مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (33) العدد (4) 2011
Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Engineering Sciences Series Vol. (33) No. (4) 2011

دراسة تأثير أوكسيد المغنيزيوم على الاستهلاك النوعي للوقود السوري في المراجل البخارية

الدكتور صلاح داوود*

(تاريخ الإيداع 16 / 8 / 2011. قُبِل للنشر في 26 / 9 / 2011)

□ ملخّص □

في معظم عمليات احتراق الفيول السوري المستخدم في المراجل البخارية في محطات توليد الطاقة الكهروحرارية تتشكل بعض المركبات، أو الأكاسيد الكيميائية في أثناء تفاعلات الاحتراق، وهذه النواتج، أمثال الغازات SOX تعد ضارة بسطوح معادن المبادلات الحرارية من حيث التأثير في الإيصالية الحرارية، وتشكيل رواسب وخبث على سطوح أنابيب المبادلات الحرارية، إضافة إلى التآكل الحار لأنابيب هذه المبادلات، وكذلك زيادة الاستهلاك النوعي للوقود، وطرح غازات ضارة بالبيئة في الوسط الخارجي مع غازات العادم عبر مدخنة المرجل البخاري. لذلك تم في البحث دراسة تأثير إضافة أوكسيد المغنيزيوم في الاستهلاك النوعي للوقود، وفي التآكل الحار في المرجل البخاري، وفي مركبات SOX، وNOX المحتواة في غازات العادم.

الكلمات المفتاحية: أوكسيد المغنيزيوم، الاستهلاك النوعي للوقود، التآكل الحار، المراجل البخارية.

* أستاذ مساعد – قسم هندسة القوى الميكانيكية – كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية – جامعة تشرين – اللاذقية – سورية.

مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (33) العدد (4) 2011
Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Engineering Sciences Series Vol. (33) No. (4) 2011

Studying of The Magnesium Oxide Effect on the Syrian Specific Oil Consuming in Vapor Boilers

Dr. Salah dawoud*

(Received 16 / 8 / 2011. Accepted 26 / 9 / 2011)

□ ABSTRACT □

During many Syrian fuel burning used in the Vapor Boilers of the thermal power generation, some chemical oxide or compounds are formed, such harmful as SOX, which harmed the thermal conductivity exchanging of metals surfaces, and formed slag layers on its pipes, or during hot corrosion of these pipes. Therefore, increasing the specific fuel consuming. Harmful gases are also produced from the boilers chimneys that affects the environment. So, our present work is to study the effects of MgO, the specific fuel consuming, and the hot corrosion effects on thermal boilers and the SOX, NOX compound produced in the exhausting steam,(or gases).

Keywords: MgO, specific fuel consuming, Hot corrosion, Steam Boilers.

* **Assistant Professor; Mechanical Power Engineering Department, Faculty of Mechanical & Electric Engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria.**

مقدمة:

تشكل محطات توليد الطاقة البخارية النسبة الكبرى من مجموع المحطات المولدة للطاقة الكهربائية في القطر العربي السوري. وتستخدم مراجل هذه المحطات الفيول السوري وقوداً يحترق لتوليد الطاقة الحرارية التي سيتم تبادلها مع وسيط العمل (الماء)، بغية إنتاج البخار المحمص الذي سيصار إلى استخدامه وسيط عمل للعنفات البخارية.

