الخواص الحرارية للوقود المركب على اساس المازوت والماء وبودرة الفحم

Physical properties of the fuel mixture on the basis of fuel oil and water and coal powder

Dr. Alaa M A Musalam

Vice Dean for Planning and Development Affairs

College of Science & Technology,

Gaza Strip, Palestine

E-mail: **Alaa_musalam@hotmail.com**

ملخص الدراسة

ادي نقص و ارتفاع أسعار النفط الى سعي الدول الغير المنتجة للنفط الى ايجاد بدائل تساعد في تخفيف الطلب على الوقود النفطي و من هذه الطرق المستخدمة الوقود المركب, بحيث يكون النفط احدى عناصره وتستخدم هذه الطرق لتقليل استهلاك المنتوجات النفطية في انتاج الطاقة كذلك لعدم اجراء تغير في تكنولوجيا احتراق الوقود التقليدي المستخدمة في محطات توليد الطاقة . هذه الورقة تبحث في السلوك الحراري للوقود المركب المكون من المازوت والماء وبودرة الفحم لتحديد النسب الصحيحة للمركبات. أجريت عدد كبير من التجارب باستخدام الأجهزة التقنية الحديثة وأساليب تحديد السلوك الحراري للوقود المركب ذات درجة حرارة عالية في بيئة حرارية عند الضغط الجوي. كشفت النتائج عن الخواص الفيزيائية للقطرات الوقود المركب التي من خلالها ممكن العمل على رفع وتحسين الكفاءة الحرارية للوقود المركب وذلك بواسطة معالجتها حراريا بإضافة مواد نشطة تعمل على زيادة الاستقرار الحراري وتقلل من بقايا عملية الاحتراق مثل الكربااميد

كلمات افتتاحية : النفط, حراري, مركب, معالجة, الاستقرار, كربااميد.

Cause shortages and high petroleum prices to make the countries that are not oil producers to find alternatives to help ease the demand for fuel oil, of these methods used fuel compound so that the petroleum is one of the components of the mixture. Using these methods to reduce the consumption of petroleum products in the production of energy and also for not working on the change in the traditional fuel combustion technology used in power plants. This study searching the thermal behavior of fuel composition consisting of fuel oil and coal powder and water at atmospheric pressure. carried out a large number of experiments by the use of modern technical devices and methods of determining the thermal behavior of composite fuel in thermal environment high temperature. Experiments revealed about the physical properties of the composite fuel droplets. Through these properties as possible to raise and improve the thermal efficiency of the fuel compound and by thermal treatment by adding activated substances like Carbamide which reduce the remnants of the combustion process and increases the thermal stabilization.

Key words: petroleum, thermal, compound, treatment, stabilization, Carbamide.

المقدمة

ادي ارتفاع أسعار المنتجات النفطية إلى التأثير على عجلة الانتاج خصوصا في الدول الغير منتجة للنفط , وقد ارتفع سعر برميل النفط الخام في عام 2002 الى 29 دولاراً وفي عام 2005 أصبح يتخطى حاجز 70 دولاراً, و في هذا العام 2013 أصبح سعر البرميل الخام البرنت 102.10 دولاراً (اوبيك , 2013).اكيد هذا التغير السريع في التسعيرة اعطى تأثيره السلبي على انتاج الطاقة في العالم وبتالي على الاقتصاد العالمي علما أن الحجم السنوي للتجارة في الطاقة يبلغ نحو تريليوني دولار سنويا. لذلك بذلت الدول الغير منتجة للنفط جهدا في ايجاد بدائل تخفف من استخدام المنتوجات النفطية , من هذه البدائل الوقود المركب بحيث تكون المشتقات النفطية إحدى عناصره. في عام 1979م كانت أول عملية استخدام للوقود المركب في محطات الطاقة بإضافة بودرة الفحم في المازوت لتخفيف من استهلاكه مع الحفاظ على تكنولوجيا الاحتراق دون تغير (ستكنوى ,1991).

اهمية الدراسة تكمن في تطوير التكنولوجيا للإنتاج واحتراق الوقود المركب على أساس المازوت والماء وبودرة الفحم , كذلك دراسة فيزياء الاحتراق لقطرة وقود المركب وسلوكه الحراري في الضغط الجوي, علما أن السلوك الحراري لعملية إلاحتراق للمازوت تكون على شكل طورين هما احتراق المادة الخفيفة أو المتطايرة من المازوت و احتراق المادة الثقيلة منه (باستيف ,1993).

دراسة فيزياء الإحتراق تسهل معرفة السلوك الحرارية للوقود المركب داخل غرف الإحتراق.

منهجية الدراسة : تم اعتماد التجارب العملية على أساس محطات التسخين والاحتراق للوقود المركب وتوثيق التجارب من خلال تصوير السلوك الحراري لقطرات الوقود في مراحل الاحتراق , كذلك اجراء عمليات مقارنة حرارية للتراكيب الوقود المختلفة في وسط حراري عند الضغط الجوي .

