إحكام تستخدم مرة واحدة فقط عند أطراف خطوط الرجوع والتغذية.
- **الوصلة السريعة التركيب والحلقة الدائرية (O-ring):** شائعة في خطوط التغذية البلاستيكية.
- **الدرع الحراري / الغلاف الواقي الملفوف:** حماية حرارية للخطوط المارة بالقرب من العادم والشاحن التوربيني.

النظام / التطبيق	نوع الخط	ضغط التشغيل النموذجي (مرجع عام)	ملاحظة الخدمة الأساسية
السكة المشتركة في المركبات التجارية الثقيلة (نوع Bosch CRS / Denso / Delphi)	أنبوب فولاذي بين المضخة والسكة المشتركة وبين السكة والحاقن	2,500–1,400 bar	يستبدل الأنبوب المفكوك عادة؛ وعزم الربط حاسم
ديزل تقليدي بمضخة حقن خطية	أنبوب فولاذي متساوي الطول بين عنصر المضخة والحاقن	600–200 bar	لا يغير طول الأنبوب، وتعامل الأنابيب كطقم واحد
محركات المضخة-الحاقن (وحدة الحقن)	ممر داخل رأس الأسطوانة + خط ضغط منخفض	ضغط منخفض في حدود بضعة bar	يتولد الضغط العالي داخل رأس الأسطوانة لا في أنبوب خارجي
خط التغذية (الخزان–الفلتر–المضخة)	أنبوب بلاستيكي/فولاذي، خرطوم مقوى	6–0.5 bar	تسرب الهواء في جهة السحب هو المشكلة الأساسية
خط الرجوع (رجوع الوقود من الحاقن/المضخة)	أنبوب فولاذي رفيع أو خرطوم	أقل من 1 bar عادة، مع ضغط عكسي محدود	تقييده يخل بتوازن الحاقن

يختلف أنبوب الحقن حسب المحرك ومستوى التجهيز: فحتى داخل عائلة المحرك الواحدة، يغير عدد الأسطوانات وموضع الشاحن التوربيني وموقع السكة المشتركة شكل الأنبوب. لا تختر القطعة بناءً على «طراز المركبة» وحده، بل تحقق منها برمز المحرك وسنة الصنع، وإن أمكن برقم OE المدون على الأنبوب القديم. فالخطأ بمقدار مليمتر واحد في الشكل يعني إجبار الأنبوب عند التركيب، والأنبوب المجبر يتشقق أثناء التشغيل.

أعراض الأعطال والتشخيص

تنحصر معظم أعطال أنبوب الحقن في عنوانين: تسريب الوقود إلى الخارج، وسحب الهواء إلى الداخل. فالأول يرى بالعين، والثاني يقرأ من سلوك المحرك. ويربط الجدول التالي الأعراض الميدانية بأسبابها المحتملة وبطريقة التحقق منها.

