VADEN®
ORIGINAL

دليل تقني

مكبس المحرك والقميص (بستم وقميص): أعراض الأعطال والاستبدال والصيانة

إذا اختيرت رقاقة الضبط التي تحدد بروز القميص في محرك المركبة الثقيلة خطأً، تسربت الغازات عبر الحشية إلى الماء أو تشققت شفة القميص. تسلسل القياس والاستبدال.

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

عندما يبدأ الدخان الأزرق بالخروج من العادم، أو ينخفض مستوى الزيت انخفاضًا ملحوظًا بين صيانتين، أو يخرج «نفث» من تنفيس علبة المرفق، فإن أول ما يخطر في ذهن الفني هو ثلاثي المكبس والحلقات والقميص. وفي المركبة التجارية الثقيلة تمثل هذه المجموعة المنطقة الأكثر تحملًا للأحمال في المحرك والأعلى كلفة في الإصلاح؛ لذا يجب أن يتخذ قرار «تغيير القميص» بناءً على قياس صحيح، وأن يجرى القياس بالتسلسل الصحيح. ويتناول هذا الدليل بلغة الميدان موضوع المكبس والقميص ورقاقة ضبط بروز القميص (وردة الضبط) في محركات الديزل التجارية الثقيلة ذات القمصان الرطبة: كيف يكتشف العطل، وأين يؤخذ كل قياس، وكيف تختار رقاقة الضبط، وما أخطاء التركيب التي تضطرك إلى فك المحرك مرة ثانية.

ملاحظة E-E-A-T: أعد هذه الوثيقة الفريق الفني في VADEN العامل في مجال محركات المركبات التجارية الثقيلة وأنظمة الهواء المضغوط. والقيم العددية الواردة هنا نطاقات مرجعية عامة؛ أما القيم مثل بروز القميص وبروز المكبس وفجوة طرفي الحلقة والخلوص بين المكبس والقميص وقيم عزم الربط والزاوية، **فالمرجع في قيمها الدقيقة دائمًا هو أحدث دليل خدمة OE الصادر عن الشركة المصنعة للمحرك. آخر تحديث: سبتمبر 2026.**

يستند تحديد أبعاد المكونات إلى عائلة المعايير الدولية ذات الصلة (ISO/EN/DIN/SAE) وإلى مواصفات OE الخاصة بالشركة المصنعة.

ما هي مجموعة مكبس وقميص المحرك؟ وظيفتها ومبدأ عملها

مجموعة المكبس والقميص في المحرك هي الطقم الميكانيكي الذي يؤمن معًا انضغاط المحرك وتوليد القدرة، وتتكون من القميص الذي يشكل سطح الأسطوانة التي يتحرك فيها المكبس، والمكبس الذي ينقل ضغط الاحتراق عبر ذراع التوصيل إلى عمود المرفق، ورقاقة الضبط (وردة الضبط) التي تحدد ارتفاع جلوس القميص على كتلة المحرك.

يبدو مبدأ العمل بسيطًا، لكن حدود التفاوت فيه صارمة. فبينما يتحرك المكبس داخل القميص صعودًا وهبوطًا عشرات المرات في الثانية، يؤدي ثلاث مهام في آن واحد: إبقاء غرفة الاحتراق محكمة، وتحويل ضغط الاحتراق إلى حركة ميكانيكية، ونقل جزء كبير من الحرارة المتراكمة في تاجه عبر الحلقات إلى القميص ومنه إلى سائل التبريد. أما القميص فهو سطح قابل للاستبدال يتحمل هذا الاحتكاك والحمل الحراري، ويضحي بنفسه لا بكتلة المحرك عندما يتآكل. ويشيع في المركبات التجارية الثقيلة استخدام القميص الرطب (أي القميص الذي يلامس سائل التبريد مباشرة)؛ وبفضل ذلك يمكن تجديد المحرك بعد مئات آلاف الكيلومترات دون تغيير كتلة المحرك.

أما رقاقة الضبط فهي القطعة التي يستهين بها كثيرون، مع أنها في الحقيقة تحدد مصير العمل كله. فمقدار ارتفاع القميص فوق سطح كتلة المحرك (بروز القميص) هو ما يحدد مقدار انضغاط حشية رأس الأسطوانة. فإذا كان البروز قليلًا لم تنضغط الحشية بما يكفي وتسربت غازات الاحتراق إلى سائل التبريد؛ وإذا كان زائدًا تشققت شفة القميص أو انسحقت الحشية. ورقاقة الضبط وردة فولاذية رقيقة توضع تحت شفة القميص لضبط هذا البروز بدقة جزء من مئة من المليمتر.

- **المكبس:** جسمه من سبيكة الألومنيوم، وفي محركات الأحمال الثقيلة قد يكون فولاذيًا أو من النوع المركب؛ ويضم تاجه تجويف غرفة الاحتراق، ويضم جسمه مجاري الحلقات وتجويف مسمار المكبس.
- **طقم حلقات المكبس:** يتكون عادة من حلقتي انضغاط (الأولى في الغالب ذات مقطع شبه منحرف) وحلقة زيت واحدة؛ وعليها يعتمد الإحكام والتحكم في الزيت.
- **مسمار المكبس ومشابكه:** مسمار مقسى يربط المكبس بذراع التوصيل، مع حلقات الأمان التي تثبته في مكانه.
- **القميص:** من الحديد الزهر الرمادي المصبوب بالطرد المركزي أو معالج بالنتردة؛ سطحه الداخلي معالج بالشحذ الدقيق (الهونينغ)، وشفته العلوية تستقر على كتلة المحرك.
- **الحلقات الدائرية للقميص / طقم الحشيات:** عناصر الإحكام السفلية التي تفصل غلاف ماء التبريد عن علبة المرفق وزيتها في القمصان الرطبة.
- **رقاقة الضبط (وردة الضبط):** وردة رقيقة تصنع بدرجات سماكة تبدأ من 0.05 مم، وتتولى ضبط البروز.

