

تأثير السلوك الحراري في تصاميم مكابس لمحركات احتراق داخلي

د. احمد عبدالرحمن البيروتي* د. باسم محمد فاضل** & افاق جاسم محمود*

تاريخ الاستلام: 2005/12/1

تاريخ القبول: 2008/6/5

الخلاصة

يتناول البحث دراسة نظرية وتحليلية لثلاثة مكابس حقيقية لمحركات احتراق داخلي تعمل بوقود البنزين مختلفة بعضها عن بعض من حيث الشكل والسرعة والقدرة. وقد تم بناء نماذج ثلاثية الابعاد لاشكال المكابس الحقيقية باستخدام طريقة العناصر المحددة من خلال برنامج Ansys بعد وضع الشروط الحدية لكافة هذه المكابس ثم تحليلها حرارياً ليتم بعد ذلك أخذ حالات مختلفة وتحليلها بعد اجراء بعض التعديلات في اشكالها ومن ثم مقارنة هذه الحالات مع المكابس الحقيقية. لقد اظهر البحث ان من خلال التحليل الحراري للمكابس يمكن للمصمم الوقوف على سلوك الاجهادات الحرارية واماكن تركزها ومناطق انتشارها ليستطيع بعد ذلك الوصول الى التصميم الامثل للمكبس.

Abstract

This paper deals with a theoretical and analytical study of three real pistons of internal combustion engines (work with gasoline). These pistons are different from each other in shape, speed, and power. Three dimension (3D) models for the real pistons were build using Ansys software. The boundary conditions were set in order to carry out the thermal analysis

The thermal analysis covered also cases of different changes in the shape of each piston in order to carry out comparisons with the real shapes of the pistons.

The analysis offers to the designer the ability to understand the behavior of thermal stresses, their locations and the way they spread in order to reach to the optimum design.

المقدمة

ولكي يكون البحث اكثر شمولية فقد تم استخدام ثلاثة مكابس حقيقية مختلفة من حيث الشكل والقدرة والسرعة وتم رسمها بالابعاد الحقيقية. هذه المكابس هي لمحركات تعمل بالبنزين، الاول مكبس لمحرك سيارة مرسيدس والثاني لمحرك سيارة فولكس واكن (برازيلي) والثالث لمحرك سيارة بيجو،

حيث تم بناء نماذج لهذه المكابس بشكل ربع مكبس (لتماثلة مع بقية الارباع) ثلاثية الابعاد 3D وبنفس ابعاد المكبس الحقيقي لكل منهما بعدها تضمن البحث ايجاد توزيع درجات الحرارة على جميع اجزاء المكبس وتوزيع الاجهادات الحرارية وكذلك تم وضع حالات مختلفة لكل مكبس منها، تأثير شكل تاج المكبس (Piston Crown) على درجات الحرارة وتأثير الحلقات (Piston ring) وعددها

مكائن الاحتراق الداخلي تعد اليوم معجزة التكنولوجيا ولكن المذهل في هذا انها وبعد قرن من الزمن تعمل بنفس المبدأ الاول. ويعتد المكبس اهم واعقد جزء في محركات الاحتراق الداخلي، اذ يتعرض الى احمال ميكانيكية وحرارية معا والتي قد تؤدي في بعض الاحيان الى فشلة وبذلك كان لابد من ان تتجه الدراسات الى تصميمه تحليله ودراسته.

هذا البحث يمثل اسلوباً حديثاً من حيث الرسم والتحليل من دون اهمال اي جزء من اجزاء المكبس، حيث تم استخدام برنامج Ansys والذي يستخدم طريقة العناصر المحددة لاجاد توزيع درجات الحرارة والاجهادات الحرارية والميكانيكية بعد ان يتم تحديد الشروط الحدية من ضغط ودرجات الحرارة ومعامل انتقال الحرارة لجميع اجزاء المكبس

* قسم هندسة المكائن والمعدات، الجامعة التكنولوجية/ بغداد

** قسم هندسة المواد، الجامعة التكنولوجية/ بغداد

معرفة توزيع درجات الحرارة في ظروف عمل معروفة . في هذا البحث تم الحصول على درجات الحرارة وتوزيعها بالاعتماد على حساب معاملات انتقال الحرارة حيث تم حساب معامل انتقال الحرارة لكافة السطوح كالتالي:

• معامل انتقال الحرارة في الغازات وسطح تاج المكبس

إن من الصعوبة إيجاد معامل انتقال الحرارة لهذه المنطقة بصورة دقيقة لأن الحالة معقدة في غرفة الاحتراق ولكن بصورة عامة يمكن اعتبار سطح المكبس على شكل صفيحة يمر عليها تيار قسري مضطرب حيث بالإمكان استخدام معادلتَي رينولد ونيسلت [1]

$$v \quad Re=Ud/$$

$$N_{u} = \frac{hD}{k}$$

كما إن سرعة الغاز هي سرعة المكبس لذلك

$$U=V_p = \frac{2RPM \text{ stroi}}{60}$$

كما وان متوسط معامل انتقال الحرارة h_g لمنطقة تاج المكبس يمكن حسابه من المعادلة التالية :

$$h_g = C_1 V_c^{-0.06} P_m^{0.8} T_g^{-0.4} (V_p + C_2)^{0.8} \quad (1)$$

V_c (م³) حجم الاسطوانة

P_m (bar) متوسط الضغط الفعال

درجة حرارة غازات الاحتراق (K)

V_p (m/sec) متوسط السرعة الخطية للمكبس

$C_2=1.4, C_1=130$ ثوابت

• حساب انتقال الحرارة لمنطقة احاديث الحلقات

ان حوالي 50-70% من الحرارة الكلية للمكبس يتم تبديدها عن طريق الحلقات ، حيث ان انتقال الحرارة يكون من المكبس الى الحلقات ثم الى جدار الاسطوانة . وسوف يتم اعتبار انتقال الحرارة بالتوصيل واعتبار المقاومة الحرارية كما يلي [2]:

وكذلك تأثير وجود كهف في تاج المكبس وتأثير سمك الدعامة على درجات الحرارة.

