دراسة انتقال الحرارة في اوعية الخلط وتأثير سرعة الدوران علي معدل انتقال الحرارة

م. مبروك ضؤ النايلي[1] م. خليفة الخنجاري[2] م. طارق ابوخشيم[3]
كلية التقنية الهندسية جنزور / قسم الهندسة الكيميائية

الملخص:

يتناول هذا البحث أحد اهم القضايا التي تواجهنا في عالم الصناعة وهي عمليتي الخلط وانتقال الحرارة في وقت واحد، ويدرس هذا البحث تأثير الخواص الفيزيائية physical properties ونوع الدفاعة Type of impeller (دفاعة مسطحة flat impeller ودفاعة من نوع توربين Turbine impeller) علي طبيعة الخلط والقدرة المستخدمة لكل دفاعة impeller وفي سرع دورانية مختلفة بداية من 100 rpm الي سرعات اخري قد تصل 500rpm .

كما تم دراسة عملية انتقال الحرارة heat transfer في هذا النوع من اجهزة الخلط باستخدام سوائل مختلفة من حيث الكثافة واللزوجة والتوصيل الحراري وهي(الماء العادي normal water– الكيروسين kerosene – زيت محرك oil of engine) وتأثير سرعة الدوران علي معدل انتقال الحرارة لكل سائل وحساب معامل انتقال الحرارة في كل حالة.

في هذه الدراسة، تم التأكد من ان الدفاعة من نوع مسطح Flat impeller تحتاج الي قدرة اقل بالمقارنة مع الدفاعة من نوع توربينFlat impeller وعند نفس سرعة الدوران، كذلك تبين ان معامل انتقال الحرارة الداخلي (hi) للدفاعة المسطحة يكون اكبر من معامل انتقال الحرارة الداخلي (hi) في حالة التوربين بالنسبة لسائل الماء والكيروسين والزيت عند سرع ثابتة.

الكلمات الاستدلالية: انتقال الحرارة- الخلط ، رقم رينولدز ، نوع الخلاط ، سرعة الدوران، القدرة

1- المقدمة:

تعتبر عملية الخلط Mixing process وانتقال الحرارة Heat transfer من اشهر العمليات المعروفة التي تنجز في العمليات الكيميائية والصناعات البتروكيميائية وكذلك في الصناعات الغذائية وصناعة الاصباغ وغيرها من الصناعات الأخرى[1]

وعادة تستخدم العمليتين معا خاصة في المفاعلات الكيميائية، لان عملية الخلط تساعد علي انتقال وتجانس الحرارة لكل المحلول، والغرض من عملية الخلط Mixing هنا يكمن في تقليل درجة عدم التجانس في الصفات الفيزيائية كالتركيز واللزوجة ودرجة الحرارة وغيرها من الصفات الأخرى فبعض العمليات الصناعية تعتمد في نجاحها علي التحريك الفعال حيث ان التحريك يتم بإدخال الحركة الي المائع بطريقة خاصة وبصورة عامة حيث يتم بصورة دائرية داخل الوعاء.

من المعروف ان سرعة الخلط وتصميم اجهزة الخلط من العمليات المهمة المأخوذة بنظر الاعتبار وخاصة في الصناعات البتروكيميائية فبعض العمليات الكيميائية اذا كانت سرعة الخلط كبيرة يؤذي الي نتيجة سلبية، كذلك من المعروف في العديد من العمليات الصناعية من الضروري تسخين او تبريد السوائل في اجهزة الخلط (الاشارة الي مفاعلات الخلط) ومن الامثلة المتضمنة عمليات انتقال الحرارة في الصناعة هي عملية تصنيع الفورمالديهايد فينول كذلك السكر الداخل في صناعة الحلويات وفي انتاج الكيماويات الناعمة والدقيقة.

من اجل ان تكون خزانات العمليات الصناعية اكثر فعالية، علي الرغم من طبيعة مشكلة التدوير فان حجم المائع المدور بواسطة الدفاعة يجب ان يكون ملائما الي الاندفاع بقوة ليعطي المساحة الكلية من الخزان عند وقت معقول، كذلك فان سرعة المجري الخارج من الدفاعة يجب ان يكون ملائما لحمل التيارات الي الاجزاء البعيدة من الخزان.

Copyright ©LJAST
حقـــوق الطبـــع محفوظـــــــة
لمجلة ليبيا للعلوم التطبيقية والتقنية

في عمليات الخلط والانتشار ، فان معدل الدوران ليس العامل الوحيد المؤثر بل هناك اهم عامل وهو الاضطراب في حركة المجري والتي غالبا ما تتحكم في كفاءة (اداءة) العملية ، وهذا الاضطراب ينتج من التيارات المباشرة وتدرجات السرعة الكبيرة في السوائل.

ان بعض مشاكل التدوير سنلاحظ بانها تنسب الي معدلات الجريان الكبيرة او معدلات السرعة العالية بينما البقية تتطلب اضطراب موقعي عالي او تبدد عالي بالطاقة وعلي الرغم من ان كلا من معدل الجريان والتبدد بالطاقة (استهلاك الطاقة) سوفا تزداد مع سرعة الخلط (التدوير).[3]

وبصورة عامة فان الدفاعات الكبيرة التي تتحرك عند معدلات متوسطة تستعمل لتعزيز (لإنجاح) الجريان، وبنسبة للدفاعات الصغيرة التي تشتغل عند سرع عالية تستعمل عندما يتطلب وجود الاضطراب الداخلي وعلي الرغم من ان كلا من حركة السائل وانتشار الجزيئات موجودة في عملية مزج السائل ولكن حركة السائل هي المسيطرة علي المعدل الظاهري لعملية الخلط.