الفرق بين القميص الرطب والقميص الجاف والكتلة بدون قميص

في القميص الرطب يلامس سائل التبريد السطح الخارجي للقميص مباشرة؛ وهو الحل الأفضل في انتقال الحرارة والأسهل في الصيانة، ويفضل في معظم محركات الديزل التجارية الثقيلة. وفي المقابل يصبح إحكام الحلقات الدائرية في المنطقة السفلية أمرًا حرجًا. أما القميص الجاف فيركب بتداخل محكم في تجويف كتلة المحرك ولا يلامس الماء؛ ويرى عادة لأغراض الإصلاح أو في تطبيقات المركبات التجارية الخفيفة. وفي الكتل بدون قميص يكون سطح الأسطوانة هو مادة كتلة المحرك نفسها؛ فإذا تآكل يعاد تشغيل تجاويف الكتلة آليًا ويستخدم مكبس بمقاس أكبر، وهذا يتطلب إمكانات ورشة متخصصة.

دور حلقات المكبس: الإحكام أم التحكم في الزيت؟

تتحمل حلقة الانضغاط الأولى الجزء الأكبر من ضغط الاحتراق؛ إذ يدخل الضغط خلف الحلقة ويدفعها نحو القميص، فيقوي الإحكام ذاتيًا. وتتولى الحلقة الثانية التحكم في الضغط المتبقي وفي الزيت الصاعد إلى الأعلى معًا. أما حلقة الزيت فتكشط الزيت الزائد عن جدار القميص وتعيده إلى داخل علبة المرفق، ولا تترك خلفها إلا طبقة تزييت بسماكة بضعة ميكرونات. ومعظم شكاوى استهلاك الزيت ترجع إلى هذه الحلقة الثالثة أو إلى المجرى الذي تستقر فيه؛ فليس كل استهلاك للزيت يعني مباشرة أن «القميص انتهى».

لماذا توجد رقاقة الضبط؟ منطق بروز القميص

عند ربط رأس الأسطوانة بعزم الربط المحدد تنضغط الحشية بين سطح كتلة المحرك والرأس. فإذا كانت شفة القميص أعلى من سطح الكتلة ببضعة أجزاء من مئة من المليمتر، تعرضت الحشية لأعلى ضغط سطحي تمامًا حول فوهة القميص، فلا تستطيع غازات الاحتراق تجاوز هذا الحاجز. ويختلف هذا الارتفاع حسب نوع المحرك، ويتأثر بمجموع حدود التفاوت لثلاثي القميص ومقعده في الكتلة والحشية. ورقاقة الضبط موجودة لتعويض هذا التفاوت؛ أما استخدام وردة أو حلقة معدنية أو قطعة صفيح بسماكة عشوائية فيؤدي مباشرة إلى احتراق الحشية.

بروز المكبس واختيار سماكة حشية رأس الأسطوانة

وهناك قياس ثانٍ يخلط بينه وبين بروز القميص مع أنه مستقل عنه: **بروز المكبس**. فعند إيصال المكبس إلى النقطة الميتة العليا يقاس مقدار ارتفاع تاج المكبس فوق السطح العلوي لكتلة المحرك. وفي كثير من محركات الديزل التجارية الثقيلة **تختار سماكة حشية رأس الأسطوانة على درجات وفقًا لبروز المكبس هذا**؛ إذ توفر الشركة المصنعة عادة فئتين إلى ثلاث فئات للسماكة (تميز غالبًا بعدد الثقوب أو الحزوز على حافة الحشية أو برمز لوني)، وتركب الفئة التي يقع البروز المقاس ضمن نطاقها.

والمنطق في ذلك أن بروز المكبس يحدد الخلوص المتبقي بين تاج المكبس وسطح الرأس عند النقطة الميتة العليا، ومن ثم نسبة الانضغاط الفعلية. فإذا ركبت حشية رقيقة في محرك بروز مكابسه كبير، تقلصت مسافة الأمان بين المكبس والرأس أو صمامات المحرك تقلصًا خطيرًا؛ وإذا ركبت حشية سميكة مع بروز صغير انخفضت نسبة الانضغاط، وصعب التشغيل على البارد، واختل سلوك الانبعاثات. لذلك يجب التحقق من فئة الحشية مجددًا كلما أجري تغيير في المكبس أو ذراع التوصيل أو القميص أو كتلة المحرك.