هدف البحث

- تحليل المكابس حراريا.
- دراسة توزيع درجات الحرارة والاجهادات الحرارية على المكابس ومقارنتها مع بعضها .
- إجراء تغييرات على شكل المكابس من حيث تغير شكل التاج وعدد حلقات الضغط وزيادة سمك دعامة المكابس واضافة قناة تبريد في التاج ومقارنتها مع المكابس الحقيقية من حيث توزيع درجات الحرارة والاجهادات الحرارية الناتجة من هذه التغييرات

تصمم المكابس ببعض الميزات التي تنتج منها وظائف محددة اثناء عمل المحرك فيستلم رأس المكبس او التاج الجزء الاكبر من الضغط الابتدائي والقوة الناتجة عن عملية الاحتراق وكذلك تتعرض منطقة مسمار المكبس الى مقدار من القوة الناتجة عن التغير الفجائي بالاتجاه والى

تمدد حراري نتيجة انتقال الحرارة من تاج المكبس او جسم المكبس كما تتعرض منطقة مسمار المكبس ايضا الى تمدد حراري اكبر من بقية اجزاء المكبس . وهذا هو من خصائص التمدد الحراري لسبائك الالمنيوم والكتلة الموجودة في منطقة مسمار المكبس

انتقال الحرارة في المكابس

ان انتقال الحرارة في المكبس يتمثل في اضافة حرارة من الغازات الساخنة في غرفة الاحتراق . ويقوم المكبس بطرد هذه الحرارة الى الخارج عن

طريق الحلقات والمساحات بين الحلقات وعبر تتورة المكبس (Piston Skirt) ومن السطح الاسفل للمكبس .

ان معدل انتقال الحرارة الكلي من الغاز (غرفة الاحتراق) الى الخارج يتمثل بالعلاقة التالية

$$\frac{Q}{A} = h(T_g - T_a)$$

حساب معامل انتقال الحرارة

ان شدة تعقيد عملية التبادل الحراري بين المكبس ومحيطه تجعل من الصعب القيام بالحسابات الدقيقة لمعامل انتقال الحرارة على سطوح المكبس ولايمكن الوصول اليها بدون

$$h_{skirt} = k_{oil} / d \dots\dots\dots(4)$$

$$R_r = \frac{1}{Dp} \left[\left(\frac{d_r/2}{2*a*S_r*k_{oil}} \right) + \left(\frac{1}{k_{ring}} \right) + \left(\frac{d_w}{k_{oil}*b} \right) \right] \dots\dots\dots(2)$$

$$a = \frac{1}{\left[\left(\frac{2S_r}{d_r} \right) * \left(\frac{k_{oil}}{k_{ring}} \right) + 1 \right]}$$

ان قيمة (h_{av}) والتي تمثل (h_{skirt}) سوف تعتمد على مقدار الخلوص الجانبي (d) لمنطقة المكبس .

حساب معامل انتقال الحرارة على السطح الداخلي للمكبس

يكون انتقال الحرارة بين الزيت والسطوح الداخلية للمكبس بطريقة الحمل ، ولحساب معامل انتقال الحرارة لهذة المنطقة سيكون من الصعب ايجاده نظرا لوجود اضلاع التقوية وحدة المكبس ورذاذ الزيت المقذوف من حركة ذراع التوصيل والدوامات الهوائية الناتجة من المكبس الترددية وبذلك تم التبسيط يتم من خلال حساب معامل انتقال الحرارة من خلال اعتبار المكبس على شكل انبوب يمر به زيت بسرعة معينة تكافئ السرعة الخطية للمكبس . ان انتقال الحرارة يتم بالحمل لجريان مضطرب قسري واعتمادا على رقم رينولدز

$$Nu = \frac{hD}{k} \dots\dots\dots(5)$$

$$Nu = 0.023Re^{0.8} Pr^{0.3} \dots\dots\dots(6)$$

$$Re = P.U.D/m$$

$$Pr = \frac{mC_p}{K}$$

$$h_{oil} = Nu * k/D \dots\dots\dots(7)$$

بذلك يتم ايجاد متوسط معامل انتقال الحرارة للسطح الداخلي للمكبس حيث ان

$$Pr = 0.77 \quad (\text{للهاواء})$$

$$Pr = 276 \quad (\text{للزيت})$$

$$e = 3.6 \text{ Kg} / \text{m}^3 \quad (\text{للهاواء})$$

$$m = 0.06924 \text{ Kg} / \text{m.s} \quad (\text{للهاواء})$$

$$m = 0.0171 \text{ Kg} / \text{m.s} \quad (\text{للزيت})$$

$$e = 840 \text{ Kg} / \text{m}^3 \quad (\text{للزيت})$$

يمكن تمثيل انتقال الحرارة بالحمل في منطقة الحلقات لنفس كمية الحرارة المنتقلة على اعتبار ان الحالة مستقره (Steady state) وان كمية الحرارة المنتقلة عبر كل حلقة مقدار ثابت . ان معامل انتقال الحرارة بالحمل (h_{ring}) للسطوح الداخلية لأخود حلقة الضغط هو