وعملية التدوير بالدفاعة تولد كلا من انماط جريان ذات حجم كبير واضطراب ذو حجم صغير والتي بدورها تؤلف مجموعة مترابطة تعطي عملية مزج سريعة وملائمة حيث ان تأثير انماط الجريان المضطربة يكون لتقليل المسافات للانتشار الي حد تقريبا مساوي الي قياس الجزيئة. ومن المعروف ان عملية الخلط هي عملية تحريك اوتوزيع عشوائي للمادتين ونشير الي ادخال الحركة الي المادة بصور مختلفة وذلك لغرض التجانس في التركيز واللزوجة ودرجة الحرارة للمحلول ، فالخلط لا يتم الا اذا كانت هناك مادتين بغض النظر علي نوعية هاتين المادتين فالمادة الاولي المتجانسة مثلا عبارة عن وعاء مملوء بالماء البارد حيث يمكن تحريكه ولكن لا يمكن منجه الا اذا كانت معه مادة اخري كالماء الحار او مادة صلبة علي شكل مسحوق (Powder) تضاف اليه.

بحيث يكون شكل الريشة وسرعتها تختلف علي حسب المادتين الممزوجتين وكما في الحالات الاتية:

- اذا كانت من طور واحد سائل – سائل مثل الزيت والماء.
- اذا كانت من طورين مختلفين مثل خلط ماء به سكر.

فلو اخذنا بالاعتبار في احدي الحالات غازين معا وخلطنهما جيدا وفي الأخرى رمل وماء ووضعنا كل حالة علي حده علي شكل دائري لفترة زمنية طويلة فالناتج في كلا الحالتين يكون مزيج ولكن ليس بالضرورة ان يكون متجانس بصورة متساوية.

ونشير الي ان الهدف او الغاية من هذا البحث هو من اجل الحصول علي معلومات Data مختبرية تساعدنا في عمليات تصميم اجهزة تفاعل لعملية الخلط باستخدام عمليات انتقال الحرارة ومعرفة كفاءة عملية الخلط ومدي تاثير استخدام الحرارة علي تلك الكفاءة ويتم ذلك من خلال حسابنا للعامل الرئيسي المسيطر علي عملية انتقال الحرارة الا وهو المعامل الكلي لانتقال الحرارة Heat Transfer Coefficient .[4],[5]

2- المواد وطريقة العمل.

2.1- الاجهزة والادوات المستخدمة.

اعتمدت الدراسة على استخدام منظومة مكونة من وعاء **(Vessel)** يحيط به غلاف زجاجي **(Jacket)** خلاط **(Mixer)** متصل ب**(Motor)** يعمل علي تحريكه كهربيا ويحتوي علي سرعات متعددة - انظر الشكل رقم 1

السوائل المستخدمة هي الماء Water الكيروسين Kerosene الزيت Oil .

Copyright ©LJAST
حقـــوق الطبـــع محفوظـــــــة
لمجلة ليبيا للعلوم التطبيقية والتقنية

الدفاعات المستخدمة وهي الدفاعة المسطحة **(Flat impeller)** ، الدفاعة التور بينية **(Turbine impeller)** ساعة ايقاف **(stop watch)**.
جهازي قياس درجة الحرارة **(Temperature sensor)** لقياس الحرارة داخل وخارج الغلاف **(Jacket)** .
مضخة **(Pump)** لتدوير الماء الحر من خارج الغلاف الي داخل الغلاف.

2.2- طريقة عمل المنظومة.

- نملا الوعاء الزجاجي بحجم معين 2000 ml عند درجة حرارة الغرفة.
- توصيل المنظومة السابقة ثم نضع ماء عند درجة حرارة 60C° في الغلاف الزجاجي **Jacket** المحيط بالوعاء لرفع درجة حرارة الماء داخل الخزان.
- نشغل الخلاط **Mixer** عند سرعة 100 rpm باستخدام نوعين من الخلاطات **Flat impeller** ، **Turbine impeller**.
- حساب قيمة الزمن وتسجيل القراءات من جهازي قياس الحرارة بعد مرور ثلاث دقائق نستمر في التسجيل حتي نلاحظ استقرار العملية داخل المنظومة.
- نغير سرعة الخلاط عند 400 rpm كما نستبدل الماء الساخن باخر بارد ونشغل المنظومة ونبدأ بحساب الزمن ونكرر الخطوة السابقة حتي نلاحظ استقرار العملية داخل المنظومة.
- نغير المائع الموجود بمائع اخر ونعدل في سرعة الخلاط عند 100 rpm ونكرر الخطوات السابقة.

شكل رقم (1) يوضح الجهاز المستخدم في عملية الخلط

2.3- القيم التصميمية التي تم تثبيتها في الدراسة.