وطريقة القياس باختصار كما يلي: يوصل المكبس في كل أسطوانة إلى النقطة الميتة العليا، وتصفر ساعة القياس على السطح العلوي لكتلة المحرك، وتؤخذ القراءات من نقطتين على تاج المكبس عموديتين على محور مسمار المكبس (أو من نقاط القياس التي تحددها الشركة المصنعة)؛ ومتوسط القراءات هو بروز تلك الأسطوانة. وفي المحرك ككل تكون القيمة الأعلى هي الحاسمة عادة، وتستخدم فئة حشية واحدة لجميع الأسطوانات. وتقع قيم بروز المكبس النموذجية في محركات الديزل التجارية الثقيلة تقريبًا ضمن نطاق ضيق بين بضعة أجزاء من مئة من المليمتر وبضعة أجزاء من عشرة من المليمتر؛ **أما حدود الدرجات وجدول فئات الحشية فهي خاصة تمامًا بعائلة المحرك، ويجب قراءتها حتمًا من دليل خدمة OE**. وعند شراء «مكبس + قميص + رقاقة ضبط» كمنتج، لا تنس أن قياسي البروز هذين يجريان كل على حدة: *فرقاقة الضبط تعالج بروز القميص، وفئة الحشية تعالج بروز المكبس*؛ ولا يغني أحدهما عن الآخر.

القياس	ماذا يضبط؟	عنصر الضبط
بروز القميص	الضغط السطحي على الحشية، وإحكام الغازات	رقاقة ضبط (وردة ضبط) توضع تحت شفة القميص

القياس	ماذا يضبط؟	عنصر الضبط
بروز المكبس	الخلوص بين المكبس والرأس عند النقطة الميتة العليا، ونسبة الانضغاط الفعلية	سماكة حشية رأس الأسطوانة المتدرجة (اختيار الفئة)

عائلة المحرك (التطبيق)	نوع القميص النموذجي	قطر الأسطوانة التقريبي	ملاحظة الخدمة
Mercedes-Benz من طراز OM 457 / OM 460 (Actros، Travego، Tourismo)	قميص رطب ذو شفة	فئة ≈ 128 مم	يضبط البروز برقاقة الضبط؛ ويوصى باستبدال المكبس والقميص والحلقات كطقم واحد.
Mercedes-Benz من طراز OM 906 (Atego، Axor، الحافلات)	قميص رطب	فئة ≈ 102 مم	الفئة المتوسطة؛ يجب حتمًا تجديد طقم الحلقات الدائرية (O-ring) السفلية للقميص.
Mercedes-Benz من طراز OM 926 (Atego، Axor، الحافلات)	قميص رطب	فئة ≈ 106 مم	**لا يطابق قطره قطر** OM 906؛ تحقق من القطر برقم المحرك قبل الطلب.
MAN من طراز D20 / D26 (TGA، TGX، TGS)	قميص رطب	فئة ≈ 120–126 مم	نظافة مجرى الحلقة الدائرية (O-ring) السفلية ومقعد القميص في الكتلة أمر حاسم.
DAF من طراز MX (XF، CF)	قميص رطب	فئة ≈ 130 مم	ضغط احتراق مرتفع؛ انتبه إلى حدود التفاوت في فرق البروز.
Volvo / Renault من طراز السلسلة D (FH، FM، Premium)	قميص رطب	فئة ≈ 131 مم	يجب فحص رشاشات تبريد المكبس بالزيت.
Iveco من طراز Cursor (Stralis، S-Way)	قميص رطب	فئة ≈ 125–135 مم	مسامير رأس الأسطوانة الملولبة تربط بالربط الزاوي؛ وقد تكون للاستخدام مرة واحدة.

التحقق من رقم القطعة: معلومات القطر والطراز الواردة أعلاه للاسترشاد فقط. ففي عائلة المحرك الواحدة قد تستخدم تيجان مكابس مختلفة وارتفاعات حلقات مختلفة وسماكات شفة قميص مختلفة حسب مستوى الانبعاثات (Euro 3/4/5/6) وسنة الإنتاج وتهيئة الشاحن التوربيني وEGR. والمحركات ذات الأسماء المتقاربة (مثل OM 906 وOM 926) ليس لها قطر الأسطوانة نفسه. لذا تحقق قبل الطلب من خلال **رقم المحرك ورقم القطعة الأصلي (OE)**؛ واقرأ حتمًا الرقم المدون على القطعة التي فككتها.

أعراض الأعطال والتشخيص

نادرًا ما يظهر عطل المكبس والقميص فجأة؛ فهو يبدأ عادة باستهلاك الزيت، ثم يستمر بارتفاع ضغط علبة المرفق، ويكشف عن نفسه بفقدان القدرة وخروج الدخان. والهدف في التشخيص هو التمييز بين ما إذا كانت المشكلة فعلًا في مجموعة الأسطوانة، أم في بند أقل كلفة مثل الشاحن التوربيني أو موانع تسرب سيقان الصمامات أو حاقن الوقود أو حشية رأس الأسطوانة.

الأعراض	السبب المحتمل	الفحص / التحقق
دخان أزرق من العادم، وزيادة استهلاك الزيت	حلقة الزيت فقدت مرونتها، أو مجرى الحلقة متسخ، أو خطوط الشحذ الدقيق (الهونينغ) في القميص ممحوة	قس استهلاك الزيت لكل كيلومتر؛ واستبعد أولًا تسرب الزيت من الشاحن التوربيني وموانع تسرب سيقان الصمامات، ثم أجر اختبار الانضغاط أو اختبار التسرب.
نفث قوي من تنفيس علبة المرفق (تسرب الغازات إلى علبة المرفق)	تآكل الحلقات، أو انكسار حلقة، أو تآكل القميص	فك غطاء فتحة تعبئة الزيت والمحرك ساخن وراقب النفث؛ وللتمييز القاطع أجر اختبار تسرب الأسطوانة.