العرض	السبب المحتمل	الفحص / التحقق
صعوبة تشغيل المحرك صباحًا، وطول مدة التدوير بعد توقف المركبة لفترة	تسرب هواء في خط السحب المنخفض الضغط، أو وصلة مرتخية، أو حلقة دائرية (O-ring) متقادمة	مراقبة فقاعات الهواء بخرطوم شفاف في الفلتر وخط التغذية؛ وبناء الضغط بالمضخة اليدوية ومتابعة انخفاضه
عدم انتظام السرعة الخاملة، واهتزاز خفيف، وتقطع عند الانتقال إلى الحمل	تقييد في خط أحد الحواقن، أو تشوه في المقطع الداخلي، أو ربط غير متساوٍ	قياس تدفق الرجوع لكل حاقن؛ وفحص عزم ربط صواميل الخط؛ وبيانات مساهمة الأسطوانات
رائحة ديزل في منطقة المحرك، وأثر أسود جاف على الأنبوب	السطح المخروطي غير مستقر في مقعده، أو أعيد استخدام الأنبوب أو الصامولة	تنظيف المنطقة ثم مراقبة اتجاه انتشار البلل عند نقطة التسرب أثناء تشغيل المحرك
بقعة مبللة ورائحة احتراق بالقرب من الشاحن التوربيني/العادم	تلف الدرع الحراري، أو احتكاك الخط بالعادم، أو تقادم حراري في الخرطوم	تتبع الآثار بالنظر والمحرك بارد؛ وقياس مسافات المشابك
فقدان القدرة عند سرعات دوران المحرك العالية، وعدم وصول ضغط السكة المشتركة إلى القيمة المستهدفة	تقييد في جهة التغذية (فلتر مسدود، أنبوب منبعج) أو تسرب داخلي في خط المضخة–السكة المشتركة	مقارنة ضغط السكة المشتركة المطلوب بالفعلي؛ وفرق الضغط قبل الفلتر وبعده
يعمل المحرك ثم يتوقف فجأة، ويصعب تشغيله مرة أخرى	دخول متقطع للهواء في خط السحب، أو أنبوب بلاستيكي متشقق، أو وصلة سريعة التركيب مرتخية	اختبار التفريغ على الخط؛ وتكرار المراقبة خلال دورات التسخين والتبريد
كمية وقود مفرطة في خط الرجوع، ورجوع زائد مستمر إلى الخزان	تسرب داخلي في حاقن الوقود، أو تقييد في خط الرجوع يولد ضغطًا عكسيًا	مقارنة كمية الرجوع لكل حاقن باستخدام أوعية مدرجة
أثر احتكاك لامع على الأنبوب، أو تآكل حول المشبك	مشبك مرتخٍ، أو كرسي مطاطي متصلب، أو دخول الأنبوب في حالة رنين	فحص الاهتزاز والخلوص باليد، ومراجعة عزم ربط المشابك وحالة الكراسي المطاطية

تسرب وقود أم سحب هواء؟

التمييز بينهما بسيط: الجهة المضغوطة تسرب الوقود إلى الخارج، وجهة التفريغ تسحب الهواء إلى الداخل. ولهذا قد تظهر مشكلة تشغيل خطيرة في خط السحب المنخفض الضغط دون رؤية أي أثر للوقود. فإذا كان المحرك يتوقف ولا توجد قطرات أسفله، فاعتبر جهة السحب موضع الشك أولًا. وتبقى المراقبة بقطعة خط شفافة أسرع طريقة حتى اليوم.

التحقق ببيانات الضغط

في أنظمة السكة المشتركة، يقع الفرق بين ضغط السكة المطلوب والفعلي في صميم التشخيص. فإذا ظل الضغط الفعلي أقل من المطلوب وكانت المضخة تجد صعوبة في الامتلاء، فجهة التغذية هي موضع الشك؛ أما إذا كان الضغط ثابتًا مع عدم انتظام في أسطوانة واحدة، فيفحص خط تلك الأسطوانة نفسه أو حاقنها. وعند إجراء القياس اقرأ أيضًا رموز الأعطال المسجلة في المركبة؛ فرموز انحراف ضغط السكة المشتركة تختصر التشخيص إلى حد كبير.

اختبار تدفق الرجوع

يكشف الاختبار الذي توصل فيه أوعية قياس بخطوط رجوع الحواقن كلًا على حدة أي أسطوانة تسرب كمية زائدة، وذلك خلال دقائق. والنقطة التي ينبغي الانتباه إليها هنا أن خط الرجوع نفسه قد يكون مقيدًا: فأنبوب الرجوع المنبعج أو الضيق من الداخل قد يظهر حاقنًا سليمًا وكأنه المتسبب في العطل. لذا تحقق قبل الاختبار من أن الخط مفتوح.

لمزيد من القراءة

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

قد يظل خط الضغط العالي محتفظًا بالضغط حتى بعد توقف المحرك. ومعدات الحماية الشخصية ضرورية: واقي وجه أو نظارات مقاومة للصدمات، وقفازات مقاومة للوقود، وملابس عمل. فوقود الديزل المضغوط قد يخترق الجلد ويسبب تلفًا خطيرًا في الأنسجة؛ لذا لا تمرر يدك أبدًا فوق الخط عند البحث عن التسرب، بل استخدم قطعة من الكرتون. ويجب ألا يوجد في منطقة العمل لهب مكشوف أو مصدر للشرر، وأن تكون طفاية الحريق في متناول اليد.

1. **أمّن المركبة:** أوقف المحرك، واسحب فرامل اليد، وضع مصدات العجلات، وافصل مفتاح البطارية أو القطب السالب. وانتظر حتى يبرد المحرك وخط العادم؛ ففك الخط والمحرك ساخن ينطوي على خطر الحروق وخطر الربط بعزم غير صحيح معًا.