يوضح الجدول(1) القيم التصميمية المثبتة في الدراسة

الجدول (1)

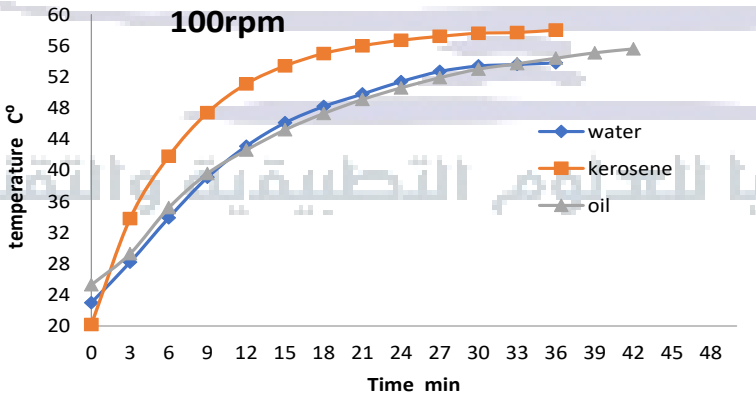
Copyright ©LJAST
حقـــوق الطبـــع محفوظـــــــة
لمجلة ليبيا للعلوم التطبيقية والتقنية

المائع المستخدم	الكثافة kg/m^3	اللزوجة kg/m.sec	السعة الحرارية kj/kg.k	الموصلية الحرارية w/m.k	نوع الدفاعة	القطر M
Water	1000	$1.00*10^{-3}$	4.174	0.632	Turbine	$4.5*10^{-2}$
Kerosene	767	$1.92*10^{-3}$	2.070	0.155	Flat	$6.0*10^{-2}$
Oil	859	$1.36*10^{-2}$	1.924	0.135		

3- النتائج.

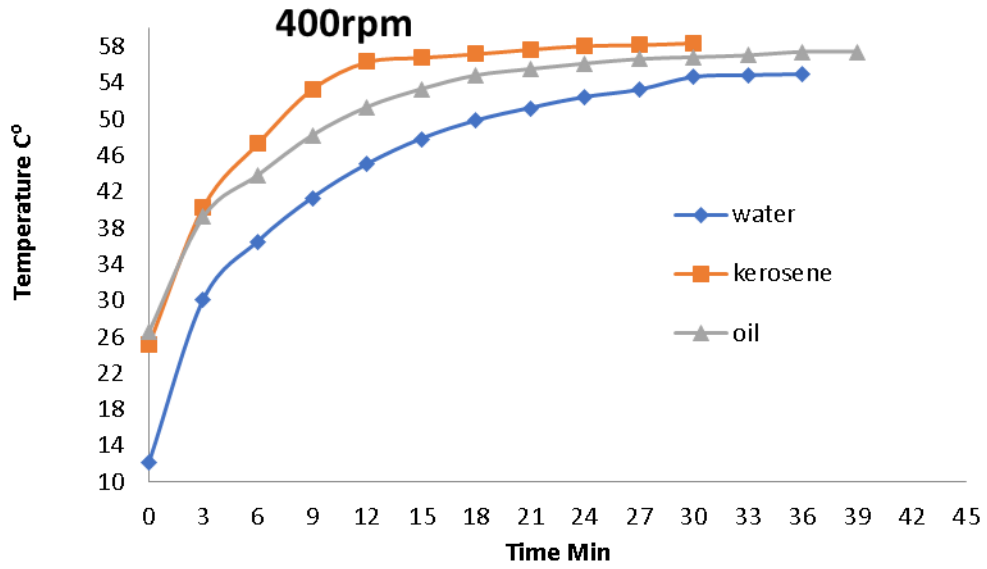
ان اتمام عملية انتقال الحرارة يتطلب وجود قوة تحدث الانتقال والمقصود بهذه القوة هنا هي الفرق في درجة الحرارة للسائلين البارد والساخن ، فكلما زادت قيمة (ΔT) زاد انتقال الحرارة خلال السوائل حيث تنتقل الحرارة من الجسم الساخن الي الجسم البارد ويزداد معدل الانتقال مع استخدام عملية الخلط لذلك تم اجراء التجارب بغرض تعيين معامل انتقال الحرارة الداخلي للخزان (hi) وكذلك معامل انتقال الحرارة الكلي (U^0) ومن خلال تحليل نتائج التجارب المختبرية يمكن حساب قيم معاملات الانتقال الحرارية.