علماً أن الفيول المستخدم يحتوي على نسبة مرتفعة من الكبريت، وكذلك الفاناديوم، وهي تزيد على 120ppm. ولأن مركبات الوقود النفطي في معظمها مزيج من هيدروكربونات ثقيلة جداً، ينتج عن احتراق الوقود الأحفوري أكاسيد NOX، وSOX [1]. ويحدث تآكل على سطوح المبادلات الحرارية في المرجل بسبب ترسب أكاسيد الفاناديوم (V_2O_5) التي تكون سائلة في منطقة الفرن، وشبه سائلة في منطقة المحمصات، وجافة في منطقة الموفرات. إن فعالية الاحتراق هي حساب مدى الفعالية التي تتم بها عملية الاحتراق. وعليه؛ للوصول إلى المستويات العليا لفعالية الاحتراق يجب أن يتم الاحتراق بشكل كامل؛ أي الوصول إلى استخراج كامل الطاقة في الوقود المحترق، وهذا يتطلب مزج المقادير المناسبة من الوقود والهواء (نسبة الوقود/الهواء) خلال زمن معين، وفي ظل شروط الاضطراب، ودرجة الحرارة المناسبين[2]. إن الموازنة الصحيحة بين الزمن وعملية المزج لعناصر عملية الاحتراق ستعطي احتراقاً كاملاً، وهذا ينعكس إيجاباً على الاستهلاك النوعي للوقود، وكذلك تقليل الانبعاثات الضارة في الوسط الخارجي، وقياسها [3]. من جهة أخرى تتشكل ترسبات تنتج عن احتراق الفيول عالي الكبريت؛ لتشكل طبقة عازلة على سطوح المبادلات الحرارية[4]. إن زيادة هذه الترسبات تزيد من الاستهلاك النوعي للوقود أيضاً. وبالمقابل إن كلاً من تشكل (أورثوفانديت المغنيزيوم $3MgO.V_2O_3$) التي تمنع التصاق الرماد بجدران المرجل، وعلاقة ذلك بتشكل رواسب على سطوح أنابيب المرجل، وأثر العملية في الاستهلاك النوعي للوقود [5]. يعد من الأبحاث المهمة الواجب دراستها في محطات توليد الطاقة العاملة التي تستخدم الفيول السوري وقوداً في المراجل البخارية لهذه المحطات.

أهمية البحث وأهدافه:

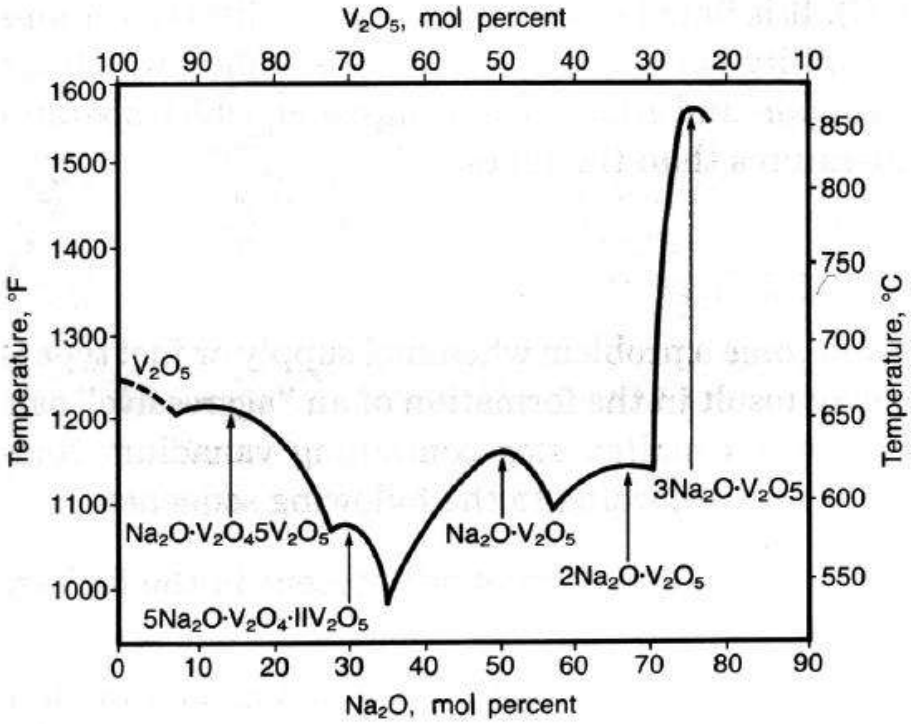
تكمن أهمية البحث في دراسة تأثير أوكسيد المغنيزيوم، المضاف إلى الفيول السوري المستخدم وقوداً في المراجل البخارية، في الاستهلاك النوعي للوقود؛ من خلال تسريع عملية الاشتعال، ورفع درجة حرارة مخروط اللهب، وتحسينه بالشكل الذي يضمن احتراق معظم المركبات الهيدروكربونية الثقيلة، فيرفع القيمة الحرارية المتولدة عن الاحتراق، ويقلل كمية الهواء اللازمة للاشتعال، ويحسن أداء المرجل، فيتم بذلك تحسين مردود المرجل البخاري، وتقليل انبعاثات الغازات الضارة (أكاسيد NOX، وSOX) في الوسط الخارجي.