الأعراض	السبب المحتمل	الفحص / التحقق
فرق الانضغاط بين الأسطوانات	تلف الحلقات أو القميص في أسطوانة واحدة، أو تسريب من صمام المحرك	أجر اختبار الانضغاط؛ ثم تضاف كمية قليلة من الزيت إلى الأسطوانة المنخفضة الانضغاط ويعاد الاختبار، فإذا ارتفعت القيمة فالمشكلة في جانب الحلقات والقميص.
طقطقة عند التشغيل على البارد، وأصوات تخف مع الإحماء	تآكل تنورة المكبس، أو خلوص زائد بين المكبس والقميص (ارتطام المكبس بجدار القميص)	الاستماع لكل أسطوانة على حدة بسماعة الميكانيكي من السطح الجانبي لكتلة المحرك؛ وبعد الفك يقاس عدم الاستدارة والتخروط في القطر الداخلي للقميص.
فقاعات في خزان التمدد، وانخفاض المستوى، وارتفاع ضغط سائل التبريد	بروز القميص غير كافٍ، أو رقاقة ضبط خاطئة، أو تسرب من الحشية، أو شرخ في شفة القميص	اختبار ضغط نظام التبريد واختبار تسرب غازات العادم (CO2)؛ وعند فك رأس الأسطوانة يعاد قياس البروز بساعة القياس.
اختلاط الماء بالزيت، ومظهر يشبه القهوة بالحليب	تلف الحلقات الدائرية (O-ring) السفلية للقميص، أو شرخ في جسم القميص، أو انثقاب بفعل التكهف	افحص الزيت في حوض الزيت؛ ثم يسلط ضغط على غلاف ماء التبريد في الكتلة ويبحث عن تسرب عند قاعدة القميص.
فقدان القدرة، ودخان أسود، وزيادة استهلاك الوقود	فقدان الانضغاط، أو تآكل القميص، أو حاقن وقود يخل بالاحتراق	افحص أولًا معدل الراجع من حواقن الوقود، وفلتر الهواء وضغط الشاحن التوربيني؛ فإذا كانت سليمة فانتقل إلى قياس الانضغاط.
حفر نقطية على السطح الخارجي للقميص	التكهف (نقص إضافات سائل التبريد، أو مانع تجمد غير مناسب)	بعد الفك يفحص الجدار الخارجي للقميص بالنظر؛ ويتحقق من نسبة إضافات سائل التبريد ومن درجة الحموضة.

اختبار الانضغاط أم اختبار التسرب؟

اختبار الانضغاط سريع ويظهر الفرق بين الأسطوانات، لكنه لا يبين مصدر الفقد. أما في اختبار تسرب الأسطوانة فيدخل هواء مضغوط إلى الأسطوانة ويستمع إلى مصدر الصوت: فإذا جاء من مشعب السحب فالعلة في صمام السحب، وإذا جاء من العادم ففي صمام العادم، وإذا جاء من تنفيس علبة المرفق ففي الحلقات أو القميص، وإذا ظهرت فقاعات في المبرد فالمشكلة في الحشية أو البروز. وإجراء هذين الاختبارين معًا قبل اتخاذ القرار يجنب فك المحرك دون داعٍ.

قياس استهلاك الزيت بشكل صحيح

شكوى «المحرك يأكل الزيت» تعبير ذاتي. والطريقة الصحيحة هي تسجيل كمية التعبئة بعد تغيير الزيت، ثم تدوين الزيت المضاف خلال مسافة محددة بالكيلومترات، وحساب الاستهلاك باللتر لكل ألف كيلومتر. وفي محركات الديزل التجارية الثقيلة الحديثة يكون الاستهلاك عادة في حدود بضعة أجزاء من الألف من استهلاك الوقود؛ والمحرك الذي يتجاوز هذا النطاق بوضوح يجب فحصه. كما أن مانع تسرب الزيت في الشاحن التوربيني وموانع تسرب سيقان الصمامات وانسداد نظام تنفيس علبة المرفق تعطي العرض نفسه، وإصلاحها أقل كلفة.

انضباط القياس قبل الفك

عند فك رأس الأسطوانة لا تتعجل في إخراج القمصان. قس أولًا بروز القميص في كل أسطوانة بساعة القياس ودونه، ثم قس القطر الداخلي للقميص عند مستوى النقطة الميتة العليا وفي المنطقة السفلية، على امتداد المحور وبزاوية قائمة عليه، لاستخراج التخروط وعدم الاستدارة. وسجل أيضًا علامة فئة السماكة على الحشية المفكوكة (عدد الثقوب أو الحزوز، أو الرمز اللوني)، فستكون مرجعك عند مقارنة فئة الحشية الجديدة بقياس بروز المكبس. فهذه القيم هي الدليل الموضوعي الوحيد الذي يبين ما إذا كانت المشكلة تآكلًا أم خطأ في التركيب.

لمزيد من القراءة

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

خطوات الاستبدال / التركيب

معدات الوقاية الشخصية والسلامة: أوقف المركبة على أرض مستوية، وشد فرامل الركن، وضع مصدات العجلات، وافصل طرف البطارية. لا تفتح نظام التبريد قبل أن يبرد المحرك تمامًا، فالماء الساخن المضغوط يسبب حروقًا خطيرة. وارتداء القفازات والنظارات الواقية وأحذية العمل إلزامي. ومجموعة المكبس وذراع التوصيل ورأس الأسطوانة ثقيلة؛ فاستخدم أحزمة رفع مناسبة ورافعة سلسلية للرفع، ولا تحاول رفعها باليد. واجمع الزيت المستعمل ومانع التجمد ومذيبات التنظيف وفق اللوائح المعمول بها، ولا تتسبب في أي شرارة في بيئة تحتوي على مذيبات.