A. تأثير الخواص الفيزيائية والسرعة في حالة عدم وجود عوارض .

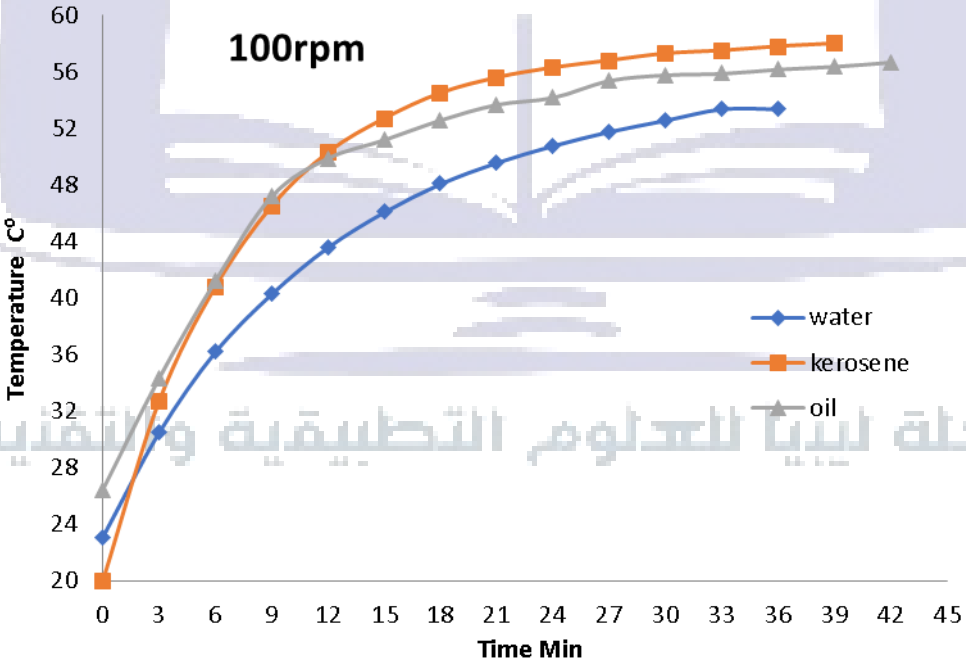


انتقال الحرارة بين ماء ساخن وموائع مختلفة بدون عوارض وخلاط flat

Copyright ©LJAST
حقـــوق الطبـــع محفوظـــــــة
لمجلة ليبيا للعلوم التطبيقية والتقنية

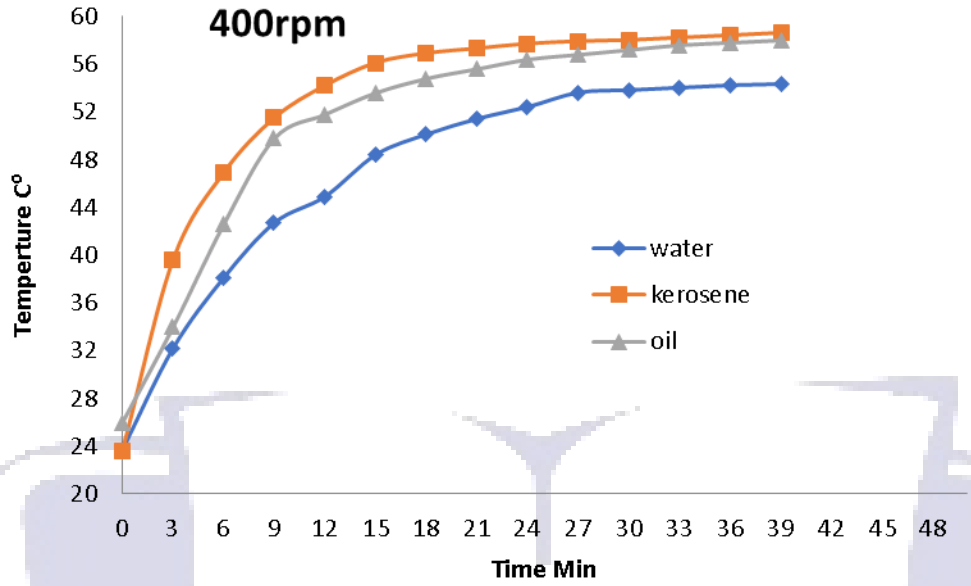


انتقال الحرارة بين ماء ساخن وموائع مختلفة بدون عوارض وخلاط flat



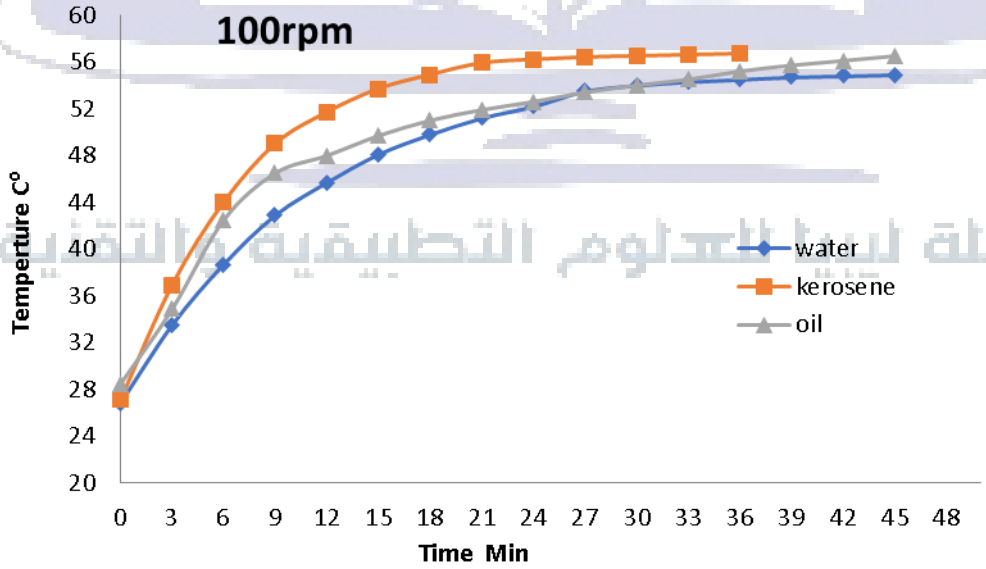
انتقال الحرارة بين ماء ساخن وموائع مختلفة بدون عوارض وخلاط Turbine

Copyright ©LJAST
حقـــوق الطبـــع محفوظـــــــة
لمجلة ليبيا للعلوم التطبيقية والتقنية