2. **خفّض الضغط:** فرّغ ضغط نظام الوقود وفق الإجراء الخاص بالمركبة، والتزم بمدة الانتظار المحددة. ولا يمكن تجاوز هذه الخطوة في أنظمة السكة المشتركة.

3. **نظف المنطقة:** أزل الغبار والرمل والزيت من محيط الوصلات التي ستفك، باستخدام الهواء المضغوط وقطعة قماش نظيفة. فالأوساخ هي السبب الأول للأعطال في نظام وقود الديزل؛ وجسيم واحد يدخل النظام كفيل بإتلاف أسطح الحاقن.

4. **أزل العوائق:** فك القطع التي تحجب الوصول، مثل الغطاء العلوي للمحرك والدرع الحراري وأنبوب الهواء ومجرى الكابلات. ولا تحاول أبدًا إخراج الأنبوب عن طريق ثني قطعة أخرى.

5. **فك المشابك أولًا:** قم بإرخاء مشابك منع الاهتزاز وحواملها قبل صواميل الوصلات. فإذا انعكس الترتيب تعرض الأنبوب للإجبار عند نقطة المشبك، وبقي فيه إجهاد خفي بعد التركيب.

6. **افتح الوصلات تدريجيًا:** استخدم مفتاحًا مفتوحًا أو مفتاح وصلات بالمقاس الصحيح، وأمسك الصامولة المقابلة حتى لا يدور الأنبوب. ثم أغلق فورًا طرفي الخط المفكوك وفتحات التوصيل المكشوفة بسدادات أو أغطية نظيفة.

7. **افحص القطعة المفكوكة:** راجع السطح المخروطي ولولب الصامولة وجسم الأنبوب. فإذا لاحظت انبعاجًا أو أثر احتكاك أو صدأ أو مخروطًا بيضاوي الشكل، ففحص أيضًا الخطوط المجاورة في المنطقة نفسها؛ فالعطل لا يقتصر عادة على أنبوب واحد.

8. **تحقق من الخط الجديد:** ضع الأنبوب الجديد بجانب القديم وقارن بينهما في الطول وزوايا الثني وموضع المشابك وشكل الطرفين. وتأكد من أن القناة الداخلية نظيفة وأن الأنبوب وصل مغلقًا؛ ولا تنزع سداداته حتى لحظة التركيب.

9. **ركّبه دون إجبار:** ضع الخط في مكانه دون إجبار، وأدر صامولتي الوصلتين باليد بضع لفات. فإذا لم يستقر الأنبوب في مكانه دون إجبار فالقطعة غير صحيحة؛ ومحاولة تثبيته بالشد بالمفتاح هي أكثر أخطاء التركيب كلفة.

10 **اربط بالعزم وفق الترتيب الصحيح، وشد المشابك في آخر خطوة:** ترتيب الربط هو الصورة المعكوسة لترتيب الفك، وليس اعتباطيًا. (أ) أدر أولًا صامولتي الوصلتين *باليد* حتى يستقر السطح المخروطي في مقعده تمامًا. (ب) اترك مشابك منع الاهتزاز والكراسي المطاطية *غير مشدودة* في هذه المرحلة، ليأخذ الأنبوب وضعه الطبيعي. (ج) شد بمفتاح عزم الدوران أولًا الصامولة في جهة الحاقن/السكة المشتركة بالقيمة التي تحددها الشركة المصنعة. (د) ثم شد الصامولة في الطرف الآخر من الخط (مدخل المضخة أو السكة المشتركة). (هـ) وفي **النهاية** ثبت مشابك منع الاهتزاز والكراسي المطاطية بعزم الربط الخاص بها. فشد المشبك قبل الصواميل يجبر الأنبوب على اتخاذ موضعه، ويترك في الخط إجهادًا دائمًا قبل أن يستقر المخروط؛ ويعود هذا الإجهاد بعد أشهر في صورة شق عند قاعدة المشبك. وفي المواضع التي تستخدم فيها وردة بانجو أو حلقة دائرية (O-ring) للاستعمال مرة واحدة، ركّب دائمًا قطعة جديدة.

