VADEN®
ORIGINAL

دليل تقني

حلقات مكبس المحرك: حرق الزيت وفقدان الانضغاط واستبدال الحلقات

مهام حلقات المكبس في محركات المركبات التجارية الثقيلة، وتمييز مصدر حرق الزيت، وتسرب الغازات واختبار التسرب، وقياس فجوة طرفي الحلقة وقواعد الاستبدال.

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

يدخل أحد رؤوس القاطرات في الأسطول إلى الورشة بملاحظة «ينقص الزيت». لا يوجد تسريب يقطر من أسفل المحرك، ولا يظهر أثر للزيت في سائل التبريد، ويذكر السائق أنه يضيف الزيت من حين لآخر في الرحلات الطويلة. وعند فك غطاء فتحة تعبئة الزيت والمحرك ساخن، يهتز الغطاء في اليد وتخرج من الفتحة نفخة متواصلة؛ وحين يقترن ذلك بالدخان المائل إلى الزرقة الخارج من العادم تحت الحمل تتضح الصورة. فجزء من الضغط في غرفة الاحتراق يتسرب إلى الأسفل، وجزء من الزيت النازل إلى حوض الزيت يصعد إلى الأعلى. والمجموعة الوحيدة من المكونات القادرة على إحداث هاتين الظاهرتين في آن واحد هي حلقات المكبس.

أعد الفريق الفني في VADEN هذه الوثيقة لتشخيص حلقات المكبس وقياسها واستبدالها في محركات الديزل للمركبات التجارية الثقيلة. وقيم الفجوة والخلوص والضغط والسطح الواردة هنا ذات طابع مرجعي عام، والمرجع في البيانات الدقيقة هو أحدث دليل خدمة OE المطابق لرمز المحرك والشاسيه الخاصين بالمركبة. آخر تحديث: سبتمبر 2026.

ما هي حلقة المكبس وكم حلقة توجد في المكبس الواحد؟

حلقة المكبس حلقة مشقوقة تستقر في مجاري المكبس، وقطرها في الحالة الحرة أكبر قليلًا من قطر القميص، لذا ترتكز بعد التركيب على سطح الأسطوانة بقوة مرونتها الذاتية. ويصنع المكبس دائمًا بقطر أصغر من القميص كي يتمكن من التمدد عند درجة حرارة التشغيل؛ وحلقات المكبس هي العنصر الوحيد الذي يسد الفجوة بينهما، أي الحد الفاصل بين غرفة الاحتراق وعلبة المرفق. فالمكبس ليس هو ما يحقق الإحكام، بل يحمل الحلقات فقط وينقل القوة إلى مسمار المكبس.

الترتيب الشائع في محركات الديزل للمركبات التجارية الثقيلة هو **ثلاث حلقات**: حلقة الانضغاط الأولى في الأعلى، وتحتها حلقة الانضغاط الثانية (حلقة الكشط)، ثم حلقة الزيت في الأسفل. وفي بعض المحركات توجد ثلاث حلقات انضغاط فوق مسمار المكبس، وفي بعض التصاميم القديمة توجد حلقة زيت ثانية أسفل المسمار. ومع اختلاف العدد يبقى توزيع المهام واحدًا: الحلقات العلوية تحبس الغاز، والسفلية تضبط كمية الزيت.

ولا تأتي الحلقات كلها من نوع واحد. ففي محركات الديزل الثقيلة تكون الحلقة الأولى في الغالب **ذات مقطع شبه منحرف**؛ إذ يحرك المقطع المائل الحلقة حركة خفيفة داخل المجرى مع كل حركة ترددية للمكبس، فيكسر تراكم السخام. ويشغل سطحها الخارجي بشكل برميلي ويقسى بطبقة طلاء. أما الحلقة الثانية فمن النوع ذي السطح المخروطي أو ذي الحافة المدرجة (Napier)، واتجاه الكشط فيها محدد عن قصد. وتصنع حلقة الزيت إما قطعة واحدة مع نابض وإما من عدة أجزاء؛ ويضغط النابض الحلقة على القميص، بينما تعيد الشقوق في جسمها وثقوب التصريف في المكبس الزيت المكشوط إلى حوض الزيت.

يتناول هذا الدليل حلقات المكبس وحدها. أما المكبس نفسه الذي تستقر فيه الحلقات، وأنواع القميص الجاف والرطب، وبروز القميص والتكهف وما شابهها من موضوعات، فقد عولجت تحت عنوان مستقل؛ ولمعرفة أعراض المكبس والقميص وقياساتهما وخطوات استبدالهما يمكن الرجوع إلى دليل مكبس المحرك والقميص. والسؤال هنا أضيق نطاقًا: متى تتعطل الحلقات التي تحقق الإحكام، ولماذا، وكيف؟

لكل حلقة من الحلقات الثلاث مهمة مختلفة

في الميدان يشار إلى حلقات المكبس كأنها طقم واحد، مع أن كل واحدة من الثلاث تؤدي عملًا مختلفًا وتعطي أعراضًا مختلفة عند تلفها. فحرق المحرك للزيت ليس هو نفسه فقدانه للانضغاط؛ وإذا عرفت وظيفة كل حلقة أمكن الانتقال من العرض إلى الآلية مباشرة.

حلقة الانضغاط الأولى تحبس الجزء الأكبر من ضغط الاحتراق. ولها مهمة ثانية كثيرًا ما يغفل عنها: إذ ينتقل جزء كبير من الحرارة التي يتلقاها تاج المكبس عبر هذه الحلقة إلى القميص، ومنه إلى سائل التبريد. وعندما تلتصق الحلقة في مجراها يفقد المكبس إحكامه ومسار تبريده معًا؛ فترتفع حرارة التاج ويتسارع التلف.