1. **التحضير والتفريغ:** فرغ سائل التبريد وزيت المحرك في أوعية مناسبة. واقرأ سجلات أعطال المحرك في المركبة واحفظها، إذ ستقارنها بالنتائج بعد الفك. ونظف منطقة العمل من الغبار، فتركيب مجموعة الأسطوانة عمل يقوم على النظافة.

2. **فك المجموعة العلوية:** فك حواقن الوقود وآلية الأذرع المتأرجحة وقضبان الدفع ورأس الأسطوانة بتسلسل الفك الذي تحدده الشركة المصنعة (عادة من الخارج إلى الداخل وعلى مراحل). ومسامير رأس الأسطوانة الملولبة في معظم المحركات التجارية الثقيلة تربط بالربط الزاوي وتستخدم مرة واحدة؛ فخطط لتوفير مسامير جديدة.

3. **القياس ووضع العلامات:** قبل إخراج القمصان قس البروز في كل أسطوانة ودونه في دفتر. وضع علامات حسب رقم الأسطوانة على أغطية أذرع التوصيل والقمصان ورقائق الضبط الموجودة إن وجدت. ويجب ألا تختلط مواضع أي قطعة ستعاد إلى الاستخدام.

4. **إخراج مجموعة المكبس وذراع التوصيل:** نظف الحافة الكربونية في المنطقة العلوية من القميص بمكشطة حواف مناسبة، ثم فك غطاء ذراع التوصيل وأخرج مجموعة المكبس وذراع التوصيل من الأعلى. وركب واقيًا على جسم ذراع التوصيل لتجنب خدش مرتكز عمود المرفق وسطح القميص.

5. **فك القميص وتنظيف المقعد:** أخرج القمصان بأداة سحب مناسبة؛ فاستخدام الإزميل أو العتلة بالقوة يتلف مقعد القميص في الكتلة. ونظف سطح جلوس القميص على الكتلة ومجاري الحلقات الدائرية (O-ring) وغلاف ماء التبريد تنظيفًا تامًا من الترسبات الكلسية والصدأ وبقايا الحشيات. ويجب أن يكون سطح المقعد نظيفًا كالمرآة.

6. **فحص كتلة المحرك:** افحص استواء السطح العلوي للكتلة بمسطرة مستقيمة ومقياس الخلوص. وقس عمق مقعد القميص؛ فإذا وجد تآكل أو تعرية فقد يلزم التجليخ أو التشغيل الآلي. وإذا وجدت آثار تكهف فيجب أيضًا تصحيح كيمياء سائل التبريد.

7. **التجربة الجافة واختيار رقاقة الضبط:** ضع القمصان الجديدة في مقاعدها دون حلقات دائرية ودون زيت، واضغطها برفق من الأعلى وقس البروز بساعة القياس. ويؤخذ القياس من أربع نقاط على الأقل حول محيط القميص. فإذا كانت القيمة أقل من النطاق الذي تحدده الشركة المصنعة فأضف رقاقة ضبط بالسماكة المناسبة، وإذا كانت أعلى منه فيفحص القميص والمقعد. وحافظ كذلك على فرق البروز بين أسطوانات المحرك الواحد ضمن حدود ضيقة.

8. **تركيب القميص:** بعد حسم اختيار رقاقة الضبط أخرج القميص، ثم زلق الحلقات الدائرية السفلية قليلًا بمادة التزليق التي تحددها الشركة المصنعة (غالبًا صابون تركيب خاص أو زيت محرك نظيف) وضعها في مجاريها دون أن تلتوي، ثم اضغط القميص دفعة واحدة ودون إمالة. وبعد التركيب قس البروز مرة أخرى وسجله.

9 **ثبت القمصان بالمشابك (خطوة لا يجوز إغفالها):** بعد استقرار القمصان في أماكنها، **أبقها مضغوطة على الكتلة بمشبك تثبيت القميص أو أداة التثبيت إلى أن يركب رأس الأسطوانة ويربط بعزم الربط المحدد.** ففي القميص الرطب، وفي غياب رأس الأسطوانة، لا يثبت القميص في مكانه سوى احتكاك الحلقات الدائرية السفلية؛ فإذا أدير عمود المرفق في هذه الحالة فقد يرفع احتكاك المكبس القميص بضعة مليمترات إلى الأعلى، وحين يعود القميص إلى مقعده تنزلق الحلقة الدائرية السفلية من مجراها فتنقطع أو تلتوي. والنتيجة اختلاط الماء بزيت حوض الزيت عند أول تشغيل، وفك المحرك مرة ثانية؛ وهذا هو الخطأ الأكثر شيوعًا في الميدان. ركب مشبكًا على كل أسطوانة، ولا تفك المشابك إلا بعد ربط مسامير رأس الأسطوانة بعزم المرحلة الأولى. وإذا لم تتوفر الأداة **فلا تدر عمود المرفق مطلقًا.**

10 **تركيب المكبس والحلقات:** ركب الحلقات على المكبس بكماشة حلقات المكبس، بحيث تكون فجوات أطرافها متباعدة بالزوايا التي تحددها الشركة المصنعة؛ ويجب أن تتجه علامة «TOP» إلى الأعلى. وقس فجوات أطراف الحلقات داخل القميص بمقياس الخلوص وتحقق منها. ويجب توجيه السهم أو العلامة على تاج المكبس توجيهًا صحيحًا نحو الحدافة أو حسب اتجاه غرفة الاحتراق.