11 **نفّس الهواء واختبر:** نفّس الهواء من النظام وفق الإجراء المحدد، وشغل المحرك دون إطالة مدة التدوير. وافحص المنطقة بقطعة قماش جافة في السرعة الخاملة وفي السرعة المتوسطة، وامسح رموز الأعطال ثم اقرأها مجددًا بعد القيادة التجريبية. وأجر كذلك فحصًا على البارد بعد القيادة: فبعض التسربات لا يظهر إلا بعد دورة حرارية.

ما يجب مراعاته (الأخطاء الشائعة)

إن محاولة تقويم أنبوب الضغط العالي أو تقصيره أو لحامه أو إعادة ثنيه ليست إصلاحًا مقبولًا. فهذه الأنابيب مصممة كوحدة واحدة مع أطرافها المشكّلة على البارد؛ والخط الذي تم العبث به قد ينقطع أثناء التشغيل، ويسبب خطر نشوب حريق بسبب الوقود الذي يرشه على الأسطح الساخنة. فالخط التالف يستبدل ولا يصلح.
إن إسكات تسرب الوصلة «بمزيد من الشد» يسحق السطح المخروطي ويجعل المشكلة دائمة. فالشد المفرط يتكرر لأن سبب التسرب لم يزل، ومع كل لفة يزداد تلف السطح. والتصرف الصحيح عند التسرب هو الفك وفحص السطح، ثم استبدال القطعة إذا لزم الأمر.

- **التركيب في بيئة متسخة:** الفك دون تنظيف محيط الوصلة ينقل جسيمات كاشطة إلى النظام مباشرة.
- **ثني الأنبوب لتسهيل التركيب:** يترك إجهادًا دائمًا؛ ويظهر الشق بعد أسابيع عند قاعدة المشبك.
- **شد المشبك قبل الوصلة:** يجبر الأنبوب على اتخاذ موضعه، فيستقر السطح المخروطي تحت الإجهاد؛ وعند الإخلال بترتيب التركيب يبدأ الخط بالتسريب في أولى الدورات الحرارية.
- **عدم تركيب المشابك أو إعادة استخدام كرسي مطاطي متصلب:** الرنين هو أسرع أسباب كلال الأنبوب.
- **إعادة استخدام الوردات المخصصة للاستعمال مرة واحدة:** وردات النحاس/الألومنيوم تنضغط مرة واحدة فقط، وتسرب عند استخدامها للمرة الثانية.
- **الاعتماد على «إحساس اليد» بدلًا من مفتاح عزم الدوران:** عزوم ربط الوصلات ذات تفاوت ضيق؛ فالشد الناقص يسبب التسرب، والشد الزائد يتلف السطح.
- **التدوير الطويل قبل تنفيس الهواء بالكامل:** يرهق محرك بدء التشغيل ومضخة التغذية، ويضلل التشخيص أيضًا.
- **استبدال الخط المسرب وحده:** الخطوط المجاورة التي لها العمر نفسه والتاريخ الحراري نفسه قد أصابها الكلال أيضًا، ويجب فحصها على الأقل.
- **إجبار قطعة غير مطابقة:** الأنبوب ذو الشكل الخاطئ يقصر عمر الخدمة، حتى لو بدا عند التركيب «وكأنه يركب».

القيم الفنية ونقاط الفحص

القيم التالية نطاقات مرجعية عامة شائعة في أنظمة الوقود بالمركبات التجارية الثقيلة. وتتغير هذه النطاقات حسب عائلة المحرك ومستوى التجهيز وسنة الصنع؛ لذا ارجع دائمًا إلى أحدث دليل خدمة صادر عن الشركة المصنعة للمركبة للحصول على البيانات الدقيقة.