اهداف الدراسة:

- توضيح الأهمية الإقتصادية لاستخدام بودرة الفحم في الديزل والمازوت في محطات توليد الطاقة
- اعداد نموذج فيزيائي لمحاكاة السلوك الحراري للوقود المركب في وسط حراري عند الضغط الجوي
- ايجاد النسب الصحيحة للوقود المركب, و وضع منهجية لتجهيزه ضمن الشروط المخبرية
- ايجاد منشطات كيميائية تعمل على رفع الكفاءة الحرارية للوقود المركب.

استخدام الوقود المركب جاء على أساس عوامل عديدة أهمها العامل الإقتصادي , بحيث سيستخدم في محطات توليد الطاقة الغازية والبخارية وذلك من خلال تقليل الاستهلاك من المشتقات النفطية السائلة مثل: المازوت أو الديزل وتعويضها بعناصر أخرى مثل بودرة الفحم أو غيرها. لذلك يجب مراعاة عند اضافة بودرة الفحم لإنتاج الوقود المركب الا يؤثر على نظام تغذية الوقود في المحركات والعمل على ايجاد تجانس بين عناصر الوقود المركب وايجاد وسيلة لتخزينه مع الحفاظ على خواصه الحرارية والفيزيائية.

استخدام بودرة الفحم قد تعمل على تقليل تكلفة الوقود المستخدم في محطات الطاقة خصوصا اذا كانت الدولة تملك مناجم فحم فهي توفر 20 الى 25 مليون دولار سنويا للمحطة الانتاج الطاقة الواحدة (فولفبرك ,1990), علما ان بودرة الفحم يتم تجميعها من المناجم، ويصعب التخلص منها وهي تعتبر مادة خطرة التعامل معها، ولكن استخدامها ضمن عناصر الوقود المركب يعمل على زيادة انبعاث الغازات الملوثة للبيئة بالنسبة لإنبعاث الغازات من احتراق المازوت.

بعد تحليل شامل للمراجع تبين لنا عند تطوير تكنولوجيا احتراق الوقود المركب يجب مراعاة ما يلي: أعداد جيد للوقود المركب (تربوسكوى, 1994) وتصميم نظام ضخ مناسب للوقود في غرفة الاحتراق تراعي فيها المادة الصلبة في مكونات الوقود المركب والحفاظ على ضغط مستقر في النظام.

تسعي الدول الغير منتجة للنفط لإيجاد استقرار وقودي دائم معتمدة بذلك على الموارد المتوفرة لديها لتضمن لها الاستمرار في انتاج الطاقة دون توقف، أخذة في الاعتبار المتطلبات الحالية ، و المستقبلية . هذا نوع من الوقود المركب يعتبر ذو أهمية للدول التي لديها مناجم فحم لأنها بذلك تستطيع أن تعوض النقص في المشتقات النفطية باستخدام بواقي استخراج الفحم من المناجم ضمن تركيبة تستخدم كوقود بديل في محطات انتاج الطاقة الكهربائية (ستكنوى , 1991) .

الجدول التالي يوضح الدول المنتجة للفحم، ونسبة الإنتاج لكلن منها والمخزون الاحتياطي بعدد السنوات

(ويكيبيديا ، 2009).

جدول 1. الدول المنتجة للفحم الحجري، ونسبة الإنتاج لكل دولة من الإنتاج العالمي

الدولة	نسبة الانتاج العالمي %	المخزون الاحتياطي بعدد السنوات
الصين	49	38
الولايات المتحدة	14.1	245
الهند	5.6	105
إندونيسيا	5.1	17
أستراليا	5.8	185
روسيا	4	500
الاتحاد الاوربي	4.2	55
كازخستان	1.5	308
بولندا	2.3	56

المانيا	3.2	37
اوكرانيا	1.2	200

دوافع استخدام الفحم في الوقود المركب

- الارتفاع المتسارع في تسعيرة الوقود السائل(الديزل و المازوت) المستخدم في توليد الطاقة
- عدم وضوح استخدام تكنولوجيا الغاز الطبيعي كبديل عن الوقود السائل في محطات توليد الطاقة
- وفرة انتاج الفحم الحجري، وزيادة في تكاليف انتاجه
- قلة استغلال الفحم الحجري في انتاج الطاقة بسبب خصائصه الحرارية المتدنية
- وفرة في وسائل النقل خصوصا السكة الحديدية ومن جهة اخرى قلة التداول بالفحم.

الأهمية الاقتصادية لاستخدام الفحم في الوقود المركب

الاهمية الاقتصادية للوقود المركب تكمن عند اضافة الفحم للوقود الذي يعمل على تقليل سعره وتقليل استهلاكه ، بحيث كلما ذادت نسبة اضافة الفحم للوقود المركب يقل سعره , ولكن من جهة أخري تزداد تكلفة اعداده . كما هو موضح في الشكل التالي:

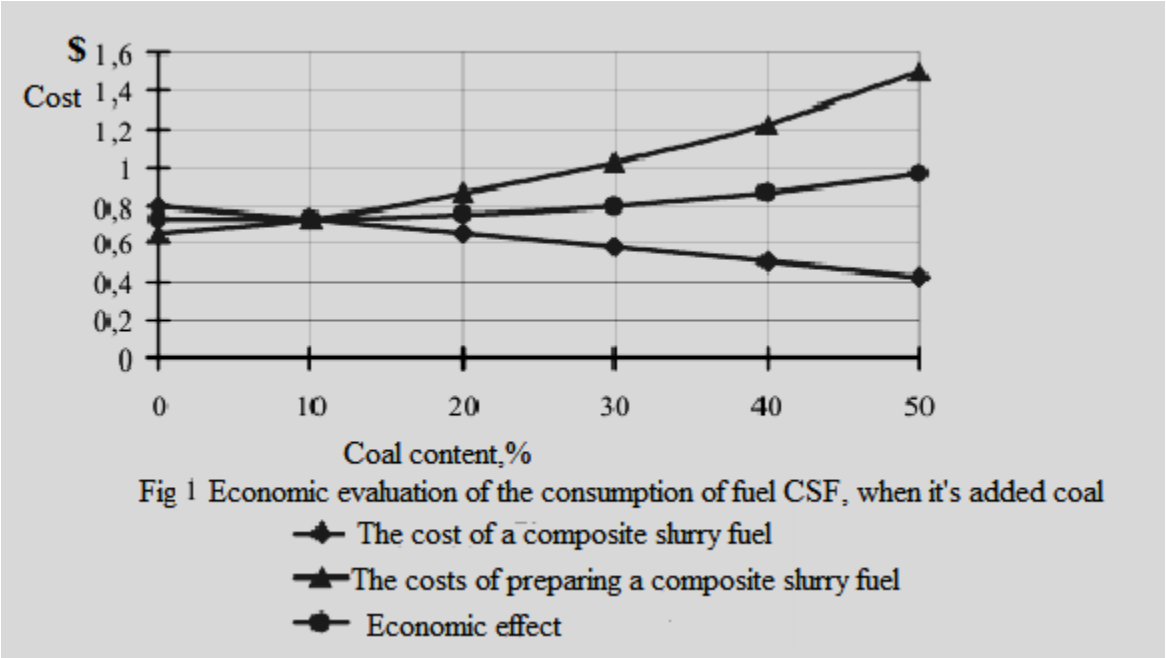

Fig 1 Economic evaluation of the consumption of fuel CSF, when it's added coal

الشكل السابق يوضح عند اضافة 10 % فحم في الوقود المركب تعطي تأثير اقتصادي فعال، بحيث تتقاطع المتغيرات عند هذه النقطة (انخفاض تسعيرة الوقود المركب وازدياد تكلفة تجهيز واعداد الوقود المركب) .

نموذج فيزيائي لمحاكاة السلوك الحراري للوقود المركب في وسط حراري عند الضغط الجوي

تم متابعة السلوك الحراري لقطرة من الوقود المركب في وسط حراري من خلال المحطة الحرارية الموضحة في الشكل التالي عند الضغط الجوي.

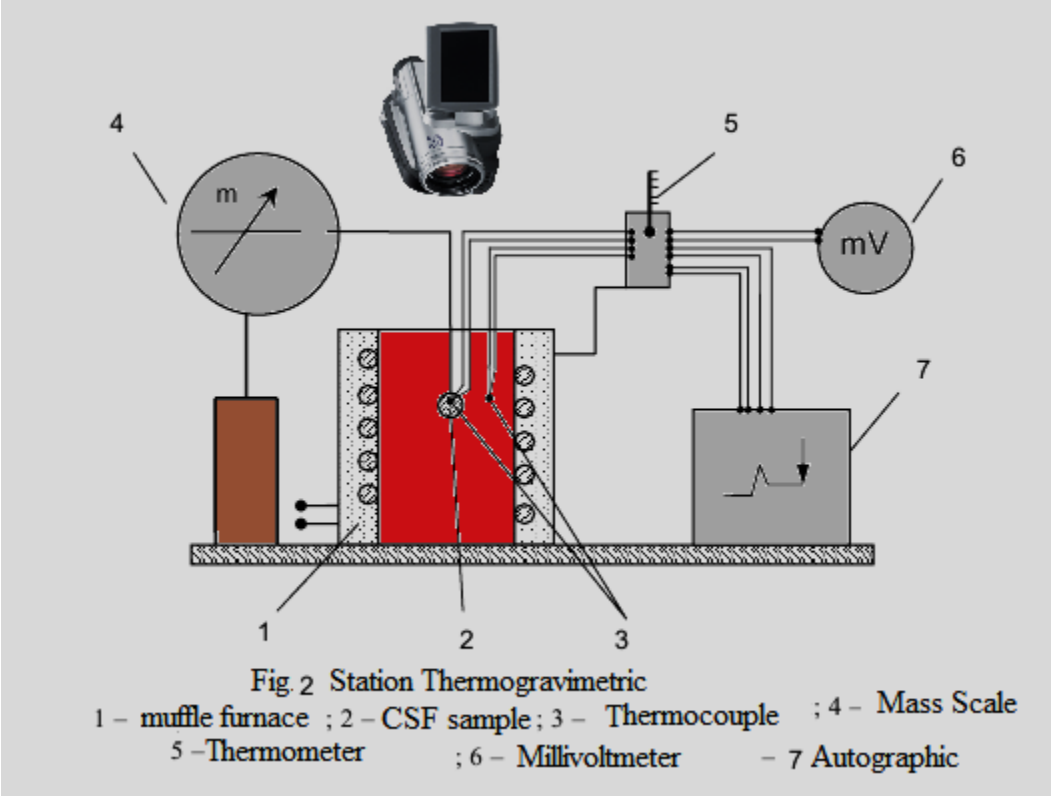

Fig 2 Station Thermogravimetric

1 – muffle furnace ; 2 – CSF sample ; 3 – Thermocouple ; 4 – Mass Scale

5 –Thermometer ; 6 – Millivoltmeter – 7 Autographic

من خلال التجارب التسخين لقطرات نسب مختلفة لعناصر الوقود المركب نلاحظ التغير الحاصل للكتلة خلال زمن التسخين والتبخير , كذلك يتم متابعة التغير الحراري من خلال التصوير الرقمي للتغير في قطرة الوقود.