طرائق البحث ومواده:

تم إضافة أوكسيد المغنيزيوم MgO إلى دارة الفيول المستخدم في المرجل الثالث في المحطة الحرارية في مصفاة بانياس؛ بمعدل L/ton.fuel 10-7 وعلى مدى عدة أشهر في عام 2007. تمت الموازنة بين الاستهلاك النوعي للوقود دون إضافة أوكسيد المغنيزيوم ومع الإضافة، وكذلك الموازنة بينه وبين الاستهلاك النوعي للوقود في مرجل المجموعة الرابعة الذي عمل بالشروط نفسها خلال الفترة الزمنية ذاتها.

تؤدي هذه الإضافة إلى تشكل مركب $3MgO.V_2O_3$ أورثوفانديت المغنيزيوم الجاف ذي الإيصالية الحرارية العالية؛ انظر الشكل(1) الذي يبين مركبات أكاسيد الفاناديوم، ودرجات انصهار كل منها. يعود تشكل أكاسيد الفاناديوم

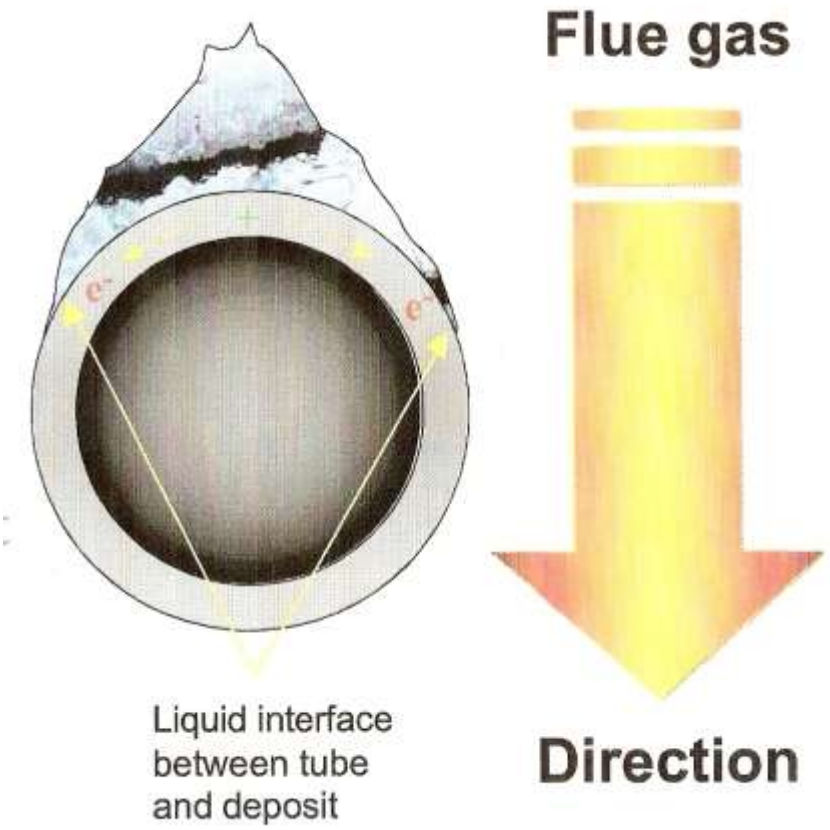
إلى اتحاد الأوكسجين في الحراقات والفانديوم المحتوى في الفيول؛ لتشكيل V2O5 الذي يتحد والصوديوم؛ ليشكل طائفة من المركبات [6].