الحلقة الثانية تحبس الغاز المتبقي الذي يتجاوز الحلقة الأولى، وتكشط الزيت عن القميص في الوقت نفسه. كما تتحكم في الضغط المتجمع أسفل الحلقة الأولى، فتمنع اضطرابها داخل مجراها (رفرفة الحلقة). ويكشط سطحها المخروطي أو ذو الحافة المدرجة في الاتجاه السفلي فقط؛ وإذا ركبت مقلوبة فإنها تضخ الزيت إلى الأعلى بدلًا من كشطه.

حلقة الزيت لا تزيل الزيت عن القميص بالكامل، بل تضبط كميته. إذ يجب أن تبقى على سطح القميص طبقة رقيقة تنزلق عليها الحلقات؛ فإذا زالت هذه الطبقة تمامًا بدأ الاحتكاك الجاف وتعرض القميص للخدوش. ومهمة حلقة الزيت أن تحافظ على هذه الطبقة بسماكة لا تسمح بانتقال الزيت إلى غرفة الاحتراق، وأن تعيد الفائض إلى حوض الزيت.

مهام حلقات المكبس والنتائج المترتبة على تآكلها

الحلقة	المهمة الأساسية	عند فقدان وظيفتها
حلقة الانضغاط الأولى	تحبس ضغط الاحتراق وتنقل حرارة المكبس إلى القميص	فقدان الانضغاط والقدرة، وارتفاع ضغط علبة المرفق، والسخونة الزائدة في تاج المكبس
حلقة الانضغاط الثانية (حلقة الكشط)	تحبس الغاز المتبقي وتكشط الزيت وتوازن الضغط أسفل الحلقة العلوية	زيادة استهلاك الزيت، ورفرفة الحلقة، وتسارع تآكل الحلقة العلوية
حلقة الزيت ونابضها	تضبط طبقة الزيت وتعيد الفائض إلى حوض الزيت	استهلاك واضح للزيت، ودخان أزرق تحت الحمل، وسخام في غرفة الاحتراق وعلى صمامات المحرك
مجرى الحلقة (في المكبس)	يحمل الحلقة ويحدد الخلوص الجانبي	يتسع المجرى وتضطرب حركة الحلقة، ويتلف الطقم الجديد أيضًا خلال وقت قصير

كيف تحقق حلقة المكبس الإحكام؟ ضغط الغاز وطبقة الزيت

يعتقد كثيرون أن الحلقة تضغط على القميص بقوة مرونتها الذاتية فقط، لكن هذا جزء صغير من الصورة. ففي أثناء الانضغاط والاحتراق يدخل الضغط من فوق الحلقة إلى المجرى وإلى ما خلف الحلقة. فيدفع الضغط القادم من الخلف الحلقة نحو القميص، بينما يثبتها الضغط القادم من الأعلى على السطح السفلي للمجرى. أي أن **الحلقة تحقق الإحكام مستخدمة الضغط نفسه الذي يجب عليها أن تحبسه**.

ولهذا نتيجتان عمليتان. الأولى أن الإحكام يتحسن مع الحمل؛ ففي المحرك الذي يعمل طويلًا على السرعة الخاملة أو بحمل منخفض جدًا يكون دعم الضغط ضعيفًا، ويتسارع تراكم السخام، وتختل حركة الحلقة الحرة داخل مجراها مع الوقت. وهذا أحد أسباب احتساب ساعات التشغيل على السرعة الخاملة ضمن حساب عمر المحرك في المركبات التجارية الثقيلة.

والثانية أنه لا بد أن **تبقى الحلقة حرة الحركة** داخل مجراها. فالحلقة تستقر في المجرى بخلوص جانبي محدد، وهذا الخلوص يؤمن مسار الغاز ويسمح للحلقة بأن تأخذ وضعها الصحيح بنفسها. وعندما يمتلئ المجرى بالسخام أو تتآكل جدرانه، فإما ألا تتحرك الحلقة إطلاقًا وإما أن تتحرك أكثر من اللازم، وفي الحالتين يصبح دعم الضغط غير منتظم. وينشأ جزء كبير من أعطال حلقات المكبس لا من تآكل الحلقة نفسها، بل من فقدان حرية الحركة هذه. والتوازن دقيق في جانب الزيت أيضًا: فإذا كانت طبقة الزيت سميكة جدًا انتقل الزيت إلى غرفة الاحتراق، وإذا كانت رقيقة جدًا بدأ تلامس المعدن بالمعدن.

كيف تتعرف على أعراض تعطل حلقات المكبس؟

لا يظهر عطل حلقات المكبس بعرض واحد، ولا يكاد يكون مفاجئًا أبدًا. والنمط العام كما يلي: يزداد استهلاك الزيت ببطء أولًا، ثم يرتفع ضغط علبة المرفق، وفي النهاية يتضح فقدان الانضغاط والقدرة. وكثيرًا ما تكون مقارنة سجلي الاستهلاك لمركبتين متطابقتين تعملان على الخط نفسه أسرع وسيلة للاستبعاد.

