VADEN®
ORIGINAL

دليل تقني

أسطوانات التحكم وتبديل السرعات في ناقل الحركة (القير): أعراض الأعطال والاستبدال والصيانة

لماذا لا يكتمل تعشيق السرعة في ناقل حركة الشاحنة عندما تسرب أسطوانة تبديل السرعات الهواء؟ فحص الضغط، وتمييز عطل الصمام الكهرومغناطيسي، والاستبدال.

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

في المركبات التجارية الثقيلة، تشير صعوبة تبديل السرعات أو تعذر تعشيقها أو انفلاتها من تلقاء نفسها في الغالب إلى موضع واحد: أسطوانات تبديل السرعات (Schaltzylinder) المركبة على ناقل الحركة. يحرك السائق الذراع لكن المركبة «ترفض» التعشيق؛ وعندما تتوقف على جانب الطريق وتفتح الغطاء تسمع في الأعلى صفير هواء، أو تجد أسطوانة يرشح منها الزيت، أو أنبوب هواء مرتخيًا. ويتناول هذا الدليل الموضوع من أوله إلى آخره، من أعراض الأعطال إلى خطوات الاستبدال، ومن القيم الفنية إلى العمر التشغيلي والصيانة، بما يفيد الفني الذي يتعامل مع هذه الأسطوانات في الميدان، ومسؤول صيانة الأسطول، وبائع قطع الغيار.

أعد الفريق الفني في VADEN هذا المستند استنادًا إلى الخبرة الميدانية والمعرفة المكتسبة من تصنيع البدائل المكافئة لقطع OE. ونطاقات عزم الربط والضغط والتفاوتات الواردة فيه مرجع عام؛ أما القيمة الدقيقة فالمرجع فيها دليل خدمة OE الخاص بالمركبة وبناقل الحركة. آخر تحديث: سبتمبر 2026. ويستند تحديد أبعاد المكونات إلى عائلة المعايير الدولية ذات الصلة (ISO/EN/DIN/SAE) وإلى مواصفات OE الصادرة عن الشركة المصنعة.

ما هي أسطوانات التحكم وتبديل السرعات في ناقل الحركة؟ وظيفتها ومبدأ عملها

أسطوانة تبديل السرعات في ناقل الحركة (Schaltzylinder) مشغل هوائي ينفذ عمليات تبديل السرعات في ناقل حركة المركبات التجارية الثقيلة بقوة الهواء المضغوط، ويحول الأمر الصادر عن السائق أو عن وحدة التحكم في ناقل الحركة إلى حركة ميكانيكية تنتقل إلى شوكة تبديل السرعات داخل ناقل الحركة.

مبدأ العمل بسيط في جوهره: يدخل الهواء المضغوط الموجه عبر الصمامات الكهرومغناطيسية (كتلة صمامات التحكم في تبديل السرعات) إلى الحجرة الموجودة في أحد جانبي الأسطوانة ويدفع المكبس. وساق الدفع المتصلة بالمكبس مرتبطة بعمود الشوكة أو بشوكة تبديل السرعات داخل ناقل الحركة؛ وتحرك هذه الشوكة بدورها جلبة التزامن المعنية فتعشق الترس. وعند إدخال الهواء إلى الحجرة المقابلة يتحرك المكبس في الاتجاه المعاكس، فينتقل ناقل الحركة إلى الوضع المحايد أو إلى سرعة أخرى. وفي نواقل الحركة الأوتوماتيكية ونصف الأوتوماتيكية (AMT) تصدر هذه الأوامر عن وحدة التحكم في ناقل الحركة (TCU)، أما في نواقل الحركة الميكانيكية أو المدعومة هوائيًا فتأتي مباشرة من ذراع السائق.

وقد تكون هذه الأسطوانات في المركبات التجارية الثقيلة أحادية الفعل (ترجع بالنابض) أو مزدوجة الفعل؛ وفي بعض الأنظمة تستخدم أسطوانات منفصلة لمجموعة التقسيم (المجموعة العالية/المنخفضة) ولتبديل مجموعة المدى. كما تنتمي أسطوانات تبديل المدى (Rangeover) وأسطوانات مجموعة التقسيم إلى العائلة نفسها.

