متغيرات أداء مشع مركبة آليّة

حيدر حاتم عبد الصاحب [1]، عبد الباسط رجب سالم [2]

1، 2 المعهد العالي للعلوم والتقنية غريان

Abstract:

Most vehicles rely on water to get rid of excess combustion heat as the water transfers the engine heat and remove it to the outside as it passes through a radiator installed in front of the engine. The radiator consists of a top and bottom reservoir connected to each other by finned metal pipes. The heat passes from the water to the pipe walls and related fins. The heat then passes through the air passing through the pipes as the vehicle moves.

The radiator of the vehicle (water cooler) is a cross flow heat exchanger; both fluids (water and air) are unmixed.

In this study, the effect of changing the water flow rate and the overall heat transfer coefficient during radiator on the surface of the external radiator surface and on the radiator performance, i.e., its effect on the rate of heat removed from the water and on the temperature of air exit from the radiator was studied. It was found that when radiator water flow rate increased from 0.03 kg/s to 0.07 kg/s , the radiator surface area increased from 0.82 m^2 to 2.35 m^2 and the air exit temperature from radiator increased from 312 K to 327 K. The rate of heat removed from water increased from 8839 W to 20624 W when the overall heat transfer coefficient value is 200 $W/m^2.K$.

The results also show that when the overall heat transfer coefficient increases from 200 $W/m^2.K$ to 400 $W/m^2.K$, the rate of heat removed from water increases from 14731.5 W to 18519.6 W. The air exit temperature of the radiator increases from 319.5 K to 324.5 K when the water flow rate during radiator is 0.05 kg/s.

 Copyright © GJT حقوق الطبع محفوظة لمجلة غريان للتقنية

الملخص :

تعتمد معظم المركبات على الماء للتخلص من حرارة الاحتراق الزائدة حيث يقوم الماء بنقل حرارة المحرك وطرحها إلى المحيط الخارجي أثناء مروره خلال مشع مركب أمام المحرك. ويتكون المشع من خزان علوي وآخر سفلي يتصل كل منهما بالآخر عن طريق أنابيب معدنية مزعنفة وتنتقل الحرارة من الماء إلى جدران الأنابيب والزعانف المتصلة بها وبعد ذلك تنتقل الحرارة إلى الهواء المار بين الأنابيب أثناء سير المركبة.

مشع المركبة الآلية (مبرد الماء) هو مبادل حراري متعامد الجريان فيه المائعان (الماء والهواء) غير مخلوطين. في هذا البحث تم دراسة تأثير تغيير معدل تدفق الماء والمعامل الإجمالي لانتقال الحرارة خلال المشع على مساحة سطح المشع الخارجية وعلى أداء المشع أي تأثيرها على معدل الحرارة المزالة من الماء وعلى درجة حرارة خروج الهواء من المشع. ووجد أنه عند زيادة معدل تدفق الماء خلال المشع من 0.03 kg/s إلى 0.07 kg/s تزداد مساحة سطح المشع من 0.82 m^2 إلى 2.35 m^2 وتزداد درجة حرارة خروج الهواء من المشع من 312 K إلى 327 K ويزداد معدل الحرارة المزالة من الماء من 8839 W إلى 20624 W عندما تكون قيمة المعامل الإجمالي لانتقال الحرارة 200 $W/m^2.K$.

وضحت النتائج أيضاً أنه عندما تزداد قيمة المعامل الإجمالي لانتقال الحرارة خلال المشع من 200 $W/m^2.K$ إلى 400 $W/m^2.K$ يزداد تبعاً لذلك معدل الحرارة المزالة من الماء من 14731.5 W إلى 18519.6 W وتزداد درجة حرارة خروج الهواء من المشع من 319.5 K إلى 324.5 K عندما يكون معدل تدفق الماء خلال المشع 0.05 kg/s.