$$R_r = 1/h_{ring}A \dots\dots\dots(3)$$

$$h_{ring} = 1/R_rA \dots\dots\dots(3a)$$

$$dr = 0.03 \text{ (mm)}$$

$$dw = 2.54 * 10^{-3} \text{ (mm)}$$

$$Sr = 4 \text{ (mm)}$$

$$D = 2 \text{ (mm)}$$

$$k_r = 52.5 \text{ (W/m.K)}$$

$$k = 175.8 \text{ (W/m.K)}$$

للألمنيوم

حساب معامل انتقال الحرارة على المساحات بين اخاديد الحلقات وتتورة المكبس

ان انتقال الحرارة يكون بالحمل للمساحات بين اخاديد الحلقات وتتورة المكبس وان الزيت في منطقة الخلوص بين سطح المكبس وجدران الاسطوانة صغيرة جدا . وبذلك سيتم اعتبار انتقال الحرارة بالتوصيل وعبر طبقة زيت خفيفة جدا [3] لذلك

$$Q = h_{av}A(T_1 - T_2)$$

$$Q = \frac{k_{oil}}{d} A(T_1 - T_2)$$

ان معامل انتقال الحرارة الذي سيتم استخدامه على طول ارتفاع تتورة المكبس هو

وقت الاحتساب لذلك تم الاعتماد على بناء النماذج بشكل ربع مكبس يحتوي على جانب الدفع الرئيسي (Major Thrust Side) مع صرر مسمار المكبس (Pin Bosses). وكان السبب بالإضافة الى اختصار وقت الاحتساب من خلال تقليل النقاط العقدية هو ان ربع المكبس يتشابه مع ارباعه الباقية من حيث الاحمال والظروف المحيطة به وكذلك امكانية ملاحظة ما يحدث داخل عمق المكبس . اما كيفية بناء نموذج المكبس فان ذلك يأخذ وقت وجهد كبيرين ذلك ان المكبس يعتبر من التصميم الصعبة جدا وذو مساقط مختلفة . لذلك سيتم رسمه ثنائي الابعاد ومن ثم تدويره بزاوية 90° ، حيث يتم الدوران حول نقطتين الاولى اعلى تاج المكبس والاخرى اسفل تاج المكبس ليتحول التصميم من ثنائي الابعاد 2D الى 3D حيث يتطلب ممارسة وجهد كبيرين ومن ثم يتم اضافة الدعامة وتنقيب وفتح الشق في اخدود التزيبب والتقليل من طول تنورة المكبس (Piston Skirt) هذا كلة في المكبس الاصلي . اما عند اجراء التغييرات على تاج المكبس وحلقات الضغط وسلك الدعامة واطراف كهف في تاج المكبس عند ذلك يتطلب العمل مهارة كبيرة لان ذلك سيكون في مستوى ثلاثي الابعاد 3D فقط.

الشروط الحدية

نعني بها الظروف المحيطة بالمكبس والتي تجعله وكأنه يعمل داخل المحرك فعلا وان لا يكون حرا تحت تأثير القوى المسلطة عليه ، وتقسم الشروط الحدية الى قسمين:

القسم الاول : الشروط الحدية لتثبيت المكبس

وهي شروط مهمة جدا لغرض ايجاد الحل للمعادلات بطريقة العناصر المحددة والتي تجعل المكبس وكأنه فعلا يتحرك داخل الاسطوانة ومن هذه الشروط :

1. ربط نموذج ربع المكبس مع الارباع الباقية .
2. يكون المكبس حر الحركة بالاتجاه الشاقولي مع المحور Y ومقيد الحركة في المحور X اي المحور العامودي على مستوي محور الدفع والمستوي Z المحور العمودي على مستوى محور مسمار المكبس .
3. ارتكاز وارتباط المكبس بمسمار المكبس والذي يمثّل بالنقاط العقدية المحصورة بين

حساب الضغط الأقصى لغاز الاسطوانة

ان مقدار الضغط الأقصى هو حوالي (7) مرات من قيمة متوسط الضغط الفعال ويحسب من المعادلة التالية : [2]

$$P_{me} = \frac{Power * 60}{L * A_z * N * h} \dots(8)$$

طريقة التصميم والتحليل

عند تصميم وتحليل المكبس لابد من استخدام احد الطرائق العددية في التحليل وفي هذا البحث تم استخدام طريقة العناصر المحددة (Finite Element Method) من خلال برنامج Ansys ، وهو برنامج متقدم في تحليل العناصر المحددة ويستخدم في حل مختلف المشاكل الهندسية وقادر على انجاز التحليلات الستاتيكية والديناميكية وانتقال الحرارة وجريان الموائع والمغناطيسية الكهربائية .