- **جسم الأسطوانة:** من الألومنيوم المصبوب عادة؛ ويضم حجرات الهواء وتجويف المكبس.
- **المكبس وساق الدفع:** العنصر الذي يدفعه الهواء؛ ويتصل بشوكة تبديل السرعات مباشرة أو عبر وصلة.
- **عناصر منع التسرب:** مانع تسرب المكبس/الحلقة الدائرية (O-ring)، والحلقة الكاشطة للساق، وحشيات الجسم — وهي أهم قطع التآكل في النظام.
- **النابض (في الأنواع الأحادية الفعل):** نابض الإرجاع الذي يعيد المكبس إلى موضعه عند انقطاع الهواء.
- **منافذ توصيل الهواء:** الوصلات وتوصيلات الخراطيم المؤدية إلى كتلة الصمامات.
- **حساس الموضع (في بعض أنظمة AMT):** حساس تغذية راجعة يبلغ TCU بموضع السرعة.

الفرق بين التحكم الهوائي والذراع اليدوي

في ناقل الحركة اليدوي التقليدي يعشق السائق الترس مباشرة بقوة ذراعه. أما في الأنظمة ذات التحكم الهوائي فيكتفي السائق بإعطاء الأمر، بينما يولد الهواء المضغوط قوة التعشيق الفعلية. ويخفف ذلك إرهاق السائق في نواقل الحركة الثقيلة (16 سرعة فأكثر)، لكنه يجعل النظام حساسًا لتسربات الهواء وأعطال الأسطوانات.

الأسطوانة الأحادية الفعل والأسطوانة المزدوجة الفعل

في الأسطوانة الأحادية الفعل يدفع الهواء في اتجاه واحد ويتولى النابض الإرجاع؛ وهي أبسط لكنها عرضة لكلال النابض. أما في الأسطوانة المزدوجة الفعل فيتحكم الهواء في الحركة في الاتجاهين، فتوفر تبديلًا أدق وأسرع، ولذلك تفضل في الوظائف الحرجة مثل مجموعة التقسيم ومجموعة المدى.

موقعها في النظام: سلسلة كتلة الصمامات والأسطوانة والشوكة

لا تعمل الأسطوانة بمفردها؛ إذ تعمل وحدة معالجة الهواء (مجفف الهواء، الضغط) وكتلة صمامات التحكم في تبديل السرعات والأسطوانة والسلسلة الميكانيكية المؤلفة من الشوكة ومجموعة التزامن معًا. وعند تشخيص العطل يجب النظر في هذه السلسلة كلها — لأن مصدر عرض «السرعة لا تتعشق» قد يكون الأسطوانة، وقد يكون أيضًا الصمام أو تسرب الهواء أو التآكل الميكانيكي.

التطبيق / النظام	نوع الأسطوانة النموذجي	مثال على الاستخدام
تبديل مجموعة المدى (المجموعة العالية/المنخفضة)	مزدوجة الفعل، مزودة بحساس موضع	نواقل الحركة ذات 16 سرعة في رؤوس القاطرات الثقيلة
التحكم في مجموعة التقسيم (المرحلة الوسيطة)	أحادية/مزدوجة الفعل، قصيرة الشوط	في مجموعات السرعات المقسمة
اختيار السرعة وتعشيقها	مشغل مزدوج الفعل	نواقل الحركة الأوتوماتيكية AMT
التعشيق المؤازر	أحادية الفعل ترجع بالنابض	نواقل الحركة اليدوية المدعومة هوائيًا

التحقق من رقم القطعة: تختلف أسطوانات تبديل السرعات في ناقل الحركة بحسب طراز ناقل الحركة وعدد السرعات وتهيئة مجموعتي المدى والتقسيم؛ وقد تختلف الأسطوانات المتشابهة في مظهرها الخارجي في الشوط واتجاه المنافذ ووصلة الساق. لذا طابق قبل الاستبدال حتمًا بين رقم OE للأسطوانة المفكوكة ولوحة بيانات نوع ناقل الحركة وبيانات شاسيه المركبة. وإذا ركبت أسطوانة ذات شوط أو منافذ خاطئة فلن تتعشق السرعة تمامًا أو ستتعرض مجموعة التزامن للإجهاد.

أعراض الأعطال والتشخيص

تتطور أعطال أسطوانة تبديل السرعات في الغالب بالتدريج: في البداية يصعب التبديل، ثم تظهر سرعات لا تتعشق تمامًا، وقد تتوقف المركبة في النهاية عن الحركة. وقراءة العرض قراءة صحيحة تحول دون استبدال قطع غيار لا داعي لاستبدالها.