المقدمة :

الحرارة العالية المتولدة نتيجة لاحتراق الوقود في محركات الاحتراق الداخلي لا تتحول جميعها إلى شغل فعال حيث يتحول ثلث طاقة الاحتراق إلى طاقة حركية (قدرة مستفادة) ويخرج ما يقارب من ثلث آخر مع غازات العادم إلى المحيط، وتمتص كتلة الاسطوانة وغطائها والصمامات وباقي الأجزاء الثلث الأخير من ناتج حرارة الاحتراق [2]، وإذا لم تبرد هذه الأجزاء فسوف ترتفع درجة حرارتها وهذا سيؤدي إلى:

 Copyright © GJT حقوق الطبع محفوظة لمجلة غريان للتقنية

- تمدد الأجزاء وتتسبب في اعوجاجها أو تلفها.
- احتراق زيت التزييت على جدران الاسطوانات.
- يفقد الزيت خواصه ودرجة لزوجته.
- نقص في كفاءة المحرك وعدم استمراريته في الاشتغال.

توجد هناك طريقتان أساسيتان في تبريد محركات الاحتراق الداخلي هما:

- التبريد بواسطة الهواء(التبريد الهوائي).
- التبريد بواسطة الماء(التبريد المائي).

في التبريد الهوائي يستفاد من التيارات الهوائية التي تحيط وتلامس كتلة المحرك والاسطوانات لغرض تخفيض درجة حرارة المحرك. ويتطلب التبريد الهوائي زيادة المساحة السطحية الخارجية للاسطوانات وغطاء كتلة الاسطوانات وذلك عن طريق تزويدها بزعانف خارجية.

في طريقة التبريد المائي توجد حول المحرك وكتلة الاسطوانات وغطائها جيوب مائية يدور فيها الماء حيث يقوم بامتصاص الحرارة الزائدة من جدران المحرك فترتفع درجة حرارة الماء ثم يندفع إلى مبردة خاصة تسمى بالمشع Radiatorحيث يتم فيها التبادل الحراري مع الهواء المحيط وبعد انخفاض درجة حرارة الماء يعود ثانية إلى الجيوب المائية للمحرك وهكذا تتم دورة الماء.

يقوم المشع بالتبادل الحراري وذلك عن طريق طرح الحرارة من ماء التبريد إلى المحيط الخارجي. ويتكون المشع مما يلي [3] :

- الخزان العلوي للمشع ويكون موقعه بالأعلى وفيه فتحة التعبئة بالماء وأنبوب الماء الفائض وأنبوب سحب الماء .
- الخزان السفلي للمشع وموقعه في الأسفل وفيه فتحة لتفريغ السائل وأنبوب رجوع الماء.
- مركز المشع ويقع بين الخزان السفلي والعلوي ويتكون من مجموعة من الأنابيب المعدنية محاطة بزعانف معدنية تكوّن ممرات هوائية تزيد من مساحة التبريد.
- إطار المشع (الغلاف) الذي هو يحوي مجموعة المشع أعلاه.

 Copyright © GJT حقوق الطبع محفوظة لمجلة غريان للتقنية

مشع المركبة الآلية يمكن اعتباره مبادل حراري متعامد الجريان حيث يجري الماء الساخن داخل الأنابيب ويتدفق الهواء البارد خارج الأنابيب بشكل عمودي على الماء. وبما إن الماء سيجري بالأنابيب والهواء يجري بالفراغات المتكونة بين زعانف المشع لذلك يكون المشع مبادل حراري متعامد الجريان وفيه كلا المائعين غير مخلوطين unmixed.

التحليل الرياضي :

معدل الحرارة المزالة بواسطة المشع وهي الحرارة التي يفقدها المائع الساخن (الماء)، يمكن حسابها من المعادلة التالية [1] :

$$q = \dot{m_h}\, Cp_h(T_{hi} - T_{ho}) \qquad (1)$$

معدل الحرارة التي يكتسبها المائع البارد (الهواء) أثناء مروره خلال المشع، وهي نفسها التي يفقدها المائع الساخن، ويمكن حسابها بالمعادلة التالية [1] :

$$q = \dot{m_c}\, Cp_c(T_{co} - T_{ci}) \qquad (2)$$

من المعادلة (2) نحصل على إن :

$$T_{co} = T_{ci} + \frac{q}{\dot{m_c}\, Cp_c} \qquad (3)$$

السعة الحرارية للمائع الساخن (الماء) تكون :

$$C_h = \dot{m_h}\, Cp_h \qquad (4)$$

السعة الحرارية للمائع البارد (الهواء) تكون :

$$C_c = \dot{m_c}\, Cp_c \qquad (5)$$

وم.ن خلال ملاحظة قيمة السعتين الحراريتين للمائعين نحدد معدل السعة الأدنى C_{min} ومعدل السعة القصوى C_{max}.