تهيئة النماذج

تم الاعتماد على نماذج حقيقية لمكابس مختلفة مستخدمة في محركات السيارات التالية :

- مكبس لمحرك سيارة Mercedes موديل 1985 المانية الصنع ، حجم المحرك 1997c.c و قدرة 66KW وسرعة 5000r.p.m ، عدد الاسطوانات (4) ونوع الوقود بنزين .
- مكبس لمحرك سيارة برازيلي Volkswagon_Passat برازيلي الصنع ، حجم المحرك 1000c.c و قدرة 65KW وبسرعة 5800r.p.m وعدد الاسطوانات 4 ونوع الوقود بنزين .
- مكبس لمحرك سيارة بيجو Peugeot موديل 1998 فرنسية الصنع وحجم المحرك 2165c.c و قدرة 79KW وبسرعة 4500 r.p.m وعدد الاسطوانات 4 ونوع الوقود بنزين .

بناء النماذج

تم العمل على برنامج Ansys ذاتة من دون استخدام برامج الرسم الاختصاصية مثل برنامج (Auto Cad) وبما ان المكبس غير متناظر محوريا فكان لابد من تمثيل المكابس تمثيلا قياسي نستطيع به اختصار عدد النقاط العقدية (Nodal Point) والذي يتبعه اختصار

1 - تاج المكبس مستوي
ب- تاج المكبس بغرفة احتراق كروية
ج- تاج المكبس مقعر
ثانيا : دراسة تأثير رفع الحلقة الاولى من
خلال جعل h_{ring} يساوي صفرا .
دراسة تأثير اضافة حلقة ضغط
اخرى .

دراسة تأثير اضافة قناة تبريد في تاج
المكبس . ثالثا : تغير سمك دعامة الاسناد
للمكابس ودراسة تأثير درجات الحرارة .
اما فيما يخص حساب الاجهادات لنماذج
المكابس فقد تم استخدام معامل التمدد الحراري
لسبيكة الالمنيوم (HG.416)(جدول 2) كونها
مناسبة جدا لمعدن المكابس وقريبة من حيث
المكونات الكيميائية التي تم الحصول عليها من
تحليل معادن المكابس عمليا .

النتائج والمناقشة

تم دراسة المكابس بشكلها الحقيقي
والموضحة بالشكل (1) ومقارنتها مع بعضها
اولا ثم دراستها بعد تغير شكل تاج المكبس
وعدد حلقات الضغط وسمك الدعامة واطراف
قناة تبريد في منطقة التاج ومقارنتها مع حالة
المكبس الحقيقي للوصول الى التصميم الامثل
وتجاوز نقاط الضعف في التصميم . كما سيتم
مناقشة الفروق الحراري والتي تشمل توزيع
درجات الحرارة والاجهادات الحرارية للمكابس

توزيع درجات الحرارة :

الشكل (2) يمثل توزيع درجات الحرارة
للمكابس الثلاثة مرسيديس ، فولكس واكن ،
بيجو. حيث ان الملاحظ بصورة عامة ارتفاع
درجات الحرارة للمناطق العليا للمكابس
والقريبة من المصدر الحراري وتنخفض
تدريجيا كلما اتجهنا الى اسفل المكابس ، اي
المناطق البعيدة عن المصدر حيث ان اقل
درجة حرارة للمكابس هي في المناطق السفلى
لتنورة المكبس Piston Skirt ولغرض
المناقشة تم اختيار مكبس محرك المرسيديس
الاساسي للمقارنة به مع بقية المكابس حيث
لوحظ في النتائج بانة اقل المكابس ارتفاعا
لدرجات الحرارة ولقيم الاجهادات الحرارية
واسهل المكابس رسما وتصميما .

توزيع درجات الحرارة / مكبس محرك
المرسيديس (شكل 3)

من خلال ملاحظة توزيع درجات الحرارة
لمكبس محرك المرسيديس يلاحظ ان اعلى

ضلعي زاوية مقدارها 45^0 تقريبا تبدأ من
اعلى منتصف مسمار المكبس .

القسم الثاني : الشروط الحدية الخاصة
بالتحليل

وهي الشروط الحدية الخاصة بالتحليل
الحراري اي الظروف المحيطة بالمكبس
والتي تجعله يعمل كما لو كان حقيقيا داخل
المحرك وهي كالتالي :

الشروط الحدية بالتحليل الحراري :

تنتقل الحرارة من الغازات الساخنة في غرفة
الاحتراق والتي تكون بدرجة حرارة مقدارها
 $T_g=900^0C$ [6] وسطح تاج المكبس بطريقة
الحمل ولذلك يجب ان تكون جميع النقاط
العقدية على سطح تاج المكبس بمعامل انتقال
حرارة h_g ومتوسط درجة حرارة الغاز T_g
والمستخرجة من المعادلة (1) وكما في
الجدول رقم (1)

2- انتقال الحرارة بالحمل بين منطقة اخاديد
الحلقات وجدار الاسطوانة والذي يكون متوسط
درجة الحرارة الاسطوانة 115^0C [1] ويتم وضع
معامل انتقال الحرارة لمنطقة الحلقات h_{ring}
والذي تم حسابه من المعادلة (3a) وبدرجة
حرارة 115^0C لذلك توضع على جميع النقاط
العقدية لمنطقة الاخاديد بمعامل انتقال حرارة
 h_{ring} ودرجة مقدارها 115^0C وكما في الجدول
رقم (1).

3. اما منطقة ما بين اخاديد الحلقات فيكون
معامل انتقال الحرارة لها والمستخدم من
المعادلة (3) والذي يمثل h_1, h_2, h_3 كما
موضح في الجدول رقم (1) ، يلاحظ انة
لا توجد قيمة h_3 لمحرك المرسيديس لقصر
تنورة المكبس Piston Skirt عما هو عليه في
بقية.