11 **إدخال مجموعة المكبس وذراع التوصيل:** ادهن تنورة المكبس وسطح القميص بزيت محرك نظيف، واضغط الحلقات بمشبك ضغط الحلقات، ثم ادفع المكبس إلى الداخل برفق بمساعدة مقبض خشبي. وادهن محامل ذراع التوصيل بالزيت وركب الأغطية حسب أرقامها، والتزم بقيم عزم الربط + الزاوية على مراحل. وإذا احتجت إلى تدوير عمود المرفق في هذه المرحلة فتأكد من أن مشابك تثبيت القمصان لا تزال مركبة.

12 **قياس بروز المكبس وفئة الحشية:** بعد تركيب جميع المكابس أوصل المكبس في كل أسطوانة إلى النقطة الميتة العليا وقس بروزه بساعة القياس. واختر من جدول الشركة المصنعة فئة سماكة حشية رأس الأسطوانة المناسبة وفقًا للقيمة الأعلى؛ وتحقق من العلامة على الحشية (عدد الثقوب أو الحزوز، أو الرمز اللوني) قبل تركيبها.

13 **تركيب رأس الأسطوانة والتشغيل الأول:** ضع حشية رأس الأسطوانة الجديدة المختارة جافة وفي الاتجاه الصحيح، واربط الرأس بتسلسل الربط ومراحله التي تحددها الشركة المصنعة؛ وبعد إتمام المرحلة الأولى فك مشابك تثبيت القمصان. واملأ الزيت وسائل التبريد، وانزع الهواء من النظام. وعند التشغيل الأول تأكد من ارتفاع ضغط الزيت، وافحص الإحكام على السرعة الخاملة، ولا تجهد المركبة بالحمل الكامل طوال فترة الترويض.

نقاط يجب الانتباه إليها (أخطاء شائعة)

اختيار رقاقة الضبط لا يكون بالتخمين. فنهج «ضع مثل القديمة تمامًا» هو الخطأ الأكثر شيوعًا والأعلى كلفة. فقد يكون بين سماكة شفة القميص الجديد وسماكة شفة القديم فرق يبلغ بضعة أجزاء من مئة من المليمتر؛ كما أن مقعد القميص في الكتلة يكون قد تآكل على مر السنين. لذا يجب إعادة قياس البروز لكل قميص واختيار رقاقة الضبط بناءً عليه. ولا يقبل كذلك «ضبط المقاس» بوضع وردتين من ماركتين أو سماكتين مختلفتين إحداهما فوق الأخرى.

لا تدر عمود المرفق دون مشابك التثبيت. فتدوير عمود المرفق والقمصان مركبة ورأس الأسطوانة لم يركب بعد يحرك القميص من مكانه في المحركات ذات القمصان الرطبة ويقطع الحلقة الدائرية السفلية. ولا يظهر التلف أثناء التركيب، بل يكشف عن نفسه بعد التشغيل الأول بالماء المختلط بالزيت. ومشبك تثبيت القميص أداة رخيصة، أما فك المحرك مرة ثانية فليس رخيصًا.

لا تعد استخدام مسامير رأس الأسطوانة. ففي معظم المحركات التجارية الثقيلة تكون مسامير رأس الأسطوانة من النوع الذي يربط بالربط الزاوي حتى حد الخضوع، وتتعرض لاستطالة دائمة مع كل فك. والمسمار المعاد استخدامه لا يعطي قوة الشد المتوقعة حتى لو طبقت عزم الربط الصحيح، فتحترق الحشية خلال مدة قصيرة. تحقق من حد الاستطالة بقياس الطول الذي تحدده الشركة المصنعة، واستبدل المسمار عند أي شك. وتسري القاعدة نفسها في معظم التطبيقات على مسامير وصواميل أغطية أذرع التوصيل أيضًا.

- **فتح الحلقات باليد لتركيبها:** عند عدم استخدام كماشة حلقات المكبس تلتوي الحلقة التواءً دائمًا، ويختل خلوص فجوة طرفيها وارتكازها على القميص؛ فيحرق المحرك الزيت منذ اليوم الأول.
- **عدم غسل سطح الشحذ:** يجب تنظيف بقايا الشحذ والزيت الواقي في القمصان الجديدة بالماء الساخن والصابون وقطعة قماش نظيفة. فمسحها بالمذيب وحده يترك الحبيبات الكاشطة في الخطوط.
- **تركيب الحلقة الدائرية (O-ring) جافة أو بزيت غير مناسب:** الحلقة الدائرية الجافة تلتوي أو تنقطع أثناء التركيب؛ أما الزيت غير المناسب فيسبب انتفاخ مادتها ويؤدي مع الوقت إلى تسرب الماء.
- **عدم تنظيف مقعد القميص في الكتلة بما يكفي:** قطعة واحدة من بقايا الحشية أو قشرة كلسية تبقى في المقعد تضلل قياس البروز وتخل بجلوس القميص.
- **اختيار فئة الحشية دون قياس:** تركيب حشية «من فئة القديمة نفسها» دون قياس بروز المكبس يعني، إذا تغير المكبس أو ذراع التوصيل، نسبة انضغاط خاطئة أو خلوصًا غير كافٍ بين المكبس والرأس.
- **الخلط في اتجاه المكبس:** في معظم تصاميم المكابس يكون تجويف غرفة الاحتراق ومحور مسمار المكبس منحرفين عن المركز؛ والمكبس المركب بالاتجاه المعاكس يسبب أصوات طرق وتآكلًا سريعًا.
- **إغفال إضافات سائل التبريد:** السطح الخارجي للقميص في المركبات التجارية الثقيلة معرض للتكهف؛ وإذا لم تحافظ على نسبة الإضافات أو مانع التجمد التي تحددها الشركة المصنعة، فقد ينثقب حتى القميص الجديد خلال بضع سنوات.
- **استخدام طقم مختلط:** المكبس والحلقات والقميص طقم مصنوع ليتوافق بعضه مع بعض؛ ولا يمكن التنبؤ بعمر مجموعة أسطوانة جمعت قطعها من مصادر مختلفة.
- **إغفال الترويض:** تشغيل المحرك بالحمل الكامل مباشرة بعد الإصلاح يمنع تكيف الحلقات مع القميص.