أقصى كمية حرارة يمكن أن تنتقل خلال المبادل الحراري هي [1] :

$$q_{max} = C_{min}(T_{hi} - T_{ci}) \qquad (6)$$

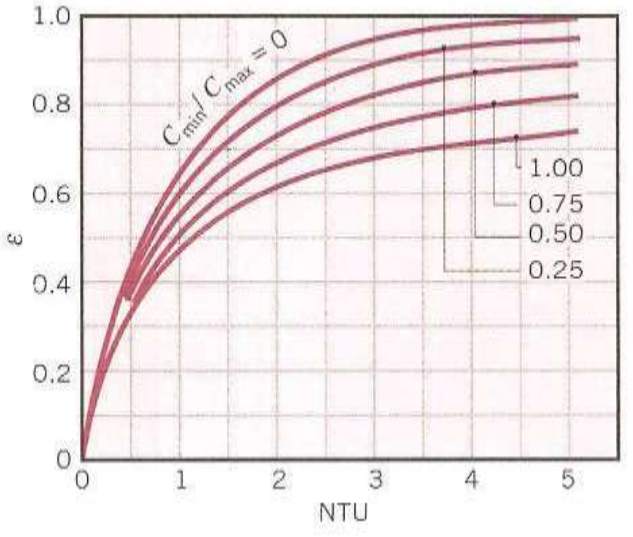
فاعلية المبادل الحراري هي النسبة بين معدل الحرارة المنتقلة إلى أقصى كمية حرارة يمكن أن تنتقل، أي أن :

$$\epsilon = \frac{q}{q_{max}} \qquad (7)$$

 Copyright © GJT حقوق الطبع محفوظة لمجلة غريان للتقنية

وبالاستعانة بالمخطط الموضح بالشكل (1) تقرأ عدد وحدات الانتقال NTU وبعد ذلك يمكن حساب مساحة سطح المشع (المبادل الحراري) الخارجية الكلية والتي تشمل مساحة الأنابيب والزعانف المتصلة بها. حيث إن:

$$NTU = \frac{U.\ A}{C_{min}} \qquad (8)$$



الشكل (1) : فاعلية وعدد وحدات الانتقال لمبادل حراري متعامد الجريان "المائعان غير مخلوطين" [4].

ولغرض معرفة تأثير معدل تدفق الماء خلال المشع على أدائه فقد تم حساب مساحة سطح المشع الخارجية المطلوبة ومعدل الحرارة المزالة من الماء ودرجة حرارة خروج الهواء من المشع ولقيم لتدفق الماء خلال المشع تتراوح من 0.03 kg/s إلى 0.07 kg/s وبزيادة 0.01 kg/s في كل مرحلة.

كذلك ولمعرفة تأثير المعامل الإجمالي لانتقال الحرارة خلال المشع على أدائه فقد تم حساب معدل الحرارة المزالة من الماء ودرجة حرارة خروج الهواء من المشع لقيم مختلفة للمعامل الإجمالي تتراوح من 200 $W/m^2.K$ إلى 400 $W/m^2.K$ وبزيادة 50 $W/m^2.K$ في كل مرحلة مع تثبيت مساحة سطح المشع الخارجية ومعدل تدفق الماء خلال المشع.

 Copyright © GJT حقوق الطبع محفوظة لمجلة غريان للتقنية

الحرارة النوعية للماء والهواء تم أخذها من المرجع [4]. وكذلك في هذا البحث تم فرض الفرضيات التالية:

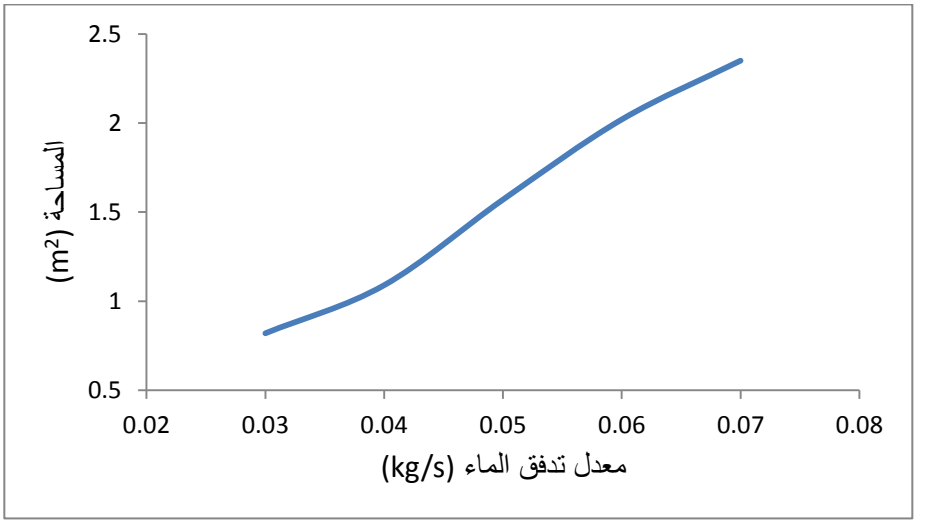
- معدل تدفق الهواء خلال المشع $m_c = 0.75\ kg/s$
- درجة حرارة دخول الماء إلى المشع $T_{hi} = 400\ K = 127\ ^\circ C$
- درجة حرارة خروج الماء من المشع $T_{ho} = 330\ K = 57\ ^\circ C$
- درجة حرارة دخول الهواء للمشع $T_{ci} = 300\ K = 27\ ^\circ C$

النتائج والمناقشة :

1- تأثير معدل تدفق الماء على المساحة

يوضح الشكل (2) تأثير معدل تدفق الماء خلال المشع على مساحة سطح المشع الخارجية والتي تشمل مساحة سطح الأنابيب والزعانف المتصلة بها.

نلاحظ في الشكل (2) إنه كلما أزداد معدل تدفق الماء تزداد مساحة سطح المشع المطلوبة لغرض إزالة نفس معدل الحرارة منه حيث إنه في هذه الحالة أي عندما يزداد معدل تدفق الماء خلال المشع لا يعطى الوقت لتبديد الحرارة منه ولذلك يحتاج إلى مساحة أكبر لغرض إزالة معدل الحرارة نفسه.



الشكل (2) : تأثير معدل تدفق الماء على مساحة المشع.

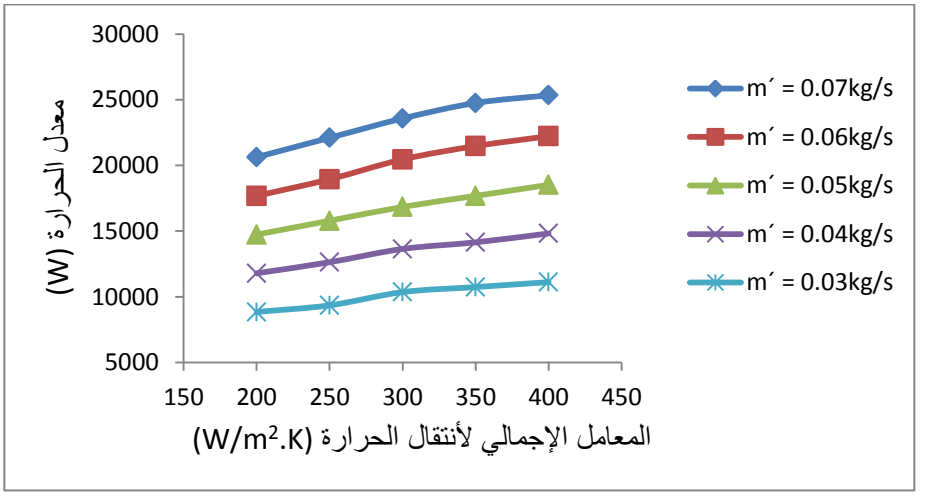
Copyright © GJT
حقوق الطبع محفوظة لمجلة غريان للتقنية

2- تأثير المعامل الإجمالي لانتقال الحرارة ومعدل تدفق الماء على معدل الحرارة المزالة

يوضح الشكل (3) تأثير المعامل الإجمالي لانتقال الحرارة خلال المشع على معدل الحرارة المزالة من الماء أثناء مروره بالمشع وعند معدلات تدفق مختلفة للماء.