المعامل	النطاق النموذجي (مرجع عام)	ملاحظة
ضغط تشغيل السكة المشتركة	2,500–1,400 bar (20,000–36,000 psi)	يختلف حسب جيل المحرك؛ ويجرى القياس بجهاز التشخيص
ضغط خط التغذية (الضغط المنخفض)	6–0.5 bar (7–87 psi)	ينخفض كلما اتسخ الفلتر
فرق الضغط المقبول قبل الفلتر وبعده	أقل من 0.5 bar عادة	عند تجاوزه يبحث عن تقييد في الفلتر/الخط
درجة حرارة الوقود (أثناء التشغيل)	80–30 C°	قد تتجاوز درجة حرارة خط الرجوع هذا النطاق
درجة الحرارة المحيطة في حجرة المحرك (بالقرب من الخط)	120–80 C°، وأعلى بالقرب من العادم	ولهذا يعد الدرع الحراري إلزاميًا
عدم توازن تدفق الرجوع من الحواقن	يجب أن يكون الفرق بين الأسطوانات محدودًا	حد القبول خاص بكل محرك، ويؤخذ من دليل الخدمة
مدة الانتظار في اختبار الإحكام	بضع دقائق في السرعة الخاملة + فحص بعد القيادة التجريبية	يعاد الفحص بعد دورة حرارية

المقاسات النموذجية للخطوط ولوالب التوصيل

أكثر البيانات الملموسة فائدة عند البحث عن القطعة هي القطر الخارجي للأنبوب ولولب الوصلة. والقيم التالية نطاقات قياسية في القطاع شائعة في تطبيقات الديزل التجارية الثقيلة، وليست ملزمة لمحرك بعينه. ويحدد المقاس الصحيح بقياس القطعة القديمة والتحقق منه في كتالوج OE.

المقاس / التوصيلة	القيم الشائعة (مرجع عام)	ملاحظة
القطر الخارجي لأنبوب الضغط العالي	Ø8 · Ø6.35 · Ø6 مم	يوجد Ø6.35 مم (1/4 بوصة) في التطبيقات المعتمدة على نظام البوصة
قطر القناة الداخلية لأنبوب الضغط العالي	نحو 1.8–2.5 مم	سماكة الجدار تحدد فئة الضغط؛ ولا يجوز التلاعب بالمقطع
لولب صامولة الوصلة (صامولة الربط)	لوالب M12×1.5 · M14×1.5 · M16×1.5	قد يختلف شكل المخروط حتى لو كانت خطوة اللولب واحدة
مسمار البانجو لخط الرجوع / التغذية	في نطاق M8 – M14	تركب وردة إحكام جديدة عند كل فك
الوصلة السريعة التركيب (الضغط المنخفض)	على أنبوب Ø10 · Ø8 · Ø6 مم	مقاس الحلقة الدائرية (O-ring) خاص بجسم الوصلة
طول الأنبوب وشكل الثني	خاص بكل تطبيق	لا يقصر ولا يعاد ثنيه؛ ويطابق كطقم

المقاسات أعلاه مرجع إرشادي؛ فحتى داخل عائلة المحرك الواحدة قد تستخدم تركيبات مختلفة من الأقطار واللوالب حسب موقع السكة المشتركة. وقبل الطلب، قس القطر الخارجي للقطعة القديمة بالقدمة، وتحقق من لولب الوصلة بمشط قياس اللولب، وقارن ذلك برقم OE.

نقطة التوصيل	نطاق عزم الربط النموذجي (مرجع عام)	ملاحظة التطبيق
صامولة وصلة أنبوب الضغط العالي (جهة الحاقن/السكة المشتركة)	40–20 Nm	ذات تفاوت ضيق؛ ومفتاح عزم الدوران إلزامي
صامولة أنبوب التغذية بين المضخة والسكة المشتركة	45–25 Nm	يختلف حسب القطر وشكل الطرف
مسمار البانجو لخط الرجوع	25–10 Nm	مع وردة إحكام جديدة

نقطة التوصيل	نطاق عزم الربط النموذجي (مرجع عام)	ملاحظة التطبيق
مسمار مشبك منع الاهتزاز	8–12 Nm	الشد المفرط يسحق الكرسي المطاطي؛ ويشد في النهاية

قيم عزم الربط مذكورة بوصفها نطاقًا إرشاديًا فقط. ففي المحرك الواحد تشد الخطوط ذات الأقطار المختلفة بعزوم مختلفة، وتحدد بعض الشركات المصنعة قيمة للتركيب الأول وأخرى لإعادة التركيب. والمرجع في التطبيق هو أحدث دليل خدمة صادر عن الشركة المصنعة للمركبة والخاص برمز المحرك.