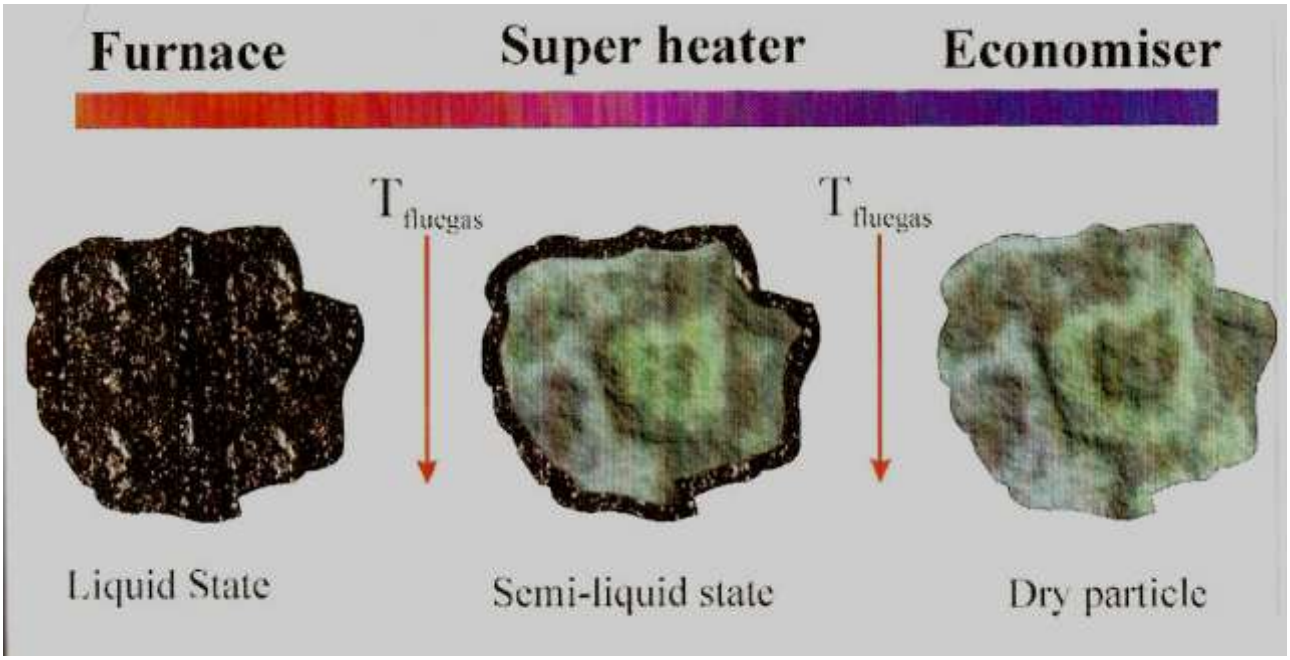


الشكل (1) يبين مركبات أكاسيد الفاناديوم، ودرجات انصهار كل منها.

اتحاد أوكسيد المغنيزيوم ومركب أوكسيد الفاناديوم لتشكيل مركب MgO.V2O

يحدث التآكل الحار في منطقة التلامس بين المركبات المترسبة وسطح معدن أنابيب المبادلات الحرارية، حيث يحدث بشكل نخر موضعي نتيجة لتخريب طبقة أوكسيد الكروم- حديد بسبب أكاسيد الفانديوم، ويوضح الشكل(2) آلية حدوث التآكل الحار:

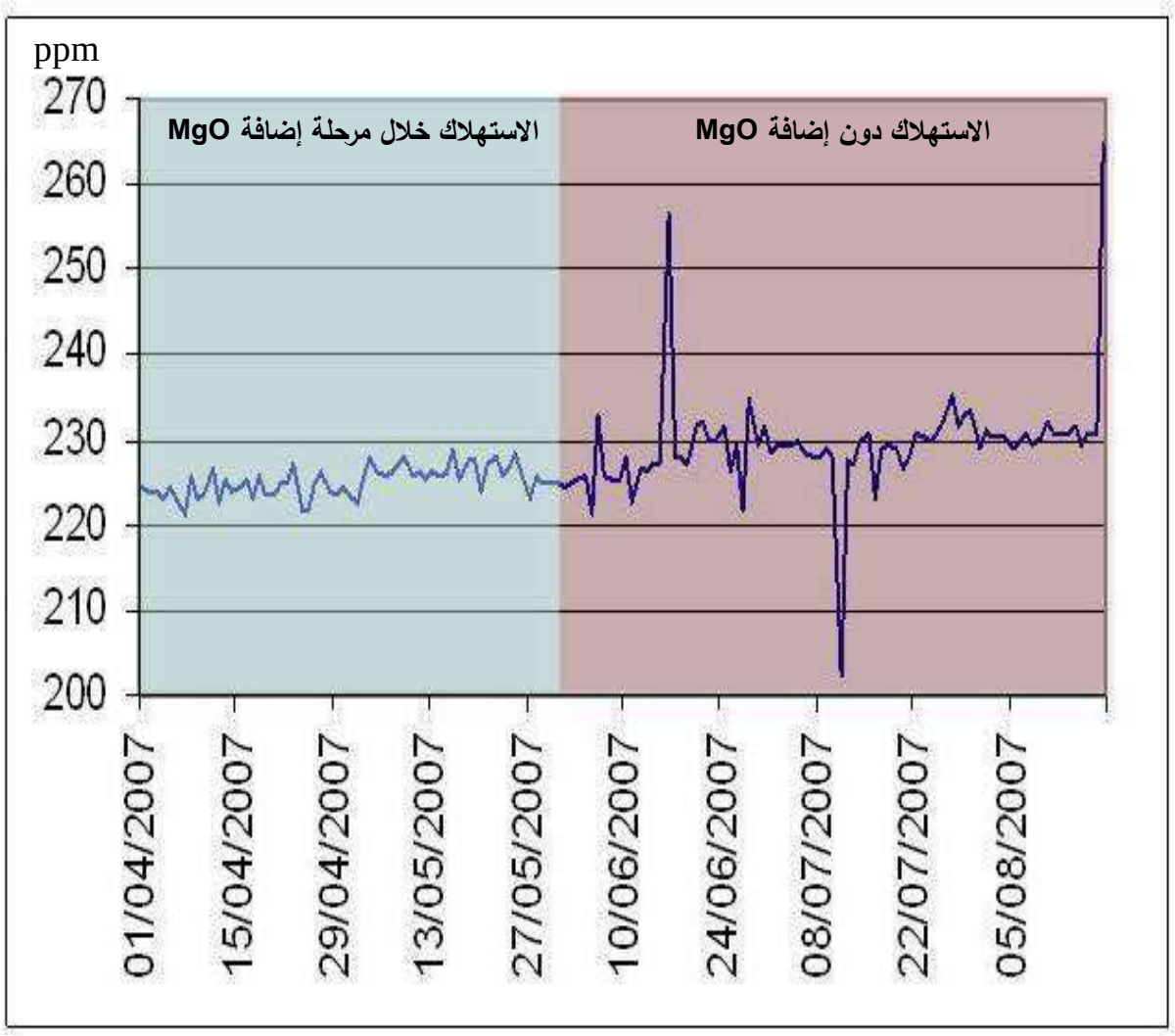




الشكل (2) يبين آلية حدوث التآكل الحار

النتائج والمناقشة:

تم قياس معدلات الاستهلاك النوعي للوقود المستخدم في المرجل الذي أجري عليه البحث قبل إضافة أوكسيد المغنيزيوم، وبعدها، وكذلك تمت الموازنة بينه وبين المرجل الرابع الذي يعمل بشروط مشابهة، دون إضافة لأوكسيد المغنيزيوم. ونورد النتائج على الشكل(3)، والجدول(1).