التجارب تساعدنا في تحديد النسب الصحيحة للوقود المركب , كذلك اضافة الماء للوقود المركب تعمل على تقليل لزوجة المركب وتساعد في تجانس المركب.

خواص عناصر الوقود المركب المستخدمة موضحة في الجدول التالي:

جدول 2. خواص عناصر الوقود المركب المستخدمة

Volatiles	Ash content	Chemical Composition	Fuel
98%	0,14%	$(C_{0.875}\ H_{0.125}\ O_{0.005})$	Black oil
98%	0,02%	$(C_{0.946}H_{1.161}O_{0.002})$	Diesel
42%	19%	$(C_{0.838}\ H_{0.056}\ N_{0.015}O_{0.077}S_{0.014})$	Coal dust
–	–	H_2O	Water
–	2%	$CO(NH_2)_2$	Carbamide

الجدول يوضح الخواص الكيمائية لعناصر الوقود المركب كذلك نسبة المواد المتطايرة فيها، نسبة الرماد بعد احتراق المادة.

نتائج التجارب للوقود المركب على أساس المازوت موضحة في الشكل التالي:

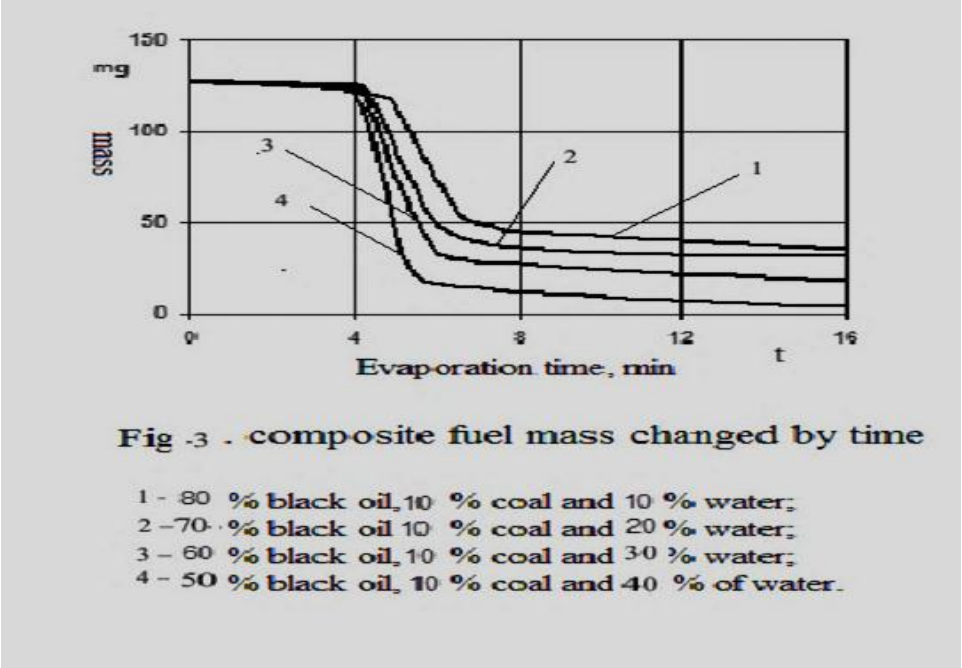

Fig -3 . composite fuel mass changed by time

1 - 80 % black oil, 10 % coal and 10 % water;
2 – 70 % black oil 10 % coal and 20 % water;
3 – 60 % black oil, 10 % coal and 30 % water;
4 – 50 % black oil, 10 % coal and 40 % of water.

الشكل يوضح نتائج لتجارب متابعة السلوك الحراري للوقود المركب المكون من المازوت و 10 % بودرة فحم مع نسب مختلفة من الماء.

يتضح من الشكل3. أنه كلما تقل نسبة الماء في التركيبة تزداد نسبة الترسيب كذلك تزداد سرعة تبخير الوقود المركب. كذلك يمكن ملاحظة ان نسبة 80 و 70% مازوت في التركيبة تعطي أكثر ترسيب وبتالي اقل فاعلية حرارية في مرحلة ما قبل الاحتراق.