الأعراض والآليات والتحقق الأولي في الأعطال الناتجة عن حلقات المكبس

العرض	الآلية المحتملة	التحقق الأولي
زيادة تدريجية في استهلاك الزيت	تآكل حلقة الزيت أو كلال نابضها	سجل الاستهلاك لكل كيلومتر، وفحص التسريبات الخارجية
دخان مائل إلى الزرقة مستمر تحت الحمل	انتقال الزيت إلى غرفة الاحتراق	مراقبة الدخان تحت الحمل، وقياس ضغط علبة المرفق

العرض	الآلية المحتملة	التحقق الأولي
نفخ من غطاء فتحة تعبئة الزيت أو من فتحة عصا القياس	تسرب غازات الاحتراق إلى علبة المرفق وازدياد كميتها	قياس الضغط عند مخرج تنفيس علبة المرفق
فقدان القدرة، وصعوبة صعود المنحدرات	فقدان الانضغاط، وانخفاض الضغط في نهاية شوط الانضغاط	مقارنة الأسطوانات في اختبار الانضغاط واختبار التسرب
صعوبة بدء التشغيل على البارد، وطول مدة التدوير	عدم بلوغ درجة حرارة الاشتعال بسبب انخفاض الانضغاط	مقارنة الانضغاط لكل أسطوانة أثناء التدوير ببادئ الحركة
زيت في مشعب السحب وفي أنابيب المبرد البيني	بخار زيتي قادم من تنفيس علبة المرفق	التمييز بين نقطة عودة التنفيس وجانب الشاحن التوربيني
عدم انخفاض مستوى الزيت مع وجود شكوى من الاستهلاك	تخفيف الزيت بالوقود؛ المشكلة في جرعات الحقن لا في الحلقات	فحص رائحة الزيت ولزوجته، وبيانات جرعات الحقن
فرق واضح في أسطوانة واحدة	حلقة مكسورة أو ملتصقة، أو تلف موضعي في القميص	مقارنة الأسطوانات في اختبار التسرب

هناك فخان عند قراءة هذا الجدول. أولهما أن أيًّا من هذه الأعراض ليس خاصًّا بحلقات المكبس؛ فتنفيس علبة المرفق المسدود، أو مانع تسرب الشاحن التوربيني المتآكل، أو حاقن الوقود الذي يقطر، كلها تنتج صورة مشابهة. وثانيهما أنه لا يتوقع أن يكون استهلاك الزيت صفرًا؛ فكل شركة مصنعة للمحركات تحدد هامشًا معينًا للاستهلاك. والمهم ليس الكمية المطلقة، بل الانحراف عن السجل السابق للمركبة نفسها.

كيف تميز حرق الزيت الناتج عن حلقات المكبس؟

أكثر أخطاء التشخيص كلفة في شكوى استهلاك الزيت هو فتح المحرك مباشرة. فللزيت أربعة مسارات رئيسية لدخول غرفة الاحتراق، ثلاثة منها لا علاقة لها بحلقات المكبس: أدلة صمامات المحرك وموانع تسرب سيقانها، وموانع تسرب عمود الشاحن التوربيني، والزيت الذي يحمله تنفيس علبة المرفق إلى مجرى السحب، وأخيرًا الحلقات والقميص. والأربعة جميعها تنتج دخانًا أزرق؛ وما يميز بينها هو **ظروف التشغيل التي يظهر فيها الدخان**.

مصادر دخول الزيت إلى غرفة الاحتراق والعلامات المميزة لكل منها

المصدر	نمط الدخان المعتاد	العلامة المصاحبة	الفحص المميز
أدلة صمامات المحرك وموانع تسرب سيقانها	قصير الأمد عند أول تشغيل، أو بعد تشغيل طويل على السرعة الخاملة، أو بعد استخدام فرامل المحرك	ضغط علبة المرفق طبيعي، ولا دخان عند السرعة الثابتة	فحص مجموعة رأس الأسطوانة وخلوص أدلة الصمامات
مانع تسرب عمود الشاحن التوربيني	واضح عند الضغط على دواسة الوقود بعد السرعة الخاملة، ودخان مستمر تحت الحمل	تراكم الزيت في أنبوب السحب وداخل المبرد البيني	خلوص عمود الشاحن التوربيني، وآثار الزيت في جانبي السحب والعادم
خط تنفيس علبة المرفق	متغير، وخفيف في الغالب	زيت في مسار السحب، وتشبع فاصل الزيت	تنظيف الخط وفاصل الزيت، وقياس ضغط علبة المرفق
حلقات المكبس والقميص	مستمر تحت الحمل، ويزداد مع ارتفاع عدد الدورات	ضغط علبة المرفق مرتفع، ونفخ من غطاء فتحة التعبئة	اختبار التسرب، وضغط علبة المرفق، وتوزع قيم الانضغاط
تسريب خارجي	لا يوجد دخان	ينخفض المستوى، وتظهر آثار الزيت أسفل المحرك وعلى كتلته	مراقبة التسريب بعد تنظيف كتلة المحرك

أقوى معيار منفرد للتمييز هو ضغط علبة المرفق. ففي الاستهلاك الناتج عن موانع تسرب سيقان الصمامات يكون ضغط علبة المرفق طبيعيًا، لأن غاز الاحتراق لا يتسرب إلى الأسفل. أما في الاستهلاك الناتج عن حلقات المكبس فيصعد الزيت إلى الأعلى بينما ينزل الغاز إلى الأسفل؛ فيظهر العرضان معًا. ولذلك فإن أول ما ينبغي فعله ليس فك الأسطوانات، بل قياس ضغط علبة المرفق وتسجيل الظروف التي يظهر فيها الدخان. ولأعراض جانب الصمامات وتآكل أدلتها وفك مجموعة رأس الأسطوانة، يقدم دليل مجموعة رأس أسطوانة المحرك قائمة فحص مستقلة.