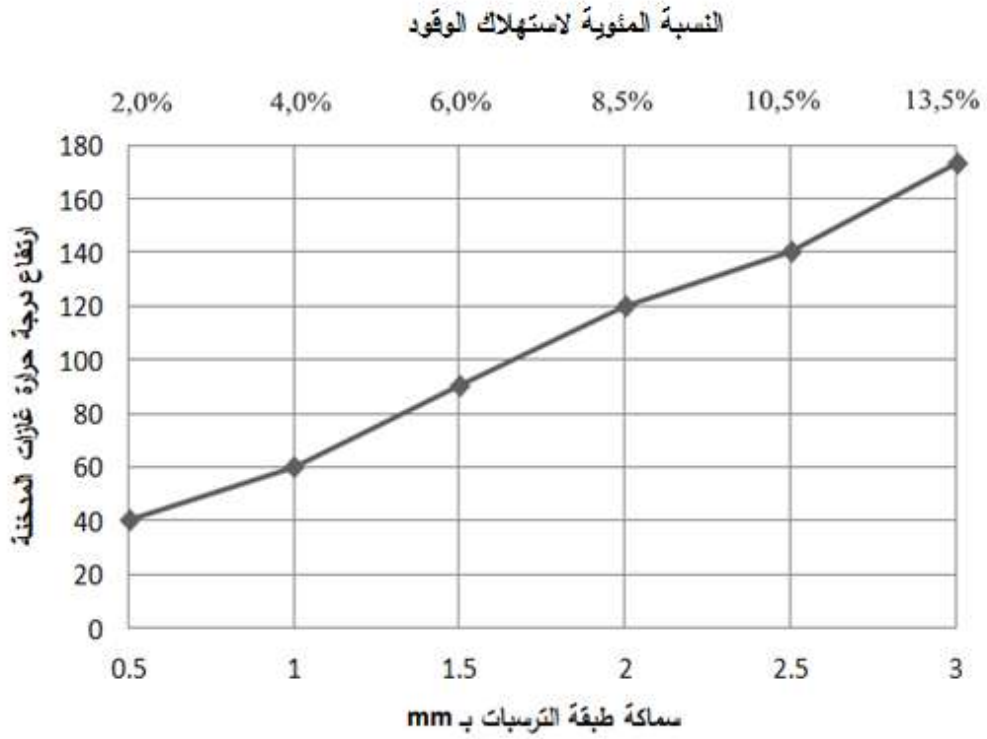
الشكل (3) قياس الاستهلاك النوعي للوقود خلال مرحلة إضافة MgO، ودون الإضافة

الجدول (1) يبين معدلات الاستهلاك على المجموعة الثالثة مع معالجة، ودون معالجة

الفترة الزمنية	الوحدة	معدل الاستهلاك :
مرحلة المعالجة	g/mw	225.35
قياساً بمرحلة ما بعد المعالجة حتى زوال تأثير المادة	g/mw	228.95
قياساً بمرحلة ما بعد المعالجة	g/mw	229.23
قياساً بالمرجل الرابع	g/mw	241.24

إن تشكل مركب 3MgO.V2O3 ذي درجة الانصهار C^0 1190 عند المعالجة يمنع تشكل الترسبات المؤدية إلى التآكل، ويستدل على ذلك من خلال مقدار استهلاك الفيول حيث يلاحظ استقرار الاستهلاك عند المعالجة، وهذا يعني عدم تشكل طبقات عازلة من الفاناديوم.

إن الترسبات التي تنتج من احتراق الفيول عالي الكبريت تشكل طبقة عازلة على أسطح أنابيب المبادلات الحرارية، وهذه الزيادة في ثخانة الترسبات تزيد الاستهلاك النوعي للوقود؛ كما بين الشكل(4).



الشكل (4) يبين تغيرات استهلاك الفيول مع ثخانة الترسبات العازلة على سطح المبادل الحراري.

من جهة أخرى إن تفاعل MgO ومركب SO3 الذي يتم كالآتي:

$$MgO+SO3 \rightarrow MgS04$$

يؤدي بدوره إلى التقليل من كمية SO3 في غازات العادم.