نتائج تجارب الوقود المركب على اساس الديزل موضحة في الشكل التالي:

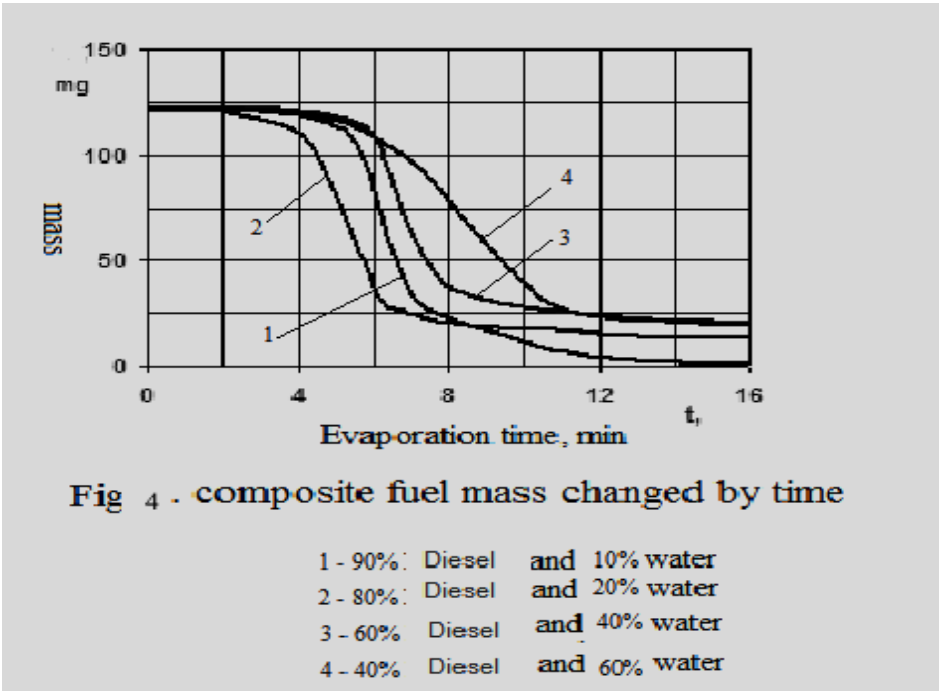

Fig 4 . composite fuel mass changed by time

1 - 90%: Diesel and 10% water
2 - 80%: Diesel and 20% water
3 - 60% Diesel and 40% water
4 - 40% Diesel and 60% water

يتضح من الشكل 4. انه كلما ذادت نسبة الماء في تركيبة الوقود تقل فاعلية الوقود المركب الحرارية وتقل سرعة التبخير للمركب.

من عمليات المشاهدة للسلوك الحراري لقطرات الوقود المركب في وسط حراري فان مراحل الاشتعال للوقود هي مرحلة التبخير ومرحلة ما قبل الاحتراق ومرحلة الاحتراق (نازرنكا, 1990), ولكن يتضح لنا عند متابعة التجارب التبخير ان محاكاة مرحلة التبخير الفيزيائية للوقود المركب تنقسم إلى مرحلتين:

أولا :عملية تبخير الجزء المتطاير من الوقود عند درجة حرارة أقل من الغليان و انتاج شكل بلوري صلب من الخارج ومن الداخل سائل.

ثانيا: بدء عملية احتراق بسيطة مع عملية التبخير مع زيادة في رفع درجة الحرارة عن درجة الغليان مما يؤدي إلى تفتت المجسم البلوري إلى اجزاء صغيرة بمساعدة مواد تنشط عملية الاحتراق مثل الكربااميد (تشودري, 1987) في الوقود المركب كما هو موضح في الشكل التالي:

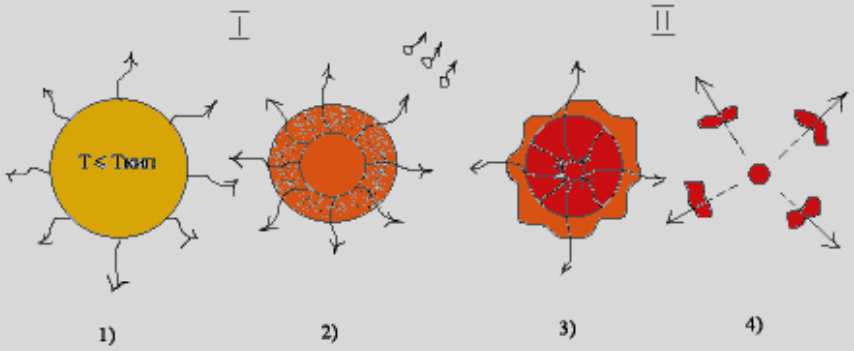

Fig. 5 . The mechanism of the evolution the drop.

Stage I:
1 - Evaporation of the main product;
2 - The formation of the core of the initial suspension.
Stage II:
3 - Combustion area with evaporation of the main product core;
4 - Fragmentation of conglomerate particles dispersed from the core When adding solid activator

اضافة المواد النشطة مثل الكربامید یعمل على الاتحاد مع بودرة الفحم عند درجة حرارة تزید عن

$1500\ C^{o}$ ویعمل ایضا على تسریع عملیة الاحتراق وتقلل من بواقي ترسیبات الوقود المحترق. كذلك تقلل

من الغازات الضارة الناتجة من احتراق الوقود المركب مثل $CO\ ,SO_2\ ,NOx$, كذلك ممكن استخدام

منشطات الاحتراق على شكل محلول مائي او على شكل مادة صلبة كبودرة مثل $CaO, Ca(OH)_2$

(دفیوشنكوف,1998).