فقدان الانضغاط ومنطق اختبار التسرب

يقيس اختبار الانضغاط أعلى ضغط تبلغه الأسطوانة عند سرعة التدوير ببادئ الحركة، ويوفر وسيلة استبعاد سريعة. وله حدان: فالقيمة المطلقة تتغير بحسب سرعة التدوير ودرجة حرارة الزيت وحالة البطارية، كما أنه لا يكشف سبب الانخفاض. ولذلك لا تقرأ النتيجة بحثًا عن رقم بعينه، بل بوصفها **توزعًا للقيم بين الأسطوانات**.

أما الاختبار الذي يكشف السبب فهو اختبار التسرب. إذ تثبت الأسطوانة عند النقطة الميتة العليا في نهاية شوط الانضغاط، ويدخل إليها الهواء المضغوط من الخارج، ثم يستمع إلى مكان خروج الهواء المتسرب. وقوة هذه الطريقة أنها تظهر مسار التسرب مباشرة.

موضع خروج الهواء في اختبار التسرب والعيب الذي يشير إليه

موضع سماع الهواء	العيب الذي يشير إليه	الخطوة التالية
فتحة عصا قياس الزيت، وفتحة التعبئة، وتنفيس علبة المرفق	فقدان الإحكام بين حلقات المكبس والقميص	قياس ضغط علبة المرفق، وفحص القميص بالمنظار الداخلي
مشعب السحب أو علبة فلتر الهواء	صمام السحب لا ينغلق تمامًا	فحص خلوص الصمام ومقعده
مخرج العادم	صمام العادم لا ينغلق تمامًا	فحص خلوص الصمام ومقعده، والبحث عن صمام محترق
فقاعات في خزان تمدد سائل التبريد	تلف حشية رأس الأسطوانة أو وجود شرخ	اختبار الضغط وفحص مجموعة رأس الأسطوانة
وصول الهواء من الأسطوانة المجاورة	تسرب عبر الحشية بين الأسطوانات	فحص الحشية واستواء سطح رأس الأسطوانة

ويقوم منطق «الاختبار الرطب» التقليدي بالتمييز نفسه بطريقة بسيطة: تضاف كمية صغيرة من زيت المحرك النظيف إلى الأسطوانة المنخفضة الانضغاط في الحدود التي تسمح بها الشركة المصنعة، ثم يعاد القياس. فالزيت يسد الفجوة بين الحلقات والقميص مؤقتًا. فإذا ارتفعت القيمة بوضوح فالتسرب **في جانب الحلقات والقميص**؛ وإذا لم تتغير فهو في جانب الصمامات أو الحشية. وتطبق هذه الطريقة بحذر في محركات الديزل الثقيلة، ويجب التحقق من الكمية ومن إمكانية التطبيق في دليل OE.

عند ضغط الأسطوانة بالهواء في اختبار التسرب قد يدور المحرك من تلقاء نفسه. فإذا لم يكن المكبس عند النقطة الميتة تمامًا فإن الضغط يدير عمود المرفق؛ ووجود يد أو أداة في منطقة الحدافة أو البكرة أو المروحة يؤدي إلى إصابة خطيرة. قبل بدء الاختبار قم بتأمين المركبة، واسحب فرامل الركن، وضع ناقل الحركة في وضع الحياد، واحرص على نزع أداة تدوير عمود المرفق، وابتعد عن منطقة الأجزاء الدوارة. وفي المحرك الساخن تشكل أسطح العادم ورأس الأسطوانة خطر الحروق؛ ولا تستخدم خط الهواء المضغوط إلا مع منظم ضغط مناسب.

قياس ضغط علبة المرفق وتسرب الغازات: البيانات الأكثر قدرة على التمييز

تسرب الغازات إلى علبة المرفق (Blow-by) هو مرور غاز الاحتراق متجاوزًا حلقات المكبس إلى علبة المرفق، ولا يساوي صفرًا في أي محرك. فحتى المحرك السليم فيه تسرب قابل للقياس؛ لأن إحكام حلقات المكبس ليس مطلقًا بل إحصائي. والعبرة بما إذا كان هذا التسرب يتجاوز الحد الذي تحدده الشركة المصنعة، وما إذا كان يظهر اتجاهًا متزايدًا مع الوقت. ويجرى القياس عند

مخرج تنفيس علبة المرفق والمحرك في درجة حرارة التشغيل، وبعدد الدورات والحمل اللذين يحددهما دليل OE؛ ولا يمكن مقارنة قياسين أخذا في ظروف مختلفة.

هناك خطآن شائعان في التفسير. الأول اعتبار ارتفاع ضغط علبة المرفق عطلًا في حلقات المكبس مباشرة. فانسداد خط التنفيس أو فاصل الزيت يؤدي إلى النتيجة نفسها، وإصلاحه أرخص بكثير. ثم إن أسطوانات المحرك نفسه ليست المصدر الوحيد الذي يرسل الغاز إلى علبة المرفق: فحلقات مكبس ضاغط هواء الفرامل، الذي يتم تزييته بزيت المحرك ويعمل متصلًا بعلبة المرفق، تسهم هي الأخرى في رفع ضغط علبة المرفق عند تآكلها، ويصاحب ذلك في هذه الحالة عرض ثان هو انتقال الزيت إلى منظومة الهواء. والخطأ الثاني هو اتخاذ القرار بناءً على قياس واحد؛ فالقيمة الحقيقية لقياس تسرب الغازات تكمن في تسجيله على فترات منتظمة وقراءته كاتجاه.