القيم الفنية ونقاط الفحص

القيم التالية نطاقات مرجعية عامة شائعة في محركات الديزل التجارية الثقيلة. وهي تختلف حسب عائلة المحرك وقطر الأسطوانة ومستوى الانبعاثات؛ وللقيمة النهائية يجب الرجوع إلى دليل الخدمة.

نقطة الفحص	النطاق المرجعي النموذجي / العام	ملاحظة
بروز القميص	عادة ضمن نطاق 0.02 – 0.15 مم	يحدد نطاق فرعي ضيق حسب عائلة المحرك؛ والمرجع هو قيمة الدليل.
فرق البروز بين الأسطوانات	يجب ألا يتجاوز عادة 0.02 – 0.04 مم	إذا كان الفرق كبيرًا بين الأسطوانات المتجاورة تنضغط الحشية بشكل غير متوازن.
درجات سماكة رقاقة الضبط	عادة بخطوات مقدارها 0.05 مم (0.05 / 0.10 / 0.15 / 0.20 مم)	تستخدم رقاقة ضبط واحدة؛ ولا توضع رقائق فوق بعضها.
بروز المكبس (عند النقطة الميتة العليا بالنسبة لسطح الكتلة)	نطاق ضيق خاص بعائلة المحرك؛ عادة بين بضعة أجزاء من مئة من المليمتر وبضعة أجزاء من عشرة من المليمتر	تختار فئة الحشية المتدرجة وفقًا لهذا القياس؛ وتؤخذ القيم الحدية من جدول OE فقط.
عدم الاستدارة / التخروط في القطر الداخلي للقميص	حد الخدمة عادة 0.05 – 0.10 مم	يظهر أعلى تآكل في منطقة النقطة الميتة العليا.
الخلوص بين المكبس والقميص	حوالي 0.08 – 0.25 مم (حسب القطر)	يقاس عند منطقة التنورة، عموديًا على محور مسمار المكبس.
فجوة طرفي حلقة الانضغاط رقم 1	حوالي القطر × 0.003 – 0.005 (تقريبًا 0.40 – 0.70 مم لقطر 128 – 135 مم)	تتناسب مع القطر؛ فتنخفض القيمة في المحركات ذات القطر الصغير. وتقاس بمقياس الخلوص بعد وضع الحلقة داخل القميص بشكل مستوٍ.
فجوة طرفي حلقة الزيت	حوالي 0.25 – 0.60 مم	الفجوة الضيقة جدًا تجعل الحلقة تنحشر عند السخونة فتخدش القميص.

نقطة الفحص	النطاق المرجعي النموذجي / العام	ملاحظة
الخلوص الجانبي لمجرى الحلقة	حوالي 0.04 – 0.12 مم	طريقة القياس مختلفة في الحلقات ذات المقطع شبه المنحرف؛ راجع الدليل.
ضغط الانضغاط (عند التدوير بمحرك بدء التشغيل)	حوالي 22 – 35 bar (≈ 320 – 500 psi)	الفرق بين الأسطوانات أهم من القيمة المطلقة (الحد النموذجي نحو 10%).
زاوية تقاطع خطوط الشحذ / خشونة السطح	حوالي 40° – 60°، ونطاق Ra 0.4 – 0.8 µm	الشحذ الهضبي يسرع تكيف الحلقات.
درجة حرارة تشغيل سائل التبريد	حوالي 80 – 95 °C	التشغيل المستمر في الحد الأعلى للنطاق يسرع تآكل القميص.
درجة حرارة تشغيل تاج المكبس	مناطق تتجاوز عادة 300 °C	يجب التأكد حتمًا من أن رشاشات تبريد المكبس بالزيت مفتوحة.

تختلف قيم عزم الربط اختلافًا كبيرًا حسب عائلة المحرك. والجدول التالي يهدف فقط إلى توضيح *الطريقة* المطبقة؛ أما الأرقام فالمرجع فيها هو الدليل.

وصلة الربط	طريقة التطبيق النموذجية	تحذير
مسامير رأس الأسطوانة الملولبة	عزم ربط أولي على مراحل + ربط زاوي بالتسلسل المحدد (مثلًا: عدد مراحل الربط الزاوي 2)	للاستخدام مرة واحدة في معظم التطبيقات؛ ولا يجوز تخطي التسلسل أو المراحل.
مسامير / صواميل أغطية أذرع التوصيل	عزم ربط أولي + ربط زاوي	يجب أن تكون المحامل مزيتة ولولبة المسامير نظيفة؛ وتستخدم مرة واحدة في كثير من التطبيقات.
مسامير المحامل الرئيسية	عزم ربط على مراحل، بتسلسل من المركز إلى الخارج	يفحص الدوران الحر لعمود المرفق في كل مرحلة.
مسامير تثبيت رشاشات تبريد المكبس بالزيت	عزم ربط منخفض، عادة ضمن نطاق 15 – 30 Nm	الربط الزائد يخل بزاوية الرشاش وقد يقطع تبريد المكبس.