لذلك قمنا بمتابعة ومقارنة السلوك الحراري للكربامید كمحلول مائي، و كذلك سلوكه كمادة صلبة في وسط حراري كما هو موضح في الشكل التالي:

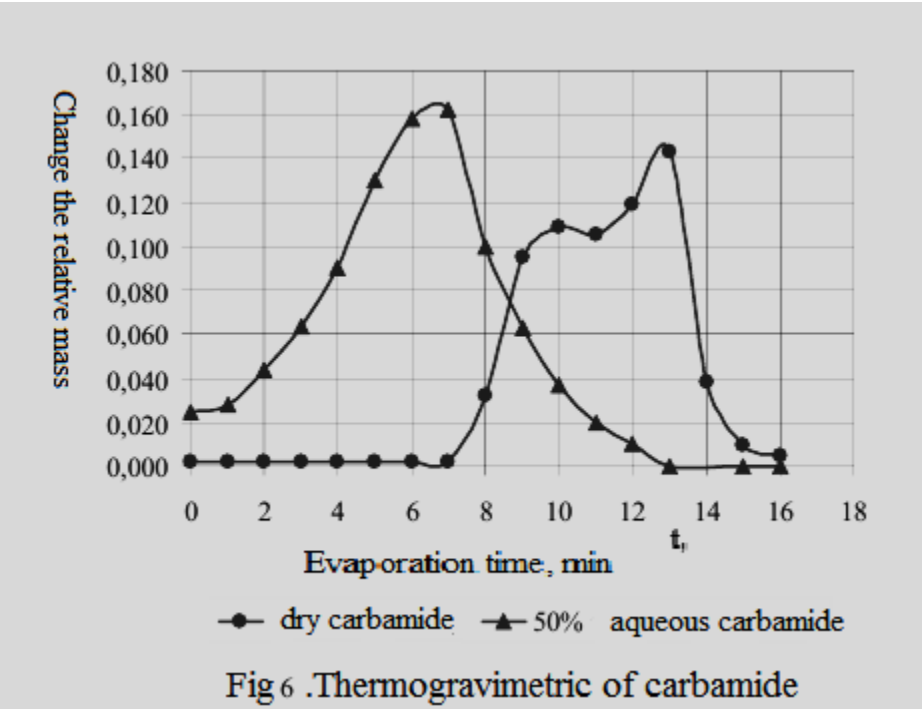

Fig 6 .Thermogravimetric of carbamide

نلاحظ من الشكل 6. تغير النسبي لكتلة المادة النشطة اثناء التبخير في الحالة الصلبة، و في المحلول المائي , بحيث نلاحظ ترسيب المحلول المائي للكربامید اقل من الكربامید الصلب في وسط حراري عند الضغط الجوي. كذلك التفاعل الحراري الزمني للكربامید الصلب أطول من المحلولي, و التغير الحراري للكربامید الصلب يكون على شكل طورين حراريين.