ونلاحظ إنه عند زيادة قيمة المعامل الإجمالي لانتقال الحرارة خلال المشع يزداد معدل الحرارة المزالة من الماء وذلك بسبب إنه عند زيادة معامل انتقال الحرارة الإجمالي يزداد معدل انتقال الحرارة من الماء إلى الهواء المار خلال المشع. ويمكن زيادة المعامل الإجمالي لانتقال الحرارة خلال المشع من خلال تقليل قيم المقاومات الحرارية بين الماء والهواء ويتم ذلك بزيادة معاملي انتقال الحرارة على السطحين الداخلي والخارجي لأنابيب المشع، وكذلك صناعة أنابيب المشع من مواد معدنية ذات موصلية حرارية عالية.

كذلك يبيّن الشكل (3) تأثير معدل تدفق الماء خلال المشع على معدل الحرارة المزالة من الماء ونلاحظ إنه عند زيادة معدل تدفق الماء يزداد معدل الحرارة المزالة من الماء وذلك بسبب زيادة السعة الحرارية للماء في هذه الحالة مما يؤدي إلى إزالة كمية أكبر من الحرارة.



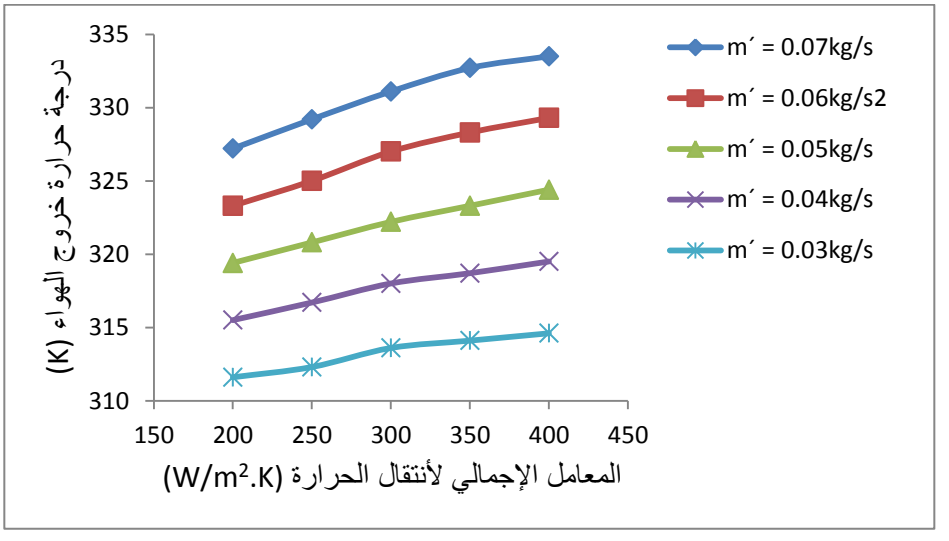
الشكل (3) : تأثير المعامل الإجمالي لانتقال الحرارة خلال المشع على معدل الحرارة المزالة من الماء عند معدلات تدفق مختلفة للماء.

Copyright © GJT
حقوق الطبع محفوظة لمجلة غريان للتقنية

3- تأثير المعامل الإجمالي لانتقال الحرارة ومعدل تدفق الماء على درجة حرارة خروج الهواء

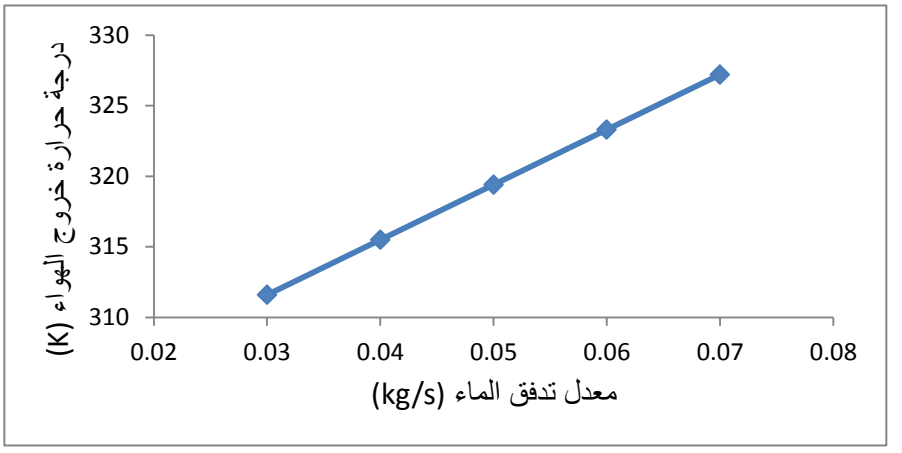
يوضح الشكل (4) تأثير المعامل الإجمالي لانتقال الحرارة خلال المشع على درجة حرارة خروج الهواء من المشع ونلاحظ إنه عند زيادة المعامل الإجمالي لانتقال الحرارة تزداد درجة حرارة خروج الهواء من المشع وذلك بسبب زيادة معدل انتقال الحرارة من الماء إلى الهواء.