4 - يتعرض المكبس الى انتقال حرارة بالحمل
بين السطح الداخلي للمكبس والزيوت ويعتمد
مقدار انتقال الحرارة h_{oil} على سرعة المكبس
والذي تم حسابه لجميع المكابس من المعادلة (6)
وكما في الجدول رقم (1) .

التحليل الحراري للمكبس

ان التحليل الحراري للمكابس يعني دراسة
تأثير درجات الحرارة والاجهادات الحرارية
والتشوهات الناتجة منها .

اولا : دراسة تأثير شكل تاج المكبس في
درجات الحرارة وكالتالي :

ان هذه الزيادة في درجات الحرارة وفي عموم مكبس محرك الفولكس واكن ترجع الى زيادة قيمة معامل انتقال الحرارة بين سطح تاج المكبس والغازات hg والتي تكون بقيمة $(721E-6W/mm K)$ بينما في مكبس محرك المرسيديس $(71E-6W/mmK)$ وهذه الزيادة ناتجة عن زيادة سرعة مكبس محرك الفولكس واكن وصغر حجم اسطوانة نسبة الى حجم اسطوانة مكبس المرسيديس حيث ان معامل لانتقال الحرارة يتناسب طرديا مع السرعة وعكسيا مع الحجم حسب المعادلة (6) .

توزيع درجات الحرارة /المكبس محرك بيجو

ان اعلى درجة حرارة يصل اليها مكبس محرك بيجو هي بقيمة $(5681K)$ $(296C^{\circ})$ وتتركز في وسط تاج المكبس وتنتشر الى نهاية التاج من جهة الدفع اكثر عما هو عليه من جهة الصرة وتنخفض درجات الحرارة من جهة الدفع تدريجيا حتى تصل عند بداية الحلقة الثالثة الى قيمة $(5271K)$ $(256C^{\circ})$ وعند نهاية الحلقة الثالثة الى قيمة $(405K)$ $(136C^{\circ})$ ثم تنخفض الى قيمة $(385K)$ $(116C^{\circ})$ وهي اقل درجة حرارة يصل اليها المكبس بسبب لبتعادها عن المصدر الحراري . وفي منطقة ال Top land في جهة الدفع كانت درجة الحرارة بقيمة $(552k)$ $(279C^{\circ})$ وقيمة درجة الحرارة في الاخدود الاول والثاني في حلقات الضغط من جهة الدفع هي بقيمة $(532K)$ $(259C^{\circ})$ واخدود الحلقتين الاولى والثانية من جهة الصرة $(512K)$ $(239C^{\circ})$ ثم تنخفض الى قيمة $(492K)$ $(219C^{\circ})$ كما ان الملاحظ ان الانخفاض في درجات الحرارة من جهة الصرة اسرع مما هو عليه من جهة الدفع وهذا يعود الى وجود الدعامة والتي تعتبر ممر حراري جيد .

حالات مكبس محرك بيجو

الشكل (5) يمثل توزيع الاجهادات الحرارية لمكبس محرك بيجو ويلاحظ في جميع الحالات انتشار في الاجهادات الحرارية في الحلقة الثالثة وحول الشق (slot) وتتركز في مساحة قليلة عند نهاية الشق وكذلك في نهاية الحلقة الثالثة من جهة الصرة . ففي حالة وجود تاج ذو غرفة كروية وحالة التاج المقعر وحالة وجود قناة تبريد يكون هناك زيادة في مساحة انتشار الاجهادات في منطقة اسفل تاج المكبس .

درجة حرارة هي بقيمة مقدارها $(527K)$ $(245C^{\circ})$ تقريبا وتنتشر على السطح العلوي لمنطقة تاج المكبس وتأخذ مساحة اكبر في منطقة ال (Top land) من جهة الدفع (Thrust) عما هو عليه من جهة الصرة (Pin Bosses) وتقل لتصل الى $(511K)$ $(238C^{\circ})$ وتستمر هذه الدرجة الى بداية الحلقة الاولى للمكبس من جهة الدفع. يستنتج من ذلك ان درجات الحرارة في جانب الدفع (Thrust Side) وابتداء من تاج المكبس ولغاية الحلقة الثالثة هي اعلى من مثلتها على جانب الصرة للمكبس وعند النزول من نصف الحلقة الثالثة من جهة الدفع الى اسفل تنورة المكبس (Piston Skirt) يلاحظ العكس حيث ان درجات الحرارة لهذه المنطقة اوطأ في منطقة جانب الصرة والسبب في هذه الظاهرة يعود الى وجود الدعامة التي تعمل كممر حراري لجريان الحرارة مما يؤدي الى انتقال حراري جيد اي تكون المناطق العليا من المكبس اوطأ درجة حرارة هذا الجانب من جانب الدفع side thrust . اما وجود الصرة المتصلة بمسامر المكبس فهي تعمل كعائق لجريان الحرارة ، اي ان درجات الحرارة تبدأ من نصف الحلقة الثالثة للمكبس الى اسفل تنورة المكبس اعلى من تلك التي على جانب الدفع

توزيع درجات الحرارة لمكبس محرك الفولكس واكن / باسات (شكل 4)