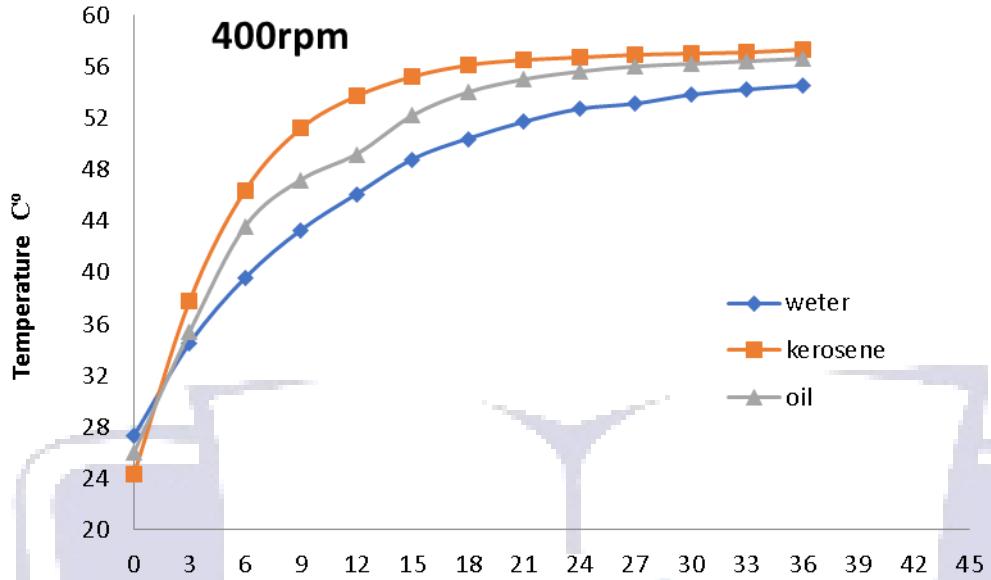
انتقال الحرارة بين ماء ساخن وموائع مختلفة بدون عوارض وخلاط Turbine

B. تأثير الخواص الفيزيائية والسرعة في حالة وجود عوارض.

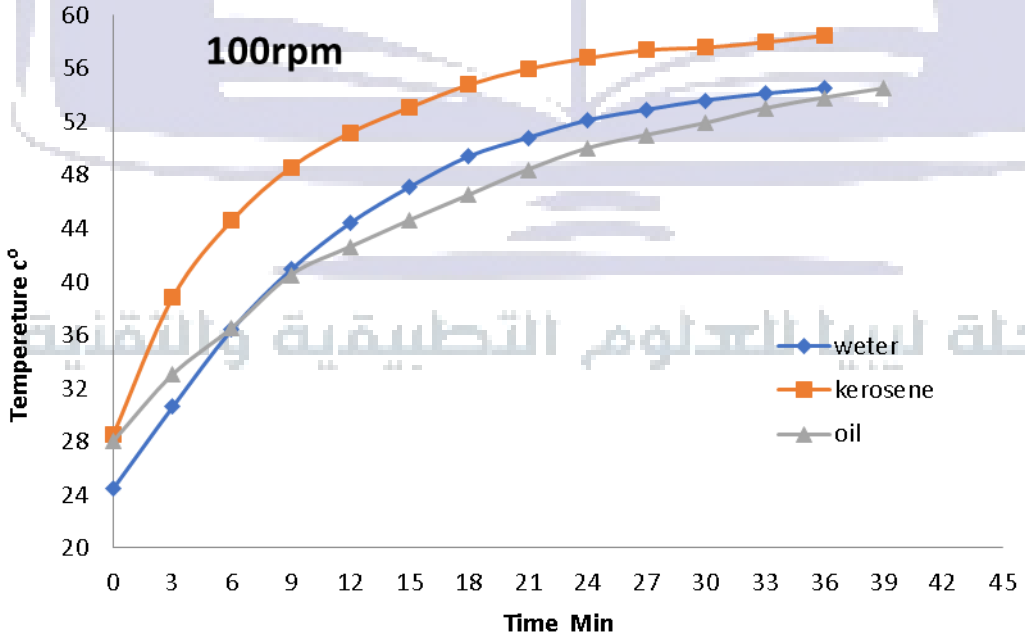


انتقال الحرارة بين ماء ساخن وموائع مختلفة مع عوارض وخلاط flat

Copyright ©LJAST
حقـــوق الطبـــع محفوظـــــــة
لمجلة ليبيا للعلوم التطبيقية والتقنية



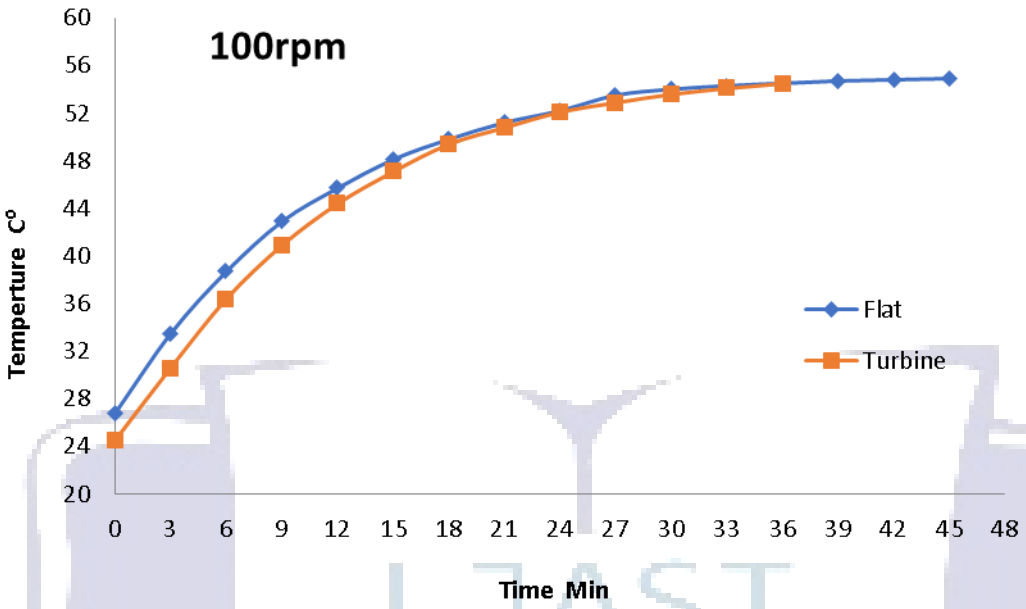
انتقال الحرارة بين ماء ساخن وموائع مختلفة مع عوارض وخلاط flat