أرخص طريقة لمتابعة حالة حلقات المكبس في الأسطول هي الاحتفاظ بثلاثة سجلات جنبًا إلى جنب: كمية الزيت المضافة لكل كيلومتر، والقياس الدوري لضغط علبة المرفق، واتجاه الحديد والسيليكون في تحليل الزيت. فإذا ارتفعت الثلاثة معًا وجب التحقق من إحكام مسار سحب الهواء قبل فتح المحرك؛ فالغبار الداخل مع الهواء المسحوب يسبب أسرع تآكل معروف للحلقات والقميص، وكثيرًا ما يكون مصدره مشبكًا واحدًا مرتخيًا أو وصلة مطاطية مرنة ممزقة.

التصاق حلقات المكبس: رواسب الكوك والسخام وأسبابها

ينشأ جزء كبير من أعطال حلقات المكبس لا من التآكل بل من **الالتصاق**. فرواسب الكوك الصلبة والسخام المتراكمة في المجرى تقيد حركة الحلقة؛ والحلقة المقيدة لا تستطيع الارتكاز على القميص فيزول الإحكام. وعندما تلتصق حلقة الزيت يتعذر كشط الزيت الزائد فيرتفع الاستهلاك فجأة. وفي هذه الحالة تكون الحلقة نفسها غالبًا سليمة من حيث القياسات؛ وما يفقدها وظيفتها هو الرواسب المحيطة بها. والأسباب يغذي بعضها بعضًا:

- **السخونة الزائدة:** ضعف التبريد وانسداد المبرد يسرعان تفحم الزيت على تاج المكبس.
- **إطالة فترة تغيير الزيت:** تنفد الإضافات المنظفة في الزيت المتأكسد، فلا يبقى السخام معلقًا ويترسب في المجاري.
- **اختيار زيت غير مناسب:** الزيت الذي لا يستوفي المواصفة التي يتطلبها المحرك لا يوفر قدرة التنظيف والثبات الحراري اللازمين في درجات الحرارة العالية.
- **كثرة التشغيل على السرعة الخاملة وانخفاض الحمل:** يتسارع تراكم السخام عند انخفاض حرارة الاحتراق، ويبقى دعم ضغط الغاز ضعيفًا.
- **خلل جرعات الحقن وتخفيف الزيت بالوقود:** حاقن الوقود الذي يقطر ينتج السخام ويغسل طبقة الزيت معًا؛ كما أن زيادة حمل السخام العائد إلى السحب تغذي الترسبات.

قد تكون أعراض الحلقة الملتصقة أوضح والمحرك بارد، وقد تتراجع جزئيًا كلما سخن المحرك؛ وسبب ذلك لين السخام بالحرارة، ولا يعني أن العطل قد زال. والمنتجات المذيبة التي تضاف إلى الزيت أو الوقود قد تفيد جزئيًا في الترسبات الخفيفة، لكنها لا تصلح مجرى متآكلًا ولا نابضًا أصابه الكلال ولا حلقة مكسورة. وكل تنظيف يجرى دون الوصول إلى السبب الجذري مؤقت أيضًا؛ ففترة تغيير الزيت نفسها ونمط التشغيل نفسه يعيدان النتيجة ذاتها بعد بضعة آلاف من الكيلومترات.

ما هي فجوة طرفي الحلقة ولماذا تقاس؟

حلقة المكبس ليست حلقة مغلقة؛ بل بين طرفيها فجوة متروكة عن قصد. والسبب بسيط: فالحلقة تتمدد عند درجة حرارة التشغيل. فإذا كانت الفجوة غير كافية تلامس الطرفان، وضغطت الحلقة على القميص من الداخل فخدشت سطحه، وكثيرًا ما تنكسر. وإذا كانت الفجوة زائدة تسرب الغاز منها مباشرة؛ فينخفض الانضغاط ويزداد تسرب الغازات إلى علبة المرفق.

الفجوة ليست قياسًا تقريبيًا؛ بل تحسب بما يتناسب مع قطر الأسطوانة وتختلف بحسب نوع الحلقة. وفي محركات المركبات التجارية الثقيلة تكون القيم عادة في حدود أعشار المليمتر، لكن الرقم الدقيق لا يؤخذ إلا من دليل OE الخاص برمز المحرك. ويجرى القياس والحلقة داخل القميص، لأن الفجوة مرتبطة بالقطر الذي تستقر فيه الحلقة.

1. امسح القميص والحلقة بقطعة قماش نظيفة؛ فطبقة الزيت وبقايا البرادة المعدنية تفسد القياس.
2. ادفع الحلقة داخل القميص حتى العمق الذي سيجرى عنده القياس؛ ويحدد هذا العمق في دليل OE، وغالبًا ما يكون في المنطقة السفلية غير المتآكلة من القميص.
3. لتستقر الحلقة عمودية على محور القميص، ادفعها إلى الداخل بتاج أحد المكابس؛ فالحلقة المائلة تظهر فجوة غير حقيقية.
4. قس الفجوة بين الطرفين بطقم مقاييس الخلوص؛ ويجب أن تمر الشريحة باحتكاك خفيف.
5. قس كل حلقة على حدة، وضع علامة تبين الأسطوانة التي تنتمي إليها كل حلقة.
6. قارن القياس بالمدى الذي يحدده OE؛ فإذا تجاوزت الفجوة الحد الأعلى لا يستخدم طقم الحلقات.
7. إذا كانت الفجوة أقل من الحد الأدنى وسمحت الشركة المصنعة بذلك، توسع بحذر بأداة تجليخ أطراف الحلقات المناسبة، ثم تزال الحواف الحادة.
8. قياس الحلقة نفسها في المنطقتين العلوية والسفلية من القميص كل على حدة يعطي فكرة عن تآكل القميص أيضًا؛ فالفرق الواضح يشير إلى اتساع القطر في المنطقة العلوية.