في حالة مكبس الفولكس واكن / باسات والذي يشبه مكبس محرك المرسيديس من حيث وجود تقوب دائرية موزعة على اخدود الحلقة الثالثة للمكبس ويختلف عنه من حيث تقع تاج المكبس وزيادة سرعة وقدرة المحرك وبالتالي هنالك زيادة في درجة حرارة المكبس مقارنة مع مكبس محرك المرسيديس . لا يختلف توزيع درجات الحرارة بشكل كبير عما هو عليه في مكبس محرك المرسيديس ، حيث ان اعلى درجات حرارة يصلها مكبس محرك الفولكس واكن هي $(558K)$ $(285C^{\circ})$ والتي تكون في تاج المكبس وأقل درجة حرارة تكون في نهاية منطقة تنورة المكبس Piston Skirt وبقية $(388K)$ $(115C^{\circ})$. تتدرج درجة الحرارة في منطقة الدفع وحلقات الضغط وحلقة التزييت في اعلى تاج المكبس الى نهاية الحلقة الثالثة كما هو عليه في مكبس محرك المرسيديس ولكن بدرجات حرارة اعلى . كذلك في منطقة الدفع بسبب وجود دعامة المكبس ،

• التصميم الحقيقي للمكابس هو افضل تصميم ، فالبرغم من ان قناة التبريد تقلل من درجات الحرارة للمكبس فلم يكن ذلك الانخفاض كبير بالاضافة الى صعوبة تصنيع القناة في التاج وبالرغم من ان الزيادة في سمك الدعامة سوف يقلل من درجات الحرارة للمكبس والاجهادات الحرارية لكن ليس بذلك الفرق الكبير عن التصميم الحقيقي فالابتعاد عن الزيادة في سمك الدعامة افضل وخصوصا انها تزيد من وزن المكبس .

• ان النتائج التي حصلنا عليها تسهل عملية ايجاد التصميم المناسب من خلال تغيير شكل المكبس وتحديد مناطق تمرکز الاجهادات والحصول على النتائج والمقارنة بينها من دون اللجوء الى الاختبارات العملية الطويلة والمكلفة لكل حالة ومقارنتها مع الحالات الاخرى في معرفة تمرکز الاجهادات اي ان هذه الدراسة تتميز بقلّة الكلفة واختصار الوقت ودقة النتائج .

• هذه الدراسة والتي استخدمت تقنيات الحاسوب الحديثة في انجازها من خلال استخدام برنامج تحليل الاجهادات , Ansys ، ولا يمكن انجاز هذه الدراسة بالطرق الحسابية لتقليدية بسبب كثرة المعادلات المعقدة وصعوبة حلها وخصوصا عندما يكون تحليل الاجهادات في نموذج ثلاثي الابعاد .

المصادر

- [1]- Genter F. Hohenberg "Advanced approaches for heat transfer calculations" SAE Transaction paper 790825.Society of Automotive engineering Inc1980.
[2]- Gyorgy Sitkei " Heat Transfer and Thermal loading in InternalCombustion engine . .Budapest 1974

الاستنتاجات

من خلال النتائج التي تم الحصول عليها يمكن التوصل الى الاستنتاجات التالية

- مكبس محرك المرسيديس يعتبر الافضل من حيث توزيع درجات الحرارة والاجهادات الحرارية وشكل تاجة المستوي وخلو حلقة التزيت من الشق وقصر تتورة مكبسة
- المكابس ذات حلقات تزيت خالية من الشق متشابهة من حيث توزيع درجات الحرارة والاجهادات واماكن تمرکزها لكنها مختلفة من حيث قيمتها وذلك لاختلاف سرعة المكبس وقدرة المحرك واقطار المكابس وشكل التاج
- مكبس محرك البيجو اسرع فقدان للحرارة لوجود الشق اي خلو هذه المنطقة من المعدن لكن لها تمرکز اجهادي حراري وخاصة عند نهاية الشق وهذا يعني ان على المصمم ملاحظة نوع السبيكة المستخدمة في تصنيع المكبس ومدى تحملها لتجاوز نقاط ضعف الشق
- وجود غرفة احتراق في المكبس يعني زيادة المساحة السطحية المعرضة للمصدر الحراري اي زيادة درجات الحرارة للمكبس لذلك يجب ان تكون هناك طرق وممرات للتخلص من هذه الحرارة مثل زيادة عدد الحلقات او زيادة سمك الدعامة او وضع شق في حلقة التزيت
- من الضروري وجود شق في حلقة التزيت في المكبس ذات تاج مستوي وانما الاكتفاء بوجود تقوب للتزيت وذلك لعدم ارتفاع درجات الحرارة بصورة عالية جدا وكذلك الاكتفاء بحجم دعامة مناسب كي لا يزيد من وزن المكبس
- وضع قناة تبريد في تاج المكبس ضروريا للمكابس التي يكون فيها الضغط الاقصى على المكبس كبير لغرض التقليل من درجات الحرارة .

- [3]- Robert M. Desmond " Heat Transfer" Second edition 1982 "
west publishing Co.50 West kellogy
Boulevard
- [4]- MKhovakh Motor vehicle engines
1979 Mir publishers Moscow1977
- [5]- Taylor ,Charles Fayette " The
internal combustion engines in theory
and practice " Vol 2 The Manschusetts
Inst of Technology 1968 .
- [6]- Woschni Gand Freger . J. "
Determination of local heat transfer
coefficient at the piston of a high speed
diesel engine by evaluation of measured
lemp distribution " SAEpaper 790834
SAETrans. Vol. 88 1979.
- [7]- Shoichi Fumhama , Hidekazu
Suzuki" Temp Distribution of piston
ring and piston in high speed diesel
engine " paper no. 174-12 Bulletin of
JSME vol 22 No. 174. 1979.
- [8]- Woschni ,G" Prediction of Thermal
loading of supercharged Diesel Engine
" SAE paper 790821 .1979.9- Peter
[9]Reipertand olf Buchta " New design
method for pistons " SAE paper
810933 , 1981.