يمكن الاستدلال على نسبة التخفيض في SO3 من خلال القياسات على الغازات قبل المدخنة، وذلك قبل المعالجة، وبعدها، فباستخدام جهاز (Lancom III (Gas Analyzer، المبين على الشكل(5)، الذي يقيس بدقة عالية التراكيز الآتية:

$$H_2S,SOX,NOX,CxHy,CO,O_2,H_2,CO_2$$

الشكل (5) يبين صورة جهاز قياس تركيز غازات العادم المستخدم

تم أخذ تراكيز SO2، وNOX كونها من أهم العناصر المؤثرة في الإنسان، والبيئة، وفي كمية الرماد الناتج، وكذلك تعدل حموضة هذه النواتج إلى المستوى الآمن بيئياً. نعرض هذه النتائج في الجدول(2). نبين متوسط درجة الحموضة في الرماد الناتج عن عملية الاحتراق خلال عملية إضافة أوكسيد المغنيزيوم في الجدول(3).

الجدول(2) يعرض كميات SO2، وNOx قبل إضافة أوكسيد المغنيزيوم، وبعدها

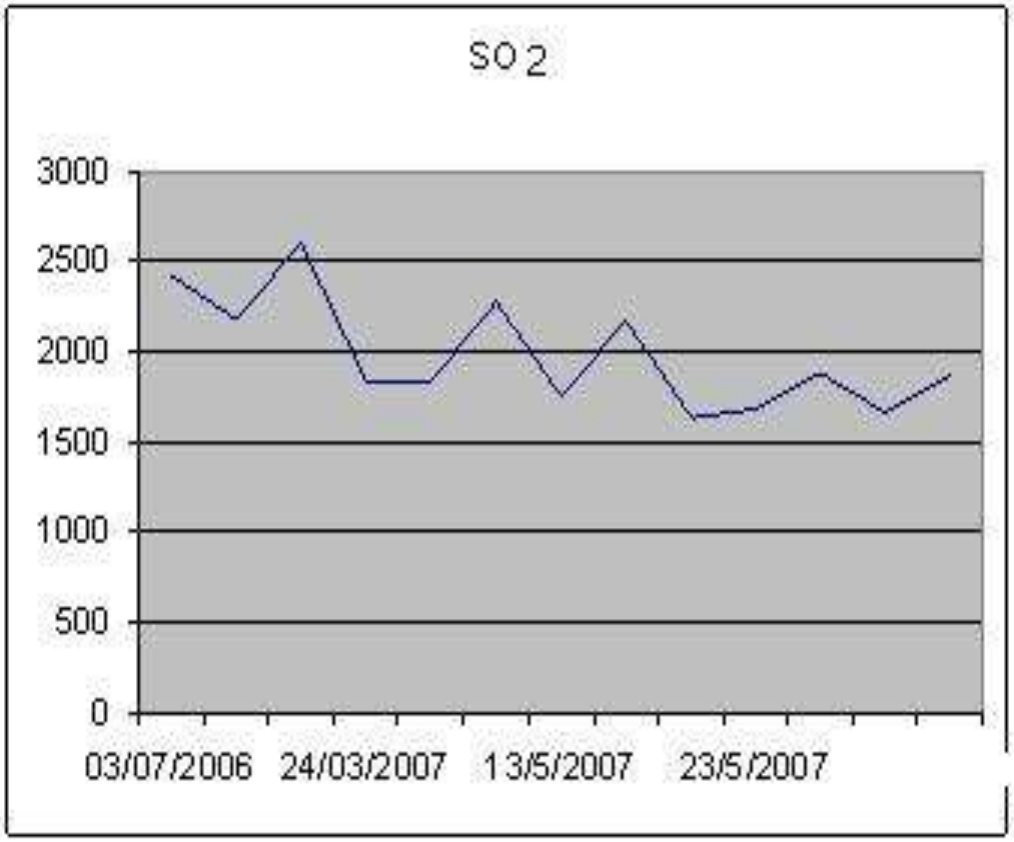
تاريخ التجربة	قبل الإضافة	
	SO2 ppm	**Nox ppm**
11/03/2007	2179	287
15/03/2007	2428	275
20/3/2007	2607	300
24/03/2007	1827	268
26/3/2007	1835	250
AVERAGE	2175	276
	بعد الإضافة	
29/3/2007	1872	261
31/3/2007	1857	268
10/5/2007	2274	312
13/5/2007	1754	274
23/5/2007	1626	236
23/5/2007	1680	251
13/5/2007	2174	319
30/5/2007	1666	241
المعدل	1863	270