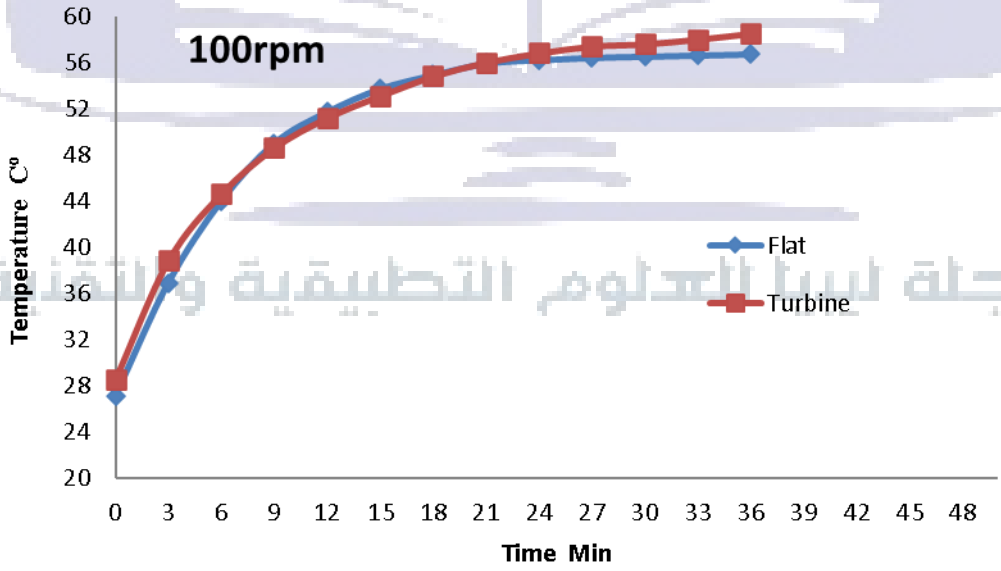
انتقال الحرارة بين ماء ساخن وموائع مختلفة مع عوارض وخلاط Turbine

Copyright ©LJAST
حقـــوق الطبـــع محفوظـــــــة
لمجلة ليبيا للعلوم التطبيقية والتقنية

C – إيضاح تأثير نوع الدفاعة علي عملية الخلط.