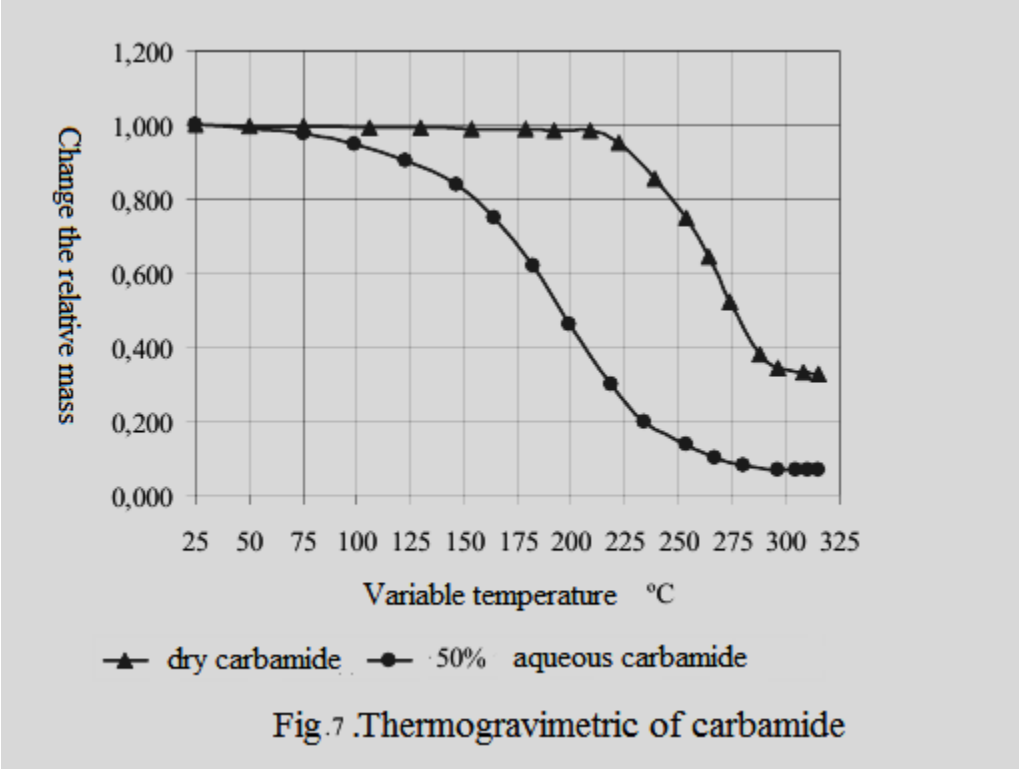

Fig.7 .Thermogravimetric of carbamide

نلاحظ من الشكل 7. تغير النسبي لكتلة المادة النشطة أثناء التدرج في ارتفاع درجة الحرارة في الحالة الصلبة، و في المحلول المائي, ونتائج التجارب توكد على ضرورة استخدام الكربامید في المحلول المائي لتسريع عملية التفاعل الحراري وتقليل كتلة النسبية للمادة النشطة.

الشكل التالي يوضح تأثير إضافة الكربامید في الوقود المركب عند نسب مختلفة من الماء على سرعة تغير الكتلة النسبية للوقود أثناء التبخير, بحيث توضح التجارب أن 40% محلول مائي من الكربامید في الوقود المركب تعطي أقل ترسيب، وسرعة تغير في الكتلة النسبية.

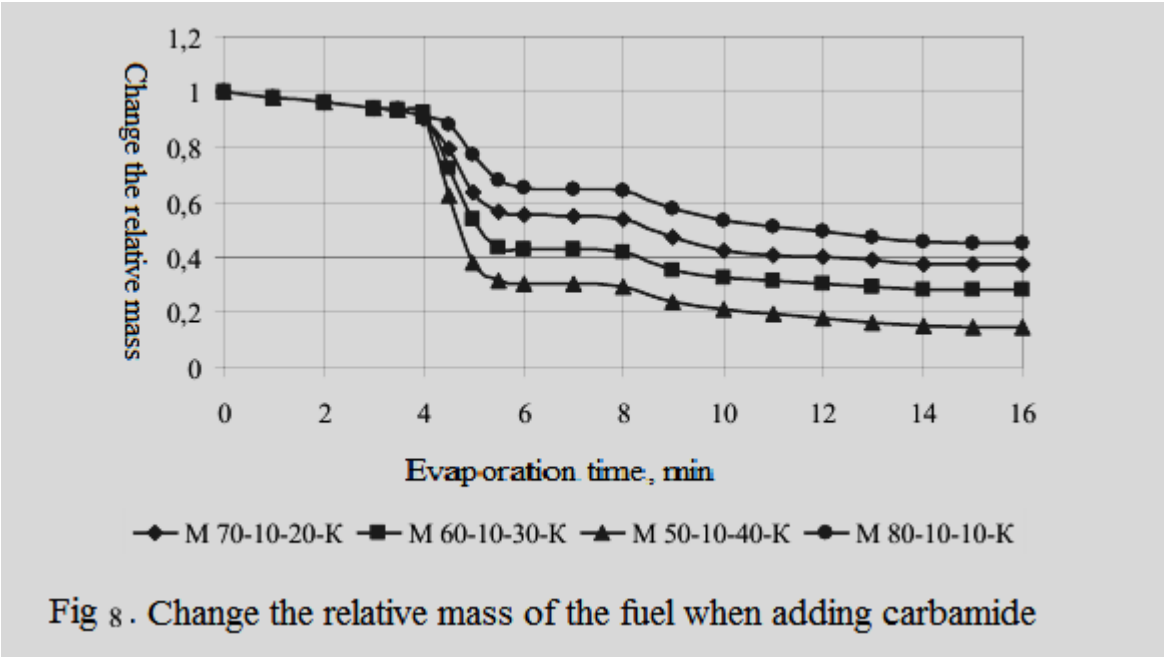

Fig 8 . Change the relative mass of the fuel when adding carbamide

سرعة تغير كتلة قطرة الوقود المركب عند نسب مختلفة لإضافة الماء في الوقود توضح في الشكل التالي:

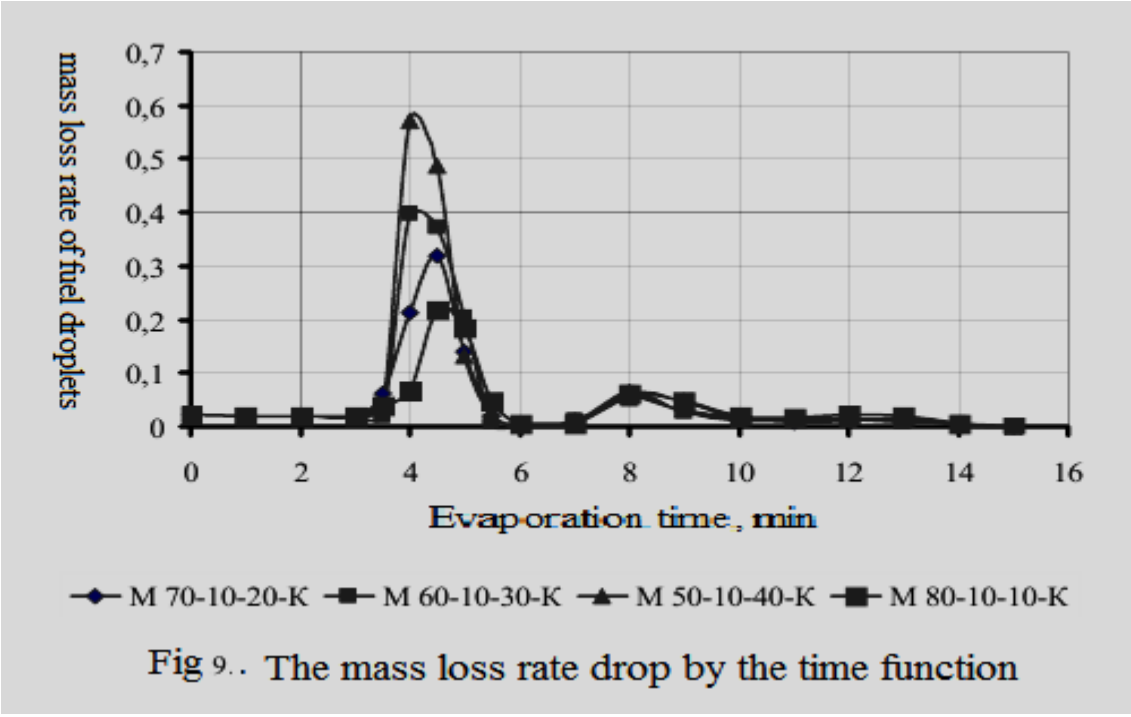

Fig 9.. The mass loss rate drop by the time function

نلاحظ تشكل ثلاثة اطوار حرارية عند تغير كتلة قطرة الوقود المركب وهي توضح التغير في كتلة المادة المتطايرة في الوقود المركب و طور الحراري للمادة اللزجة من المازوت عند ارتفاع درجة حرارة التبخير ثم تليها الطور الحراري ما قبل الاحتراق للمادة الصلبة . كذلك نلاحظ من الشكل ان كلما ذادت نسبة المحلول المائي للكربااميد في الوقود المركب يزداد سرعة تغير كتلة الوقود المركب ما قبل الاحتراق.

توصيات البحث

- اضافة 10 % بودرة فحم في الوقود المركب تعطي تأثير اقتصادي فعال بحيث تتقاطع عدة متغيرات عند هذه النقطة منها انخفاض تسعيرة الوقود وازدياد تكلفة تجهيز واعداد الوقود المركب
- نسبة 80 و 70% مازوت و 10% بودرة فحم في الوقود المركب دون اضافة كربا مبيد تعطي اكثر ترسيب وبتالي اقل فاعلية حرارية في وسط حراري عند الضغط الجوي
- كلما ذادت نسبة الماء في الوقود المركب تقل فاعلية الحرارية للوقود المركب عند اضافة الديزل
- محاكاة مرحلة التبخير الفيزيائية للوقود المركب تظهر مرحلتين او طورين هما عملية التبخير الجزء

المتطاير من الوقود المركب وانتاج شكل بلوري الصلب و مرحلة بدء عملية الاحتراق بسيطة للوقود المركب.

- المتابعة الحرارية تظهر ان استخدام الكربامید كمحلول مائي بعطي اقل ترسيب من الكربامید الصلب في وسط حراري عند الضغط الجوي مما يودي الى زيادة التفاعل الحراري للوقود المركب

- اضافة الكربامید في الوقود المركب عند نسب مختلفة من الماء يؤثر على سرعة تغير الكتلة النسبية للوقود اثناء التبخير, بحيث توضح نتائج التجارب ان 40% محلول مائي من الكربامید في الوقود المركب تعطي اقل ترسيب وسرعة في تغير الكتلة النسبية للوقود.

- يعتبر الوقود المركب بديل فعال عن المازوت والديزل في محطات توليد الطاقة.

المراجع

- Crude Oil and Commodity Prices, Organization of the petroleum exporting countries, accessed April 2013, http://www.opec.org .

- G. Stogney, T. Crook “Saving heat and power resources industrial”,

Journal of M Energoatomizdat, 1991, pp.5-11.

- V. Basteev, “ The principle of activation and its application in processes energy conversion”, Journal of Problems of Mechanical Engineering, 1993,Vol. 39, pp. 81-87.

- List of countries by coal production, Wikipedia, the free encyclopedia, accessed April 2013, http://ru.wikipedia.org.

- N.Troubetzkoy ,"The development of research on the use of highly concentrated coal-water slurries in the energy sector in Russia" , Journal of Heat and power engineering,1994, Vol. 11, pp. 26-30.
- B .Volfberg," Clean coal technologies in the U.S." , Journal of Heat and power engineering, 1990, Vol. 6, pp. 73-76.

- I. Nazarenko, V. Basteev, " Modeling process evolution drops slurry fuel in the high oxidizing environment", Journal of Kharkov: HAI, 1990, pp.56 - 62.

- P. Choudhury," Gerstein M., Breakup of evaporating burning slurry drops by

Additives", Journal of Acta. Astronaut, 1987, Vol.5, pp.253-258.

-A. Dvoinishnikov, T. Shumilov," Organization-burning coal in steam boilers of 300 MW power units Ryazan GRES ", Journal of Heat Power Engineering,1998,- Vol. 6. , pp. 2-7.