وكذلك يوضح الشكلان (4) و(5) تأثير معدل تدفق الماء خلال المشع على درجة حرارة خروج الهواء من المشع ونلاحظ إنه عند زيادة معدل تدفق الماء تزداد درجة حرارة خروج الهواء من المشع وذلك بسبب زيادة معدل إزالة الحرارة من الماء وانتقالها إلى الهواء مما يؤدي إلى زيادة درجة حرارة الهواء.



الشكل (4) : تأثير المعامل الإجمالي لانتقال الحرارة على درجة حرارة خروج الهواء من المشع عند معدلات تدفق مختلفة للماء.

Copyright © GJT
حقوق الطبع محفوظة لمجلة غريان للتقنية



الشكل (5) : تأثير معدل تدفق الماء خلال المشع على درجة خروج الهواء من المشع عند $U=200W/m^2.K$

قائمة الرموز :

الرمز	المعنى	الوحدة
A_o	المساحة الخارجية لسطح المشع	m^2
C_c	معدل السعة الحرارية للمائع البارد(الهواء)	W/K
C_h	معدل السعة الحرارية للمائع الساخن(الماء)	W/K
C_{pc}	الحرارة النوعية عند ثبوت الضغط للهواء	J/kg.K
C_{ph}	ارة النوعية عند ثبوت الضغط للماء	J/kg.K الحر
C_{max}	معدل السعة الحرارية القصوى	W/K
C_{min}	معدل السعة الحرارية الأدنى	W/K
$\dot{m_c}$	معدل تدفق الهواء خلال المشع	kg/s
$\dot{m_h}$	معدل تدفق الماء خلال المشع	kg/s
NTU	عدد وحدات الانتقال	---

Copyright © GJT حقوق الطبع محفوظة لمجلة غريان للتقنية

q	معدل انتقال الحرارة بين المائعين	W
q_{max}	معدل انتقال الحرارة الأقصى	W
T_{ci}	درجة حرارة دخول المائع البارد(الهواء)	$^{\circ}C$
T_{co}	درجة حرارة خروج المائع البارد(الهواء)	$^{\circ}C$
T_{hi}	درجة حرارة دخول المائع الساخن(الماء)	$^{\circ}C$
T_{ho}	درجة حرارة خروج المائع الساخن(الماء)	$^{\circ}C$
U	المعامل الإجمالي لانتقال الحرارة	$W/m^2.K$
ϵ	فاعلية المبادل الحراري	----

المراجع:

[1] ابراهيم محمود العلي، احمد نجم الصبحة، بهجت مجيد مصطفى (1988) : أساسيات انتقال الحرارة، نشر وطبع وتوزيع مديرية دار الكتب للطباعة والنشر– الموصل– العراق.

[2]ريجرد ستون، هارون عبد الكاظم الجنابي (1989) : مدخل إلى محركات الاحتراق الداخلي، طبع بمطابع وزارة التعليم العالي والبحث العلمي – العراق.

[3] باسل جميل ستراك، علاء حسام الدين البغدادي، جمال محي عبد الرسول (2000) : محركات الاحتراق الداخلي، طبع بمطابع دار الكتب للطباعة– بغداد.

[4] Frank P. Incropera , David P. De Witt (1996) : Introduction to heat transfer, Third edition, copyright by John Wiley.

 Copyright © GJT حقوق الطبع محفوظة لمجلة غريان للتقنية