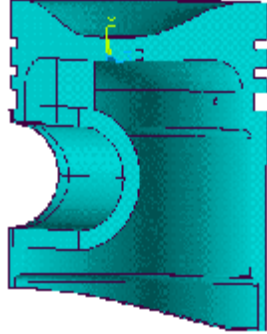
- 10-** باسم محمد فاضل " دراسة تحليلية عن
تصميم مكبس وذراع توصيل لمحرك احتراق
داخلي داخلي باستخدام الحاسبة الالكترونية "
اطروحة ماجستير / قسم هندسة المكائن
والمعدات الجامعة التكنولوجية 1993 .
- 11-** مصطفى لطفى ابراهيم " دراسة
الاجهادات الحرارية على مكبس محرك احتراق
داخلي
بأستخدام طريقة العناصر المحددة "
اطروحة ماجستير / قسم هندسة المكائن
والمعدات /الجامعة التكنولوجية 1998 .
- 12-** أفاق جاسم محمود : " دراسة تحليلية عن
تصميم مكابس لمحركات احتراق داخلي "
اطروحة ماجستير / قسم هندسة المكائن
والمعدات /الجامعة التكنولوجية .2003.

جدول رقم (1)

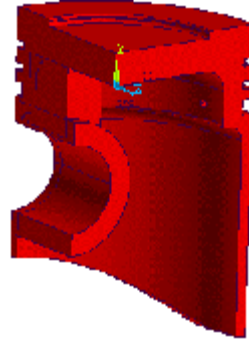
مكبس محرك بيجو	مكبس محرك سيارة مرسيدس	مكبس محرك فولكس واكن لباسات	الوحدات	
7.3	6.2	7.5	(N/mm ²)	ضغط الغاز الاقصى
677	544	721	$h_g (W/m.K)$	معامل انتقال الحرارة لمنطقة تاج المكبس
2788	2811	2328.5	$h_{ring} (W/m^2.K)$	معامل انتقال الحرارة لمنطقة الحلقات
438	438	438	$h_1 (W/m^2.K)$	معامل انتقال الحرارة لمنطقة بين الحلقة الاولى والثانية للمكبس
850	1528	850	$h_2 (W/m^2.K)$	معامل انتقال الحرارة لمنطقة بين الحلقة الثانية والثالثة للمكبس
1528	—	1528	$h_3 (W/m^2.K)$	معامل انتقال الحرارة لمنطقة بين الحلقة الثالثة وتنورة المكبس
1367	1382	1434	$h_{oil} (W/m^2.K)$	معامل انتقال الحرارة لمنطقة الحلقات

جدول رقم (2)

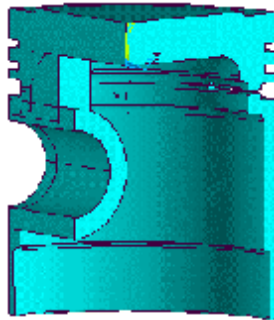
معامل يونغ E N/mm^2	معامل التمدد α $E - 6 \left(\frac{1}{c^\circ} \right)$	معامل لتوصيل $K (W/m.K)$	الكثافة L kg/m^3	اجهاد الشد N/mm^2	اسم السبيكة
71.7	23	175.8	2740	371	المنيوم HG.416



مكبس محرك سيارة الفولكس واكن

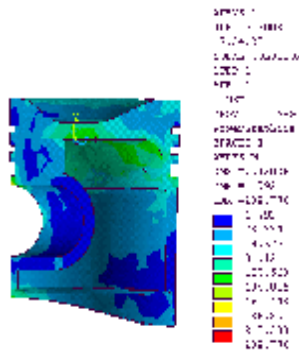


مكبس محرك سيارة المرسيديس



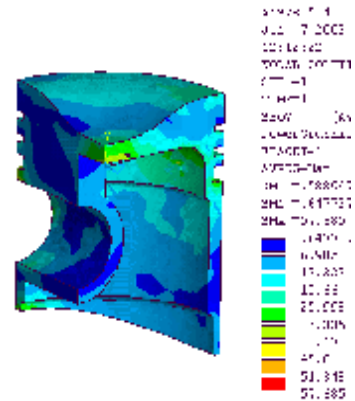
مكبس محرك سيارة البيجو

(الشكل 1)