والقياس الحرج الثاني بعد الفجوة هو **الخلوص الجانبي**: أي الخلوص الرأسي للحلقة داخل مجراها. ويقاس بمقياس الخلوص بين الحلقة والسطح العلوي للمجرى، ويبين ما إذا كان المجرى قد تآكل أم لا. وفي الحلقات ذات المقطع شبه المنحرف لا يمكن قياس تآكل المجرى بدقة بمقياس خلوص مسطح، بل يستخدم لذلك مقياس خاص بالمقطع شبه المنحرف. وإذا تآكل المجرى فالحل ليس حلقات جديدة بل المكبس نفسه؛ فالطقم الجديد المركب في مجرى متآكل يعيد العطل نفسه خلال وقت قصير.

قراءات إضافية

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

الشحذ الدقيق (الهونينغ) للقميص وتكيف حلقات المكبس

تعمل حلقة المكبس بالتكيف مع النسيج السطحي للقميص. والشحذ هو ما ينتج هذا النسيج: إذ تحفر على السطح خطوط متقاطعة بزاوية محددة. ولهذه الخطوط وظيفتان؛ فهي تحتفظ بالزيت فتضمن استمرارية طبقته، وتوفر تآكلًا مضبوطًا في أثناء تكيف الحلقة الجديدة. وتؤخذ زاوية الخطوط وخشونة السطح من وثائق الشركة المصنعة للقميص والمحرك.

وكلا الطرفين ضار. فالسطح الشديد الخشونة يسرع تآكل الحلقة، والزيت المتجمع في الخطوط العميقة يرفع الاستهلاك. أما السطح الشديد اللمعان الخالي من الخطوط، أي السطح المتزجج، فيجعل تكيف الحلقة مستحيلًا؛ ومهما طالت فترة الترويض لا يتوقف المحرك عن حرق الزيت. وينتج التزجج غالبًا عن التشغيل لفترات طويلة بحمل منخفض. ولهذا يفضل في التطبيقات الحديثة **الشحذ الهضبي** الذي تزال فيه قمم الخشونة؛ فتستقر الحلقة على مساحة واسعة منذ الساعات الأولى. ومعظم الأقمصة الرطبة المستخدمة في المركبات التجارية الثقيلة تأتي مشحوذة من الشركة المصنعة و**لا يعاد شحذها**. والتنظيف بعد الشحذ لا يقل أهمية عن العملية نفسها؛ فبقايا حجر الشحذ والحديد الزهر على السطح لا يمكن إزالتها بالكيروسين، بل يغسل السطح بالماء الساخن والصابون وبالفرشاة، ثم يجفف فورًا ويزيت.

الترويض هو الخطوة الأخيرة في تكيف الحلقات. والنهج المتعارف عليه في ساعات التشغيل الأولى هو تجنب التشغيل الطويل على السرعة الخاملة، وتشغيل المحرك بأحمال متغيرة، وعدم إجهاده بالحمل الكامل لفترات طويلة. ومن الطبيعي أن

يكون استهلاك الزيت مرتفعًا بعض الشيء في هذه المرحلة؛ وإجراء أول تغيير للزيت والفلتر في وقت مبكر يزيل من النظام الجزيئات المعدنية الناتجة عن الترويض. وتختلف المدة ونمط التحميل بحسب الشركة المصنعة للمحرك.

أكثر الأخطاء شيوعًا في تركيب حلقات المكبس

معظم شكاوى استمرار استهلاك الزيت بعد تركيب حلقات جديدة لا تنشأ من القطعة، بل من التركيب. فحلقة المكبس من القطع النادرة التي يتأثر تركيبها بالاتجاه والترتيب بقدر تأثره بالتفاوتات المسموح بها.

1. لا تكشط مجاري المكبس بحلقة قديمة أو بمفك براغي؛ فذلك يوسع المجرى ويفسد الخلوص الجانبي بشكل دائم. استخدم أداة تنظيف المجاري المناسبة.
2. لا تحاول تركيب الحلقة بفتحها باليد؛ فالتركيب دون كماشة حلقات المكبس يشوه الحلقة ويضعف قوة مرونتها.
3. ركب الحلقات التي يحمل وجهها العلوي علامة بحيث تكون العلامة إلى الأعلى. فالحلقة الثانية ذات السطح المخروطي أو الحافة المدرجة إذا ركبت مقلوبة تضخ الزيت إلى الأعلى بدلًا من كشطه؛ فيحرق المحرك الزيت منذ اليوم الأول.
4. في حلقة الزيت المتعددة الأجزاء تحقق بالنظر من أن طرفي النابض غير متراكبين؛ فالنابض المتراكب يجعل الاستهلاك دائمًا.
5. باعد بين فجوات الحلقات بالزوايا التي يحددها OE. فإذا جاءت الفجوات على استقامة واحدة انفتح طريق مباشر أمام الغاز؛ كما يتجنب في توزيعها محور مسمار المكبس وسطح الدفع.
6. قبل التركيب قم بتزييت الحلقات والقميص بزيت محرك نظيف؛ ولا تستخدم الشحم أو معجون التركيب.
7. عند إدخال المكبس في القميص اختر مشبك ضغط الحلقات بالقطر الصحيح وثبته جيدًا على القميص؛ فإذا انفلت المشبك انكسرت الحلقة عند فوهة القميص.
8. إذا شعرت بعائق فاسحب المكبس إلى الخلف وتحقق مما إذا كانت الحلقة قد خرجت من المشبك؛ فالإصرار بالطرق بمقبض المطرقة يتلف الحلقة أو فوهة القميص.
9. بعد التركيب أدر عمود المرفق يدويًا بضع دورات للتأكد من عدم وجود أي عائق، وسجل الطقم المستخدم وبيانات القياس في ملف المركبة.