- هل محيط الوصلة جاف؟ افحصه والمحرك ساخن ثم وهو بارد، كلًا على حدة.
- هل يوجد على جسم الأنبوب أثر احتكاك أو لمعان أو انبعاج؟
- هل المشابك كاملة، وهل الكراسي المطاطية متصلبة أو متفتتة؟
- هل الدرع الحراري في مكانه وسليم، وهل الخط على مسافة آمنة من العادم؟
- هل الوصلات السريعة التركيب مقفلة تمامًا، وهل يوجد انتفاخ في الحلقات الدائرية (O-ring)؟
- هل تم تصريف الفلتر الرئيسي وفاصل الماء، وهل تم تجاوز فترة استبدال الفلتر؟
- هل يبلغ ضغط السكة المشتركة القيمة المطلوبة، وهل يوجد رمز عطل للانحراف؟

الصيانة والعمر الافتراضي

ليس لأنبوب الحقن في حد ذاته «فترة استبدال» محددة؛ فما يحدد عمره هو نظافة الوقود، والتحكم في الاهتزاز، وانضباط التركيب. فالخط الذي تجرى له صيانة منتظمة للفلاتر، وتكون مشابكه سليمة، ويركب بعزم الربط الصحيح، يعد من القطع الطويلة العمر في المركبة. وفي المقابل، فإن الخط الذي يعمل بوقود متسخ، أو تنقصه المشابك، أو ركب ولو مرة واحدة بالإجبار، يبدأ بالتسريب قبل أن يكمل عامًا.

- **الانضباط في صيانة الفلاتر:** يجب استبدال فلتر الوقود الرئيسي وفاصل الماء وفق الفترة التي تحددها الشركة المصنعة، وتصريف فاصل الماء بانتظام. فالتغذية المقيدة ترهق الخط بأكمله.
- **جودة الوقود:** الوقود مجهول المصدر ينقل الماء والجسيمات إلى الخزان. وكثيرًا ما يبدأ السبب الجذري لأعطال نظام الوقود من هنا.
- **تجنب خفض مستوى الخزان كثيرًا:** التشغيل المستمر عند أدنى مستوى في الخزان يسهل انتقال الرواسب والماء إلى خط السحب.
- **الفحص البصري الدوري:** راجع في كل صيانة مسار الخط والمشابك والدرع الحراري في حجرة المحرك.
- **إزالة مصادر الاهتزاز:** الكرسي المطاطي المرتخي للمحرك أو المعدات المساعدة المركبة بشكل خاطئ ترهق الخط بشكل غير مباشر.
- **المتابعة بعد التدخل:** بعد كل عمل يطال نظام الوقود، يجب تكرار فحص الإحكام خلال أول بضع مئات من الكيلومترات.
- **استبدال الخرطوم المتقادم دون انتظار:** يجب تجديد خرطوم التغذية المتصلب أو المتشقق السطح أو المنتفخ قبل أن ينقطع.

في مؤسسات الأساطيل، يتمثل النهج الأكثر كفاءة في النظر إلى الخط بوصفه طقمًا متكاملًا لا قطعة منفردة. فتجديد أنابيب الضغط العالي وعناصر الإحكام التي تفك أثناء العمل على حاقن الوقود أو مضخة الضغط العالي في زيارة الخدمة نفسها أوفر بكثير من تكلفة إدخال المركبة إلى الورشة مرة أخرى بعد بضعة أشهر. وقد بنيت عائلة منتجات نظام الوقود لدى VADEN على هذا المنطق تحديدًا: فبما أن أنابيب الضغط العالي لخط الحقن، وأنابيب مضخة الحقن وفلتر الوقود، وأنابيب الحواقن في رأس الأسطوانة، وحوامل الحواقن، وحشيات خط رجوع الوقود يمكن مطابقتها معًا حسب رمز المحرك، فإن المركبة التي تخضع لأعمال المضخة/الحاقن تستطيع الحصول على قطع الغيار التي تحتاجها في جانب الخطوط خلال زيارة

خدمة واحدة. أما فحص الإحكام الذي يستغرق عشر دقائق قبل إعادة المركبة إلى الطريق، فهو أرخص ضمان ضد التعطل على الطريق.

في المحركات الحديثة لا تنتهي هذه السلسلة عند الحقن: فبعد الاحتراق النظيف يأتي على جانب العادم حقن جرعات نظام SCR، وهو ما يشرحه دليلنا حول ماهية AdBlue ووظيفته.

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