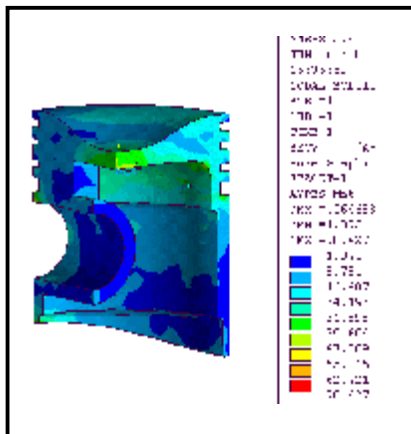


زيادة الضغط الأقصى

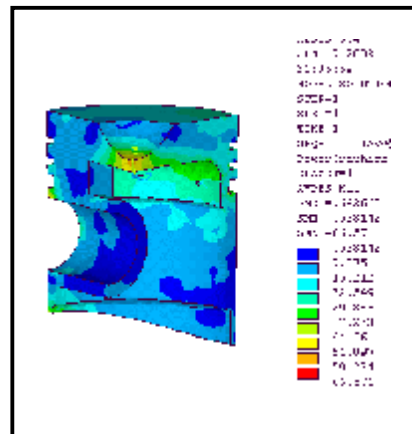
من 7N/mm^2 إلى 10N/mm^2



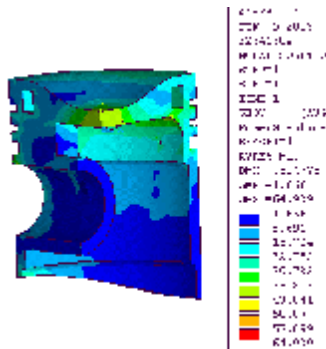
زيادة سمك الدعامة



زيادة حلقة ضغط

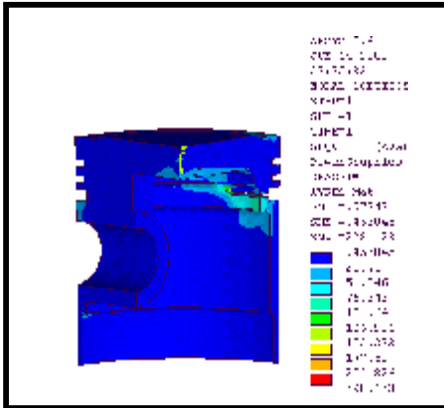


تاج ذو سطح كروي

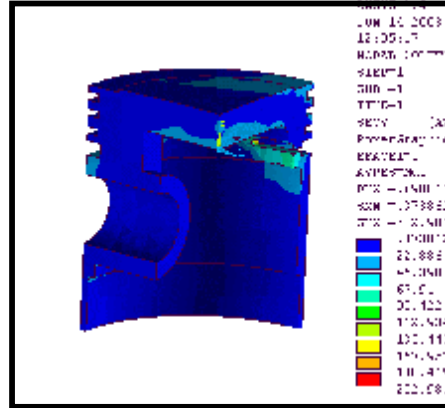


إضافة قناة تبريد

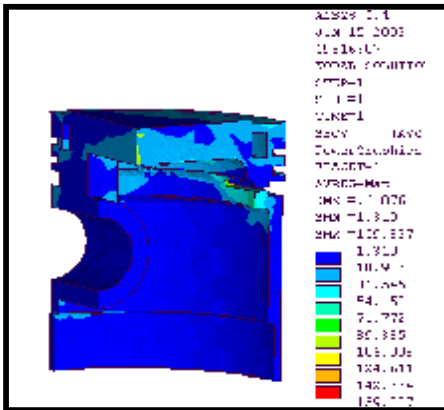
الشكل (4) يمثل توزيع الاجهادات الحرارية لحالات مكبس محرك الفوكس واكن - باسات



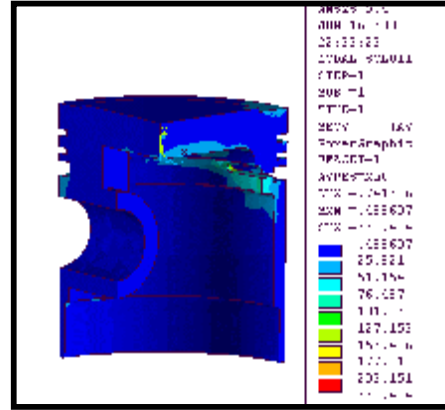
زيادة سمك الدعامة



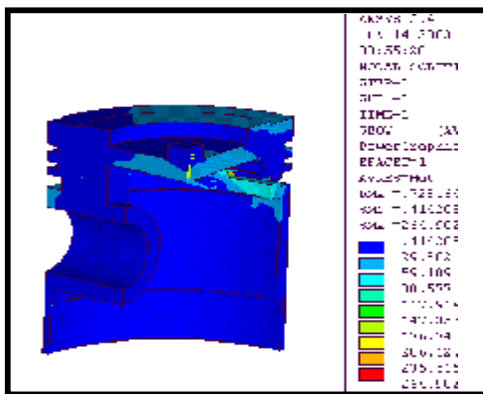
إضافة حلقة ضغط



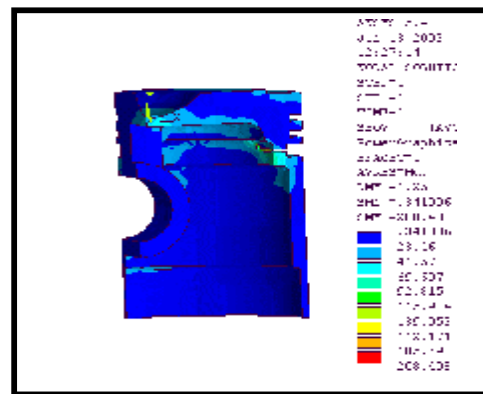
إضافة قناة تبريد



رفع حلقة ضغط



تاج المكبس مقعر



سطح تاج المكبس كرة

الشكل (5) يمثل توزيع الاجهادات الحرارية لحالات مكبس محرك البيجو