أي إن نسبة التخفيض في كمية SOX هي 14,34%. يعود انخفاض كمية الـSOX إلى تحول قسم كبير من SO3 إلى MgSO4 وفق التفاعل الكيميائي السابق، وتشكل كبريتات المغنيزيوم. ويظهر ذلك جلياً في ارتفاع درجة الـPH للرماد إلى أكثر من[1] 3.7، وذلك بسبب انخفاض تركيز SO3 في غازات العادم؛ كما هو في الجدول(3).

الجدول (3) يبين متوسط درجة حموضة الرماد خلال فترة إضافة MgO

الفترة الزمنية من تاريخ بدء إضافة MGO	متوسط درجة PH
الشهر الأول	3.35
الشهر الثاني	3.54
الشهر الثالث	3.70

والشكل(6) يبين انخفاض نسبة SO2 مقدرة بـ mg/m^3 خلال مراحل المعالجة



الشكل(6) علاقة تركيز SO2 بفترة إضافة أوكسيد المغنيزيوم

الاستنتاجات والتوصيات:

1- إن إضافة أوكسيد المغنيزيوم إلى الفيول السوري – المستخدم في المراجل البخارية لمحطات توليد الطاقة الحرارية في مصفاة بانياس – أسهمت في تحسين الشكل، والأبعاد الهندسية لمخروط اللهب، وجودة الاحتراق، وفي تخفيض نسبة الانبعاثات الضارة من مركبات SOX.

2- إضافة أوكسيد المغنيزيوم تعمل على تحسين احتراق الفيول، وخاصة المركبات الثقيلة، والكربون غير المحترق UNBURNED CARBON، فتؤدي إلى تقليل الاستهلاك النوعي للوقود، وهذا يؤدي إلى خفض كبير في الكلفة.

3- إن تشكل مركب 3MgO.V2O3 الجاف ذي الايصالية الحرارية العالية عند المعالجة بأوكسيد المغنيزيوم يمنع التصاق الرماد بجدران أنابيب المرجل، بذلك يمنع تشكل الترسبات المؤدية إلى التآكل الحار.

المراجع:

[1] داوود، صلاح. *دراسة أثر محسنات الاحتراق في مسخنات الهواء لدى احتراق الفيول في محطات التوليد البخارية، مجلة جامعة تشرين للدراسات والبحوث العلمية. قيد النشر*، 2011، 3.

[2] Ganapathy, V. *Gold– end corrosion: Causes and cures.* Hydrocarbon processing, vol 68. 1989, 57-59.

[3] Standard Practice for Conducting Moist SO2 Tests. ASTM G87-02.

[4] Burdett. A, Glinddon. B. I, Hotchkiss. R. c, *Magnesium additive performance in oil- Fired boilers. Kinetics of the Mgo/ SO_3 reaction.*Cobust. sci. Techno. Vol 23, 1980, 103-112.

[5] RHYS- JONES, T N; NICHOLLS, J R; HANCOCK, P. *Effect of So_2/ So_2 on the efficiency with which Mgo inhibits vanadic Corrosion in residual Fuel d gas turbines.* Corrosion Science, vol 23, no2, 1983, 139- 149.

[6] Barroso. J, Barreras. F, Ballester. J, *Behavior of a high- Capacity Steam Boiler using Heavy Fuel oil*, High- tempreture corrosion. Fuel processing Technology. Spain vol. 86. N^0.2, 2003, 89- 105.