الأوساخ التي تتسرب إلى منطقة الحلقات والقميص تكلف أكثر بكثير من العمل نفسه. فيجب سد جميع الممرات المفتوحة أثناء الفك، وعدم استخدام الفرشاة السلكية أو السفع الرملي أو القماش الذي يترك وبرًا في منطقة العمل. وإسقاط أداة على سطح القميص، أو كشطه بأداة حادة، أو إغفال الغسل بعد الشحذ، كلها تستهلك طقم الحلقات الجديد في ساعة التشغيل الأولى. ولا يعاد استخدام أي حلقة مفكوكة، حتى لو بدت قياساتها مناسبة.

متى لا يكفي استبدال حلقات المكبس وحده؟

شكوى «ركبنا حلقات جديدة لكن حرق الزيت لم يتوقف» من أكثر العبارات تكرارًا في إصلاح المحركات. والسبب أن حلقات المكبس نتيجة وليست العطل نفسه. فإذا جددت الحلقات وبقيت الظروف التي أدت إلى تآكلها قائمة، عادت النتيجة خلال وقت قصير.

الحالات التي لا يكفي فيها استبدال حلقات المكبس وحده

الحالة	لماذا لا تكفي الحلقات	الإجراء المطلوب

الحالة	لماذا لا تكفي الحلقات	الإجراء المطلوب
قطر القميص متآكل أو بيضاوي أو مخروطي	الحلقة الجديدة لا تستقر تمامًا على السطح المتآكل	يقاس القميص، ويستبدل إذا تجاوز الحد المسموح
تكونت درجة بارزة في الجزء العلوي من القميص	تصطدم الحلقة العلوية الجديدة بالدرجة فتنكسر	يقيم القميص، ويستبدل إذا لم يكن صالحًا
سطح القميص متزجج	لا تتكيف الحلقة، ويصبح استهلاك الزيت دائمًا	معالجة السطح إذا سمحت الشركة المصنعة، وإلا يستبدل القميص
مجرى المكبس متآكل	يتسع الخلوص الجانبي، وتعيد الحلقة الجديدة العطل نفسه خلال وقت قصير	يقاس المجرى بمقياس الخلوص والمقياس شبه المنحرف، ويستبدل المكبس
تسرب الغبار في مسار السحب	الغبار الكاشط يستهلك الحلقات الجديدة بسرعة أيضًا	يفحص إحكام الفلتر والوصلات المطاطية المرنة والمشابك
تنفيس علبة المرفق مسدود	ارتفاع ضغط علبة المرفق يدفع الزيت نحو موانع التسرب وغرفة الاحتراق	ينظف الخط وفاصل الزيت أو يستبدلان
حاقن الوقود يقطر وجرعات الحقن مختلة	الوقود الزائد يغسل طبقة الزيت وينتج السخام	تفحص بيانات جرعات الحقن والوقود الراجع
المحامل الرئيسية ومحامل ذراع التوصيل متآكلة	مع اختلال ضغط الزيت ومحور عمود المرفق يبقى الإحكام غير مستقر	تقاس المحامل ومرتكزات عمود المرفق، ويوسع نطاق الإصلاح

يتخذ قرار نطاق الإصلاح بقراءة هذا الجدول. ففي معظم محركات المركبات التجارية الثقيلة يعامل المكبس والقميص وحلقات المكبس في الأساس كطقم متوافق؛ ولا يكون لتجديد الحلقات وحدها معنى إلا إذا بقيت قياسات القميص والمجرى ضمن الحدود. وإذا وجد في الجزء السفلي اشتباه في تآكل المرتكزات أو فقدان استدارتها أو تلف المحامل، فإن العمل يتجاوز مجرد استبدال الحلقات؛ ويساعد دليل عمود المرفق في تحديد النطاق من خلال قياسات جانب عمود المرفق وأعراض أعطاله. وفي الإصلاح الذي يجرى بنطاق خاطئ يفتح المحرك مرة ثانية؛ وتتجاوز كلفته بكثير كلفة الإصلاح بالنطاق الصحيح.

القيم الفنية والمعايير المرجعية العامة

يجمع الجدول التالي المعايير الأكثر احتياجًا في أعمال حلقات المكبس؛ وهذه الصفوف ليست لاتخاذ القرار، بل لتقدير ما إذا كان القياس الذي تم الحصول عليه معقولًا.