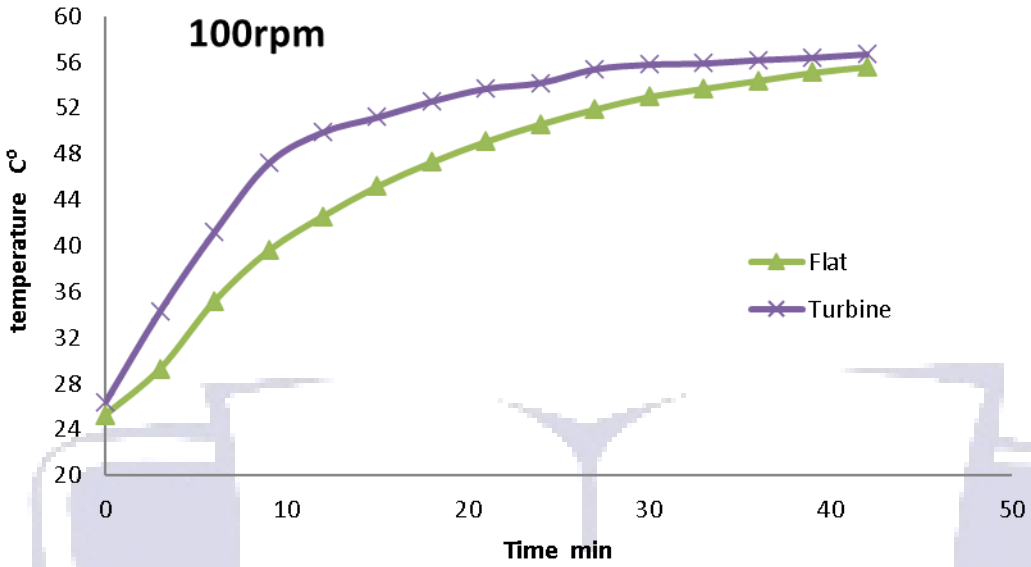


انتقال الحرارة بين ماء ساخن وماء بارد مع دفاعات مختلفة وعوارض



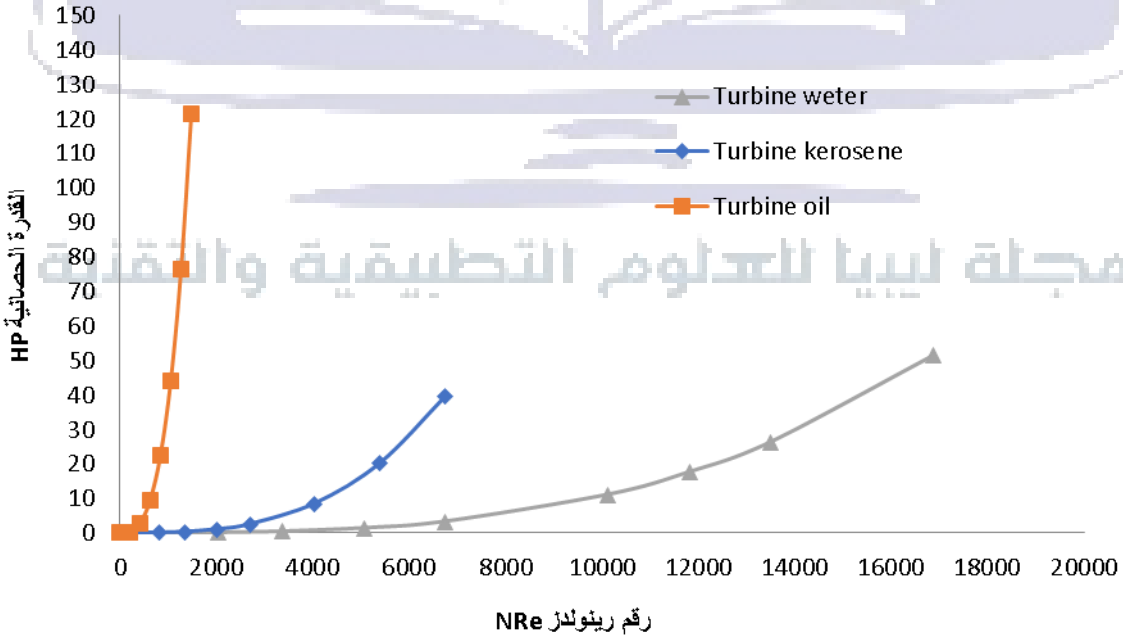
انتقال الحرارة بين ماء ساخن وكيروسين مع دفاعات مختلفة وعوارض

Copyright ©LJAST
حقـــوق الطبـــع محفوظـــــــة
لمجلة ليبيا للعلوم التطبيقية والتقنية



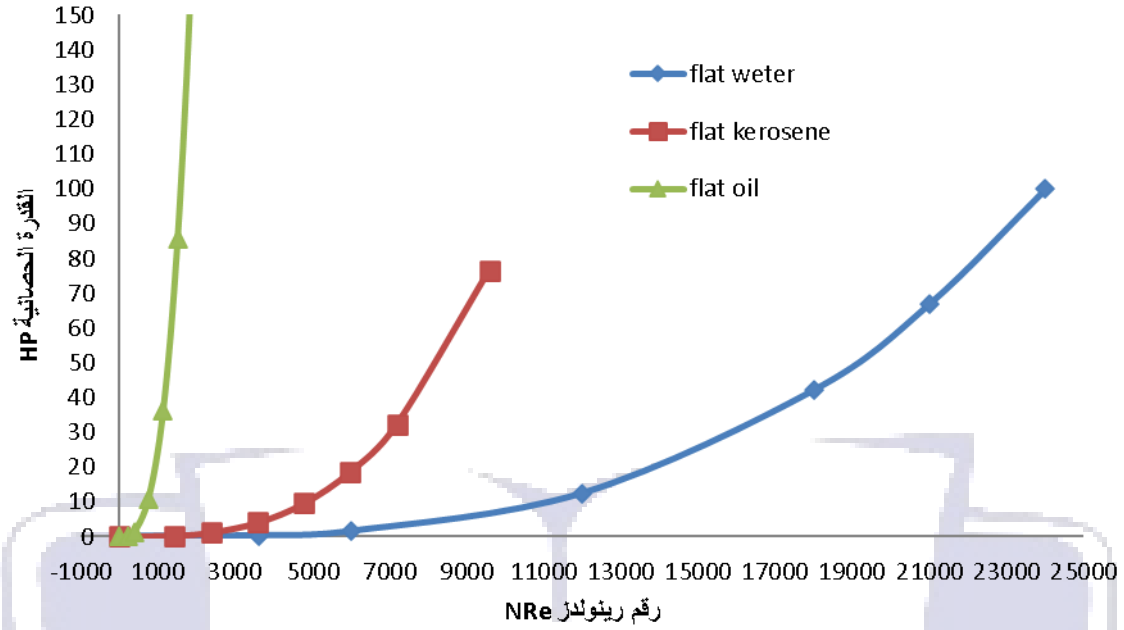
انتقال الحرارة بين ماء ساخن وزيت محرك مع دفاعات مختلفة وبدون عوارض

D-إيضاح العلاقة بين رقم رينولدز والقدرة الحصانية.