نصيحة للقياس: عند قياس بروز القميص اضبط ساعة القياس على الصفر فوق السطح العلوي لكتلة المحرك، وخذ القراءات على شفة القميص عند مواضع الساعة 9-6-3-12. فالقياس المأخوذ من نقطة واحدة يخفي جلوس القميص مائلًا قليلًا. واستخدم أثناء القياس أداة الجسر لضغط القميص من الأعلى بقوة منتظمة؛ فالقيمة المأخوذة بالضغط باليد غير موثوقة. ويستخدم ترتيب ساعة القياس نفسه أيضًا لقراءة بروز المكبس عندما يكون المكبس عند النقطة الميتة العليا.

- افحص سطح مقعد القميص في الكتلة بحثًا عن الصدأ أو الحزوز أو البقايا بقطعة قماش نظيفة وبالإضاءة، لا بالإصبع.
- قس سماكة شفة القميص الجديد بمقياس الميكرومتر وقارنها بالقديم؛ فإذا وجد فرق تغير قرار رقاقة الضبط تبعًا لذلك.
- قس فجوة طرفي الحلقة في كل أسطوانة على حدة؛ فقد توجد فروق صغيرة بين أقطار القمصان.
- إذا وجدت على تنورة المكبس آثار احتكاك لامعة أو تآكل في اتجاه واحد فاطلب فحص انحناء ذراع التوصيل.
- آثار الحفر النقطية (التكهف) يبحث عنها **على الجدار الخارجي للقميص**، في جهة الماء، لا على تنورة المكبس. وإذا وجدت هذه الآثار على السطح الخارجي للقميص فيجب أيضًا تصحيح كيمياء سائل التبريد.
- بعد الإصلاح راقب في أول 30 دقيقة ضغط الزيت ودرجة حرارة الماء والنفث من علبة المرفق، وسجلها.

الصيانة والعمر التشغيلي

المكبس والقميص، عند استخدامهما بشكل صحيح، هما أطول مجموعات المحرك عمرًا؛ ففي المركبات التجارية الثقيلة تشاهد أعمار تبلغ مئات آلاف الكيلومترات مع المالك الأول، وتقترب من مليون كيلومتر في رؤوس القاطرات التي تحظى

بصيانة جيدة. وما يحدد العمر ليس القطعة نفسها بقدر جودة الزيت والهواء والماء التي تصل إليها. ويحدث الجزء الأكبر من التآكل في دقائق التشغيل على البارد حين تختل طبقة التزييت، وعندما يدخل الغبار غير المرشح إلى المحرك.

- **الزيت وفلتر الزيت:** استخدم زيتًا باللزوجة والمواصفات التي تحددها الشركة المصنعة، ولا تطل فترة التغيير. فالزيت الملوث ينقل الحبيبات الكاشطة مباشرة إلى سطح القميص.
- **فلتر الهواء وإحكام مسار السحب:** أي تسريب صغير في وصلة الخرطوم بعد الفلتر يجعل الفلتر عديم الجدوى تمامًا، ويؤدي إلى تآكل القميص خلال بضعة آلاف من الكيلومترات. والتآكل الناتج عن الغبار يترك عادة على القميص سطحًا لامعًا مخدوشًا.
- **كيمياء نظام التبريد:** قس نسبة مانع التجمد والإضافات بانتظام. ففي النظام الذي ضعفت فيه الحماية من التكهف ينثقب السطح الخارجي للقميص في نقاط متفرقة ويختلط الماء بالزيت.
- **تنفيس علبة المرفق:** التنفيس المسدود يرفع ضغط علبة المرفق ويدفع الزيت إلى الخارج عبر موانع التسرب والحلقات؛ وكثير من الأعطال التي يظن أن سببها «انتهاء القميص» هي في الحقيقة هذا العطل.
- **سلامة حواقن الوقود والشاحن التوربيني:** حاقن الوقود الذي يقطر يغسل جدار القميص بالوقود فيزيل طبقة الزيت؛ أما الشاحن التوربيني الذي يسرب الزيت فيغذي مجموعة الأسطوانة بالسخام والزيت ويؤدي إلى التصاق الحلقات.
- **عادات التشغيل على السرعة الخاملة وعلى البارد:** في التشغيل الطويل على السرعة الخاملة تنخفض درجة حرارة الاحتراق، ويتراكم السناج، وتتكون رواسب الكوك في مجاري الحلقات. وتسخين المحرك تدريجيًا قبل تحميله هو أرخص طريقة لإطالة عمره.

مهما كانت صيانة المحرك جيدة، فالتآكل عند المسافات المقطوعة العالية أمر لا مفر منه. والنهج الصحيح هو تحويل الإصلاح إلى عملية إصلاح شامل مخطط لها، من خلال المتابعة المنتظمة لاستهلاك الزيت وضغط علبة المرفق. فتلف المكبس الذي يحدث على الطريق يعني كلفة وأيامًا ضائعة تبلغ أضعاف ما يتطلبه تجديد مخطط لمجموعة الأسطوانة.

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