العرض	السبب المحتمل	الفحص / التحقق
السرعة لا تتعشق / يبقى ناقل الحركة في الوضع المحايد	ثقب في مانع تسرب المكبس وتسرب داخلي للهواء؛ ضغط هواء غير كافٍ	قس ضغط النظام بمقياس الضغط (مانومتر)؛ وأجر اختبار التسرب عند منافذ الأسطوانة (بالماء والصابون)
تبديل السرعات صعب جدًا	اتساخ أو صدأ داخل الأسطوانة، انحشار المكبس؛ ضغط منخفض	افحص ضغط خرج وحدة معالجة الهواء؛ وتحقق يدويًا وبالعين من شوط الأسطوانة في الوضع المحايد
السرعة تنفلت من تلقاء نفسها	ضعف نابض الإرجاع، تآكل دليل الساق، خلوص في الشوكة	افحص قوة إرجاع المكبس؛ وقس الخلوص الميكانيكي للشوكة
تسرب هواء مستمر / ضاغط الهواء في حالة تشغيل دائمة	تمزق حشية الجسم أو الحلقة الكاشطة للساق؛ ارتخاء وصلة المنفذ	اختبار انخفاض الضغط والمحرك متوقف؛ وفحص كل منفذ برغوة الصابون
تأخر التبديل / بطء الاستجابة	انسداد جزئي في أنبوب الهواء، عطل في كتلة الصمامات، انتفاخ موانع التسرب	قس ضغط خرج الصمام؛ وافحص المقطع الداخلي للخرطوم والفلتر
رمز عطل AMT (موضع السرعة/المشغل)	حساس الموضع، مشكلة في شوط الأسطوانة، الضفيرة الكهربائية	اقرأ رمز العطل بجهاز التشخيص؛ وراقب إشارة الحساس في البيانات الحية
خروج هواء مختلط بالزيت/الرطوبة	تشبع مجفف الهواء، دخول الرطوبة إلى النظام، صدأ داخلي	افحص خرطوشة مجفف الهواء وتصريف خزانات الهواء

الهواء أولًا ثم الأسطوانة

القاعدة الذهبية في التشخيص: تحقق من تغذية الهواء قبل أن تتهم الأسطوانة. فضغط النظام غير الكافي أو مجفف الهواء المشبع أو الأنبوب المسدود يجعل الأسطوانة السليمة تبدو «معطلة». ولا يجوز فك الأسطوانة قبل التأكد من أن ضغط النظام بلغ قيمة التشغيل.

تسرب داخلي أم تسرب خارجي؟

يسهل اكتشاف التسرب الخارجي (خروج الهواء من حول الجسم أو الساق) بالماء والصابون. أما التسرب الداخلي (انتقال الهواء بين الحجرتين عبر مانع تسرب المكبس) فأكثر خفاء: إذ تبدو الأسطوانة سليمة من الخارج لكنها لا تحافظ على الضغط. وعند الاشتباه في تسرب داخلي يجب تزويد الأسطوانة بالضغط عبر منافذها والإصغاء إلى صوت التسرب من المنفذ المقابل.

عطل ميكانيكي أم هوائي؟

لا تكمن المشكلة أحيانًا في الأسطوانة، بل في تآكل الشوكة أو مجموعة التزامن. فإذا كانت الأسطوانة تدفع بقوة سليمة وتكمل الساق شوطها كاملًا ومع ذلك لا تتعشق السرعة، فالعطل داخل ناقل الحركة. واستبدال الأسطوانة دون هذا التمييز إهدار للوقت ولقطع الغيار.

قراءات إضافية

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

خطوات الاستبدال / التركيب

معدات الوقاية الشخصية والسلامة: قبل بدء العمل أوقف المركبة على أرض مستوية، وأطفئ المحرك، وضع مصدات العجلات، وفرغ الضغط من نظام الهواء بالكامل. ففك أسطوانة أو وصلة وهي تحت ضغط الهواء يؤدي إلى إصابة خطيرة. استخدم النظارات الواقية والقفازات وأحذية السلامة. وإذا كان ناقل الحركة ساخنًا فانتظر حتى يبرد.