معايير قياس حلقات المكبس وتطبيقها (مرجع عام، والمرجع الأساسي دليل OE)

المقدار أو المعيار	المرجع العام	التفسير
فجوة طرفي الحلقة	تتناسب مع القطر، وفي حدود أعشار المليمتر	تقاس والحلقة داخل القميص، عند العمق الذي يحدده OE
الخلوص الجانبي في المجرى	يقاس بمقياس الخلوص، والمدى الذي يحدده OE هو الفيصل	في المجرى شبه المنحرف يستخدم مقياس خاص بالمقطع شبه المنحرف لا مقياس خلوص مسطح
توزيع مواضع الفجوات	تباعد بعضها عن بعض بالزوايا التي يحددها OE	تتجنب محاذاة محور مسمار المكبس وسطح الدفع
ضغط علبة المرفق (تسرب الغازات)	ليس صفرًا؛ والمعتمد هو حد OE واتجاه القيم	يقاس والمحرك ساخن، بعدد الدورات والحمل المحددين
اختبار الانضغاط والتسرب	ليست القيمة المطلقة بل التوزع بين الأسطوانات	الصوت القادم من فتحة عصا قياس الزيت يشير إلى الحلقات والقميص

المقدار أو المعيار	المرجع العام	التفسير
نسيج سطح الشحذ	المطلوب خطوط متقاطعة وسطح هضبي	السطح الشديد الخشونة يسبب التآكل، والسطح المتزجج يمنع التكيف
استخدام الحلقات	لا يعاد استخدام الحلقة المفكوكة	لا يمكن استعادة قوة المرونة وسطح التكيف
الاستهلاك الطبيعي للزيت	تحدد الشركة المصنعة للمحرك حدًا أعلى	لا يتوقع أن يكون صفرًا؛ والمهم هو الانحراف عن منحى الاستهلاك المعتاد للمركبة نفسها

الصيانة والعمر والعادات التي تطيل عمر حلقات المكبس في الأسطول

ليس لحلقات المكبس فترة استبدال محددة؛ فعمرها تحدده ظروف التشغيل لا عدد الكيلومترات. فمن بين مركبتين بالمحرك نفسه قد تقطع إحداهما مسافات طويلة دون مشكلات، بينما تحتاج الأخرى إلى إصلاح شامل في وقت أبكر بكثير لأنها تسحب الغبار مع الهواء أو تبقى متوقفة على السرعة الخاملة باستمرار. ولا توجد عملية مستقلة اسمها صيانة الحلقات؛ فصيانة الحلقات هي صيانة منظومتي الزيت والهواء.

- **مواصفة الزيت وفترة تغييره:** يستخدم الزيت بفئة الأداء واللزوجة اللتين يتطلبهما المحرك، وتقصر الفترة في ظروف التشغيل القاسية.
- **إحكام سحب الهواء:** يفحص جسم الفلتر والوصلات المطاطية المرنة والمشابك بانتظام؛ فالغبار الداخل مع الهواء المسحوب هو أسرع عامل يستهلك الحلقات.
- **تنفيس علبة المرفق:** ينظف الخط وفاصل الزيت دوريًا؛ فالانسداد يؤدي إلى ارتفاع ضغط علبة المرفق.
- **الانضباط في التشغيل على السرعة الخاملة:** تقلل ساعات التشغيل غير الضرورية على السرعة الخاملة؛ فالانتظار الطويل يسرع تراكم السخام والتصاق الحلقات في مجاريها.
- **نظام التبريد:** يحافظ على سلامة منظم الحرارة والمبرد ومضخة المياه؛ فالحرارة الزائدة تفحم الزيت وتقيد الحلقات.
- **سلامة الوقود وجرعات الحقن:** حاقن الوقود الذي يقطر يغسل طبقة الزيت وينتج السخام معًا، لذا تعالج انحرافات الجرعات مبكرًا.
- **سجل استهلاك الزيت:** تسجل كمية الزيت المضافة لكل كيلومتر لكل مركبة على حدة؛ فالتغير المفاجئ في الاتجاه هو أبكر إنذار.
- **القياس الدوري لتسرب الغازات:** القياسات المتكررة في الظروف نفسها أكثر موثوقية من قيمة تؤخذ مرة واحدة.
- **الترويض الصحيح:** الساعات الأولى بعد الإصلاح الشامل تحدد عمر الحلقات أكثر مما تحدده مئات الآلاف من الكيلومترات التالية.

حلقة المكبس من أصغر قطع المحرك وأرخصها، لكن العبء الذي تحمله كبير: فهي تحبس ضغط الاحتراق، وتنقل حرارة المكبس، وتحدد إلى أي حد يصعد الزيت. ولذلك فإن دخول المركبة إلى الورشة بتشخيص «يحرق الزيت» أو «انخفض الانضغاط» ليس نهاية التشخيص بل بدايته. والترتيب الصحيح واضح: يستبعد أولًا التسريب الخارجي وتنفيس علبة المرفق، ثم يقاس ضغط علبة المرفق، ثم يحدد مسار التسرب بتوزع قيم الانضغاط واختبار التسرب، وأخيرًا عند فتح المحرك يتخذ قرار النطاق بناءً على قياسات القميص والمجرى. وفي كل خطوة يبقى المرجع الأساسي هو أحدث وثائق خدمة OE الخاصة برمز المحرك والشاسيه للمركبة.

بروز القميص وإحكام حشية رأس الأسطوانة موضوعان مترابطان؛ وللاطلاع على الأعراض التي تظهر عند احتراق الحشية والأسباب الكامنة وراءها يمكنك الرجوع إلى دليل احتراق حشية رأس الأسطوانة.

في بعض عائلات المحركات تضبط قيمة البروز بتوفير حشيات سفلية (رقائق ضبط) بسماكات مختلفة. وإذا كانت نتيجة القياس خارج حدود التفاوت، فتحقق قبل الضغط على القميص من أن سطح الارتكاز السفلي والحشية نظيفان وخاليان من النتوءات وبالسماكة الصحيحة.

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