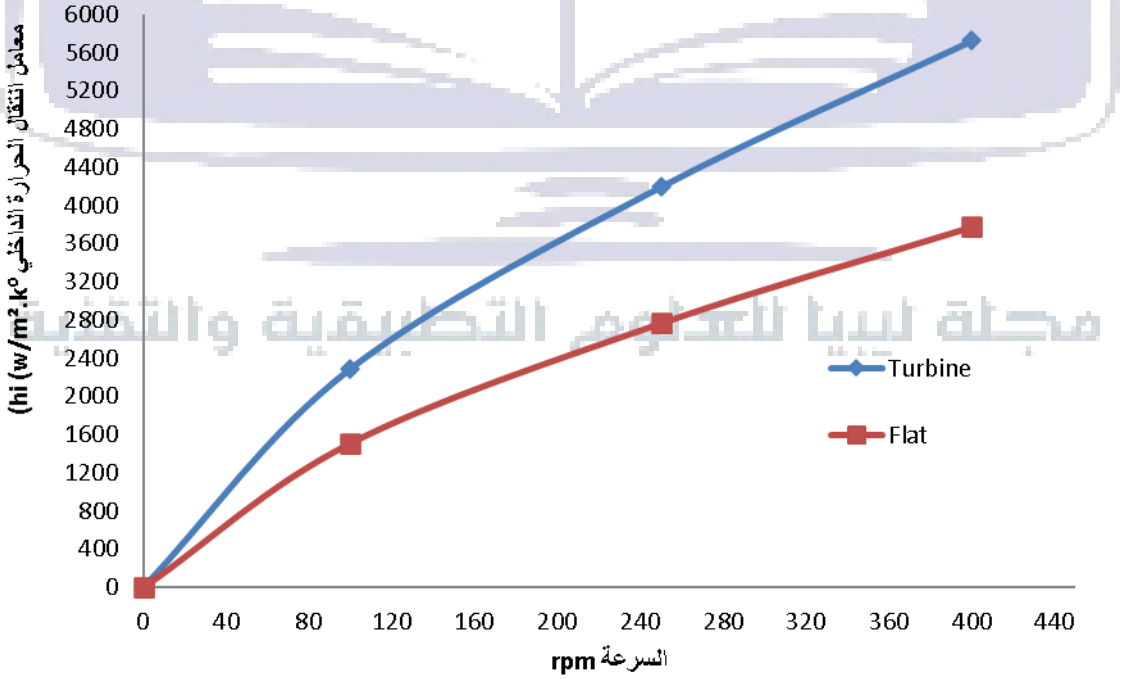
العلاقة بين NRe,HP بالنسبة لخلاط توربين

Copyright ©LJAST
حقـــوق الطبـــع محفوظـــــــة
لمجلة ليبيا للعلوم التطبيقية والتقنية



العلاقة بين HP, NRe بالنسبة لخلاط مسطح

E- إيضاح تأثير السرعة علي معامل انتقال الحرارة.



العلاقة بين السرعة ومعامل انتقال الحرارة الداخلي لسائل الماء

Copyright ©LJAST
حقـــوق الطبـــع محفوظـــــــة
لمجلة ليبيا للعلوم التطبيقية والتقنية

4.المناقشة.

ان اتمام عملية انتقال الحرارة يتطلب وجود قوة تحدث الانتقال والمقصود بهذه القوة هنا هي الفرق في درجات الحرارة للسائلين البارد والساخن ،فكلما زادت قيمة ΔT زاد انتقال الحرارة خلال السوائل حيث تنتقل الحرارة من الجسم الساخن الي الجسم البارد ويزداد معها معدل الانتقال للحرارة عند استخدام عملية الخلط لذلك تم اجراء التجارب بغرض تعيين معامل انتقال الحرارة الداخلي للخزان وأيضا معامل انتقال الحرارة الكلي ، ومن خلال تحليل نتائج التجارب المختبرية يمكن حساب قيم معاملات انتقال الحرارة .

فيما يتعلق بالنتائج فهي تخص عينة كل من الماء والكيروسين والزيت فقد تم حساب معامل انتقال الحرارة لكل السوائل خلال سرعات مختلفة ، فقد لوحظ ان اي زيادة في قيمة الزمن يتبعها نقصان في قيمة ΔT وهدا يكون واضح من خلال الرسوم البيانية عند استخدام مائع معين مقابل سرعة محددة ونوع دفاعة مسطحة او توربينه فمثلا عند t=3 min, كانت قيمة $\Delta T=31.8\ c^{o}$ وعندما يصبح الزمن t=21 min تكون قيمة $\Delta T=9.3\ c^{o}$ ،اذا العلاقة بين الفرق في درجة الحرارة السائل المراد تسخينه وبين الزمن تكون عكسية وزيادة اي منهما يؤدي الي تقليل قيمة الأخرى وهذا يعني ان معدل انتقال الحرارة يزداد بزيادة السرعة مما يعني قلة الزمن اللازم لا جراء عملية التسخين وهذه النتائج تنطبق علي جميع الموائع المستخدمة

وعندما نقارن بين السوائل المختلفة عند استخدام نفس السرعة للخلط والتحريك فأننا سنجد ان الفرق في درجات الحرارة يكون اقل عند استخدام مائع الزيت وذلك يرجع الي تأثير الكثافة بالنسبة للسائل علي عملية انتقال الحرارة حيث الكثافة العالية تقلل من عملية انتقال الحرارة او التبادل الحراري.

المراجع:-

1-SMIYH J.C.HARRIOTT Peter .and Mc cbe W.L, Unit operations of chemical engineering, fifth , Edition , mc graw-hill.Inc, NEW YORK,1993.

2- Coulson J.M, Richardson J.F,CHEMICAL ENGINEERING ((volume 1)). Fourth edition, MCGraw-hill book company , NEW YORK,1990.

3-HOLMAN J.P, HEAT TRANSFER, Mc Graw-hill Inc,seventh Edition, NEW YORK,1982.

4-Berry ((Chemical Engineering Hand Book)) 3 rd Edition1976.

5-N. Hornby- M.F.Edwards- A.W.Nienow , mixing in the process industriel- second edition.

Copyright ©LJAST
حقـــوق الطبـــع محفوظـــــــة
لمجلة ليبيا للعلوم التطبيقية والتقنية