1. **فرغ الضغط:** صرف خزانات الهواء لخفض ضغط النظام إلى الصفر؛ وتأكد من أن مقياس الضغط يشير إلى 0 bar.
2. **جهز المركبة:** أطفئ مفتاح التشغيل، وافصل قطب البطارية (خاصة في أنظمة AMT)، ونظف منطقة العمل والسطح العلوي لناقل الحركة.
3. **ضع علامات على التوصيلات:** صور خراطيم الهواء المتجهة إلى الأسطوانة ومقبس الحساس إن وجد، وضع عليها ملصقات؛ ولا تخلط بين اتجاهات المنافذ.
4. **فك خراطيم الهواء:** أرخ الوصلات بالمفتاح المناسب؛ وأغلق أطراف الخراطيم بحيث لا يدخلها الغبار أو الأوساخ.
5. **افصل الحساس/المقبس:** إذا كان هناك حساس موضع فافتح قفله وانزع المقبس بحذر، ولا تضغط على المشابك بقوة.
6. **فك الأسطوانة:** أرخ مسامير التثبيت بترتيب متقاطع؛ ثم أخرج الأسطوانة من مكانها دون إجهاد وصلة الساق.
7. **افحص الشوكة ومجراها:** بعد إخراج الأسطوانة افحص شوكة تبديل السرعات ومجرى الساق وسطح الارتكاز بحثًا عن تآكل أو تشققات.
8. **نظف سطح الارتكاز:** أزل بقايا الحشية القديمة والأوساخ؛ واجعل السطح مستويًا دون أن تخدشه.
9. **جهز الأسطوانة الجديدة:** تحقق من أن شوط الأسطوانة الجديدة أو البديلة واتجاه منافذها ووصلة ساقها مطابقة تمامًا للأسطوانة المفكوكة؛ واستخدم حشية وحلقة دائرية (O-ring) جديدتين.

10 **ركب الأسطوانة واربطها بالعزم المحدد:** ثبت الأسطوانة في مكانها؛ واربط المسامير وفق قيمة OE بترتيب متقاطع وعلى مراحل (انظر الجدول أدناه).

11 **صل التوصيلات واختبر:** صل خراطيم الهواء والحساس بالمنافذ الصحيحة، وزود النظام بالضغط، وأجر اختبار التسرب، ثم جرب جميع السرعات والمحرك دائر.

نقاط يجب الانتباه إليها (الأخطاء الشائعة)

أكثر الأخطاء شيوعًا هو الخلط بين اتجاهات المنافذ. فإذا وصلت خراطيم الهواء بشكل معكوس تحركت السرعة في الاتجاه الخاطئ أو لم تتعشق إطلاقًا؛ وفي أنظمة AMT قد يؤدي ذلك إلى خطأ في المعايرة وإلى قفل ناقل الحركة. لذا ضع العلامات حتمًا قبل الفك.
محاولة الفك قبل تفريغ الضغط أمر خطير، إذ قد يندفع المكبس أو الوصلة الواقعان تحت الضغط بقوة. كما أن إعادة استخدام الحشية القديمة تنتهي بالتسرب في كل الحالات تقريبًا — لذا يجب تجديد الحشية والحلقة الدائرية (O-ring) في كل عملية استبدال.

- تركيب أسطوانة بشوط أو نوع خاطئ — فالأسطوانات المتشابهة ظاهريًا قد تخص وظائف مختلفة.
- ربط المسامير دفعة واحدة وبترتيب متتالٍ — يؤدي ذلك إلى تشوه الجسم وإلى التسرب؛ اربطها بترتيب متقاطع وعلى مراحل.
- السماح بدخول الأوساخ أو الرطوبة إلى أنبوب الهواء — لا تترك المنافذ مفتوحة أثناء التركيب.
- إهمال مجفف الهواء ووحدة معالجة الهواء — فالهواء الرطب يعرض الأسطوانة الجديدة أيضًا للصدأ الداخلي خلال مدة قصيرة.
- إغفال إجراء المعايرة/التعلم بعد الاستبدال في أنظمة AMT — إذ يجب أن تتعلم TCU موضع الأسطوانة من جديد.
- إجبار وصلة الساق بالمطرقة — يؤدي ذلك إلى انحناء الشوكة والساق واختلال التبديل.

القيم الفنية ونقاط الفحص

القيم التالية نطاقات مرجعية نموذجية وعامة لأنظمة ناقل الحركة الهوائية في المركبات التجارية الثقيلة، وهي تختلف بحسب العلامة التجارية لناقل الحركة وطرازه؛ أما القيم الدقيقة فالمرجع فيها دليل خدمة OE.

المعامل	النطاق النموذجي / المرجعي العام	ملاحظة
ضغط تشغيل النظام	نحو 8–12.5 bar (≈116–181 psi)	عند خرج وحدة معالجة الهواء؛ وضغط القطع يتوقف على الطراز
الحد الأدنى لضغط تشغيل التحكم في تبديل السرعات	نحو 6.5–8 bar (≈94–116 psi)	دونه يصعب التبديل أو يتأخر
درجة حرارة تشغيل الأسطوانة	≈ من −40 °C إلى +100 °C	تختار مادة موانع التسرب وفق هذا النطاق
تفاوت شوط المكبس	±0.5–1 مم من قيمة OE	الانحراف الزائد يعني عدم اكتمال التعشيق
التسرب الساكن المقبول	المستهدف عمليًا «صفر»	يجب ألا يظهر انخفاض ملموس في اختبار انخفاض الضغط

نطاقات عزم الربط النموذجية لعناصر التثبيت والتوصيل (مرجع عام؛ والمعتمد هو قيمة OE):

نقطة الربط	نطاق عزم الربط النموذجي	ملاحظات
مسامير تثبيت الأسطوانة (M8)	نحو 20–30 Nm	ربط متقاطع وعلى مراحل
مسامير تثبيت الأسطوانة (M10)	نحو 40–55 Nm	على مراحل لتجنب تشوه الجسم
وصلة منفذ الهواء	نحو 12–20 Nm	الربط المفرط يتلف أسنان اللولب أو الوصلة
صامولة وصلة الساق / الشوكة	وفق قيمة OE	يركب دبوس الأمان أو القفل حتمًا إن وجد

اختبار انخفاض الضغط فحص عملي لسلامة النظام: ارفع ضغط النظام إلى قيمة التشغيل ثم أوقف المحرك، وراقب انخفاض الضغط خلال بضع دقائق. فالانخفاض السريع يشير إلى وجود تسرب؛ وحدد موضعه برغوة الصابون منفذًا تلو الآخر لمعرفة ما إذا كان في الأسطوانة أم في الصمام أو الأنبوب.

- تحقق دائمًا من أن ضغط النظام عند قيمة التشغيل؛ فلا تتهم الأسطوانة والضغط منخفض.
- تأكد بالعين من أن ساق الأسطوانة تكمل شوطها كاملًا وتعود بحرية.
- افحص جميع منافذ الهواء ومحيط الساق برغوة الصابون بحثًا عن التسرب.
- في أنظمة AMT نفذ إجراء تعلم السرعات/المعايرة بعد الاستبدال.
- أبعد الرطوبة عن النظام بفحص مجفف الهواء وتصريف الخزانات.

الصيانة والعمر التشغيلي

تتمتع أسطوانات تبديل السرعات بعمر طويل عندما تعمل بتغذية هواء منتظمة وجافة؛ وينشأ الجزء الأكبر من الأعطال المبكرة عن أسباب تتعلق بالنظام ككل (الرطوبة، والهواء الملوث، والضغط المنخفض). ولذلك لا ينبغي أن تقتصر الصيانة على الأسطوانة، بل أن تشمل سلسلة الهواء بأكملها.

- استبدل خرطوشة مجفف الهواء وفق الفترة التي تحددها الشركة المصنعة؛ فالرطوبة هي العدو الأول لموانع التسرب وللجسم.
- صرف خزانات الهواء بانتظام (يدويًا إذا لم يكن هناك تصريف تلقائي).
- افحص التسرب عند منافذ الأسطوانة وحول الساق في الصيانة الدورية.
- إذا بدأ التبديل يصعب أو يتأخر فعالج العطل قبل أن يتفاقم.
- افحص خراطيم التوصيل بحثًا عن التشققات والاحتكاك والارتخاء.
- في أنظمة AMT اقرأ رموز الأعطال دوريًا لرصد الإنذارات المبكرة.

إن أسطوانة تبديل السرعات المركبة تركيبًا صحيحًا، والمزودة بحشيات عالية الجودة، والمغذاة بهواء جاف، تؤدي عملها دون مشكلات طوال فترة طويلة بين مواعيد صيانة المركبة. ومعظم عمليات الاستبدال المبكر لا تنشأ عن الأسطوانة نفسها، بل عن إهمال صيانة وحدة معالجة الهواء؛ ولذلك فإن فحص بقية النظام وصيانته عند استبدال الأسطوانة هو النهج الأكثر اقتصادًا.

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