الوقود البديل في صناعة الاسمنت

اعداد المهندس الكيمياوي: على بلاوالي

البريد الالكتروني: bulawali@gmail.com, ali@bulawali.com

موقع الانترنيت: www.bulawali.com

التاريخ : ٢٠-٠٧-٢٠١٧

الوقود الاحفوري هو المصدر الرئيس للطاقة الحرارية اللازمة لإنتاج الكلنكر* في معامل الاسمنت وهي من مصادر الطاقة الغير متجددة لذلك تتم حاليا استخدام الوقود البديل بدل الوقود الاحفوري لرخص اسعارها بشكل عام ولتأثيرها الاقل على البيئة ويوجد الوقود البديل بصور متنوعة كنواتج جانبية صناعية، فضلات زراعية او بشرية حيث تتم حرقها في افران معامل الاسمنت والتي تكون حرارتها أكثر من ١٠٠٠ درجة مئوية.

Introduction المقدمة

انتاج الاسمنت من الصناعات المستهلكة للطاقة حيث تمثل تكلفة الطاقة حوالي من ٣٠ % الى ٤٠ % من الكلفة الكلية للإسمنت المنتج.[٦].[٥].[٣].[٢]. وتمثل انتاج الاسمنت بالنسبة الى الطاقة المستهلكة على مستوى العالم حوالي ٢ % وعلى مستوى الصناعات بشكل عام حوالي ٥ %. [٥].

معامل الاسمنت الحديثة بالطريقة الجافة تحتاج لإنتاج كيلوغرام واحد من الكلنكر الى حوالي ٧٠٠ كيلو كلاري[١]ويتم توفيرها من خلال حرق الوقود الاحفوري (الوقود التقليدي) مثل الفحم الحجري والغاز الطبيعي وانواع الوقود السائل ولكون هذه الانواع من الوقود غير مستدامة بتعبير اخر لا يمكن تجديدها ولأسعارها المرتفعة تتم استبدالها في اغلب البلدان المتقدمة في الوقود البديل التي تتوفر بصور متعددة ومختلفة تحرر حرارة مناسبة لأفران الكلنكر يمكن استخدامها بنسبة ٢٠ % الى ٨٠ % وتعتمد على عدة عوامل منها توفرها وجودتها و في بعض الحالات الخاصة يمكن ان تصل نسبة استخدام الوقود البديل بنسبة ١٠٠ % في افران معامل الاسمنت الحديثة وبذلك لا يستخدم الوقود الاحفوري التي نحصل عليها من مصادر غير متجددة.

*** الكلنكر هو المنتج الوسطي لمعامل الاسمنت التي تتم انتاجها بالفرن ويتم تبريدها وخزنها ومن ثم طحنها لإنتاج الاسمنت.**

source and Alternative Fuel types

مصادر الوقود البديل وانواعها

تتنوع مصدر الوقود البديل وتعتمد على المصادر المتوفرة فمثلا في البلدان الزراعية تتوفر الوقود البديل من المخلفات الزراعية من قشور الارز، علف الذرى، قشر جوز الهند، ..... وحتى العظام واللحوم على صورة فضلات من المجازر العملاقة.[٢].

ليس كل مصادر الوقود البديل من مصادرة مستدامة ففي البلدان المتقدمة صناعيا تتوفر العديد من المخلفات الصناعية مثل الفحم البترولي من معامل التكرير المتقدمة التي يتم الحصول عليها من تكرير البترول (وقود احفوري) غير متجدد حيث لا يمكن صناعة البترول بل يمكن الحصول عليها من الطبيعة لمرة واحدة فقط.

الاطارات المستعملة يمكن استخدامها كوقود بديل وتعتبر من انواع الوقود البديل المستخدم بكثرة في صناعة الاسمنت وذلك لوجود اعداد كبيرة من السيارات ولانتشارها بشكل واسع وفي كافة انحاء العالم المتقدمة والنامية.

مخلفات المدن الكبيرة إذا ما توفرت البنية التحتية الازمة يمكن استخدامها كوقود بديل حيث يستخدم مياه الصرف الصحي لاستخراج وقود يمكن حرقها في افران معامل الاسمنت، كذلك المخلفات الصلبة للبلديات يمكن تحويلها الى وقود بديل يمكن حرقها في معامل الاسمنت والتي تحتوي على مكونات ذات قيمة عالية مثل المخلفات الورقية والبلاستيكية.

في الجدول رقم (١) توضيح لأنواع الوقود المستخدم في صناعة الاسمنت وبعض خصائصها. [٥].

الجدول رقم (١) انواع وخصائص الوقود البديل المناسب لصناعة الاسمنت، الخانات الفارغة تعني عدم توفر معلومات.[٥].

Fuel الوقود	Substitution rate (%) نسبة الاستبدال	Lower heat value (kcal/Dry kg) القيمة الحرارية الاقل	Water content (%) محتوى الماء	Ash content (%) محتوى الرماد	C content % (by dry wt.) محتوى الكاربون (الوزن الجاف)	Associated Emissions الانبعاثات المرافقة
Agricultural biomass الكتلة الحيوية الزراعية						
rice husks قشور الرز	35	3194- 3871	10	20.6	38.8	CL
Wheat straw قش القمح	20	3776؛ 4349	14.2; 7.3; 12	4.5; 3-5; 8.9	44.9; 48.8	
Corn Stover علف الذرة	20	3680	9.41; 35; 11	7.46; 3.25	42.5	
Sugarcane leaves اوراق قصب السكر	20	3776.3	< 15	7.7	39.8	
Sugarcane (bagasse) قصب السكر (تفل قصب السكر)	20	3441.7; 3728.5; 4636.7	10- 15	4.2	44.1	
Rapeseed stems بذور اللفت الجذعية	20	3919.7	12.6	5.9	45.2	
Hazelnut shells القشور الخارجية للبندق	20	4182.6	9.2	3.5	52.9	
Palm nut shells قشور بذو النخيل	20	2844.2	10			
Non-Agricultural biomass الكتلة الحيوية الغير زراعية						
Dewatered sewage sludge الحمأة للمياه المنزوحة	20	2509.6-6931.2	75	21.8	53.92; 30	Heavy metals

Fuel الوقود	Substitution rate (%) نسبة الاستبدال	Lower heat value (kcal/Dry kg) القيمة الحرارية الأقل	Water content (%) محتوى الماء	Ash content (%) محتوى الرماد	C content % (by dry wt.) محتوى الكاربون (الوزن الجاف)	Associated Emissions الانبعاثات المرافقة
Heat dried sewage sludge الحمأة المجففة بالحرارة لأوحال مياه الصرف			10			Heavy metals
Paper sludge حمأة الورق	20	1959.8	70	26		Cl
Paper الورق		2988 - 5258		8.33	47.99	Cl
Sawdust نشارة الخشب	20	3944	20	2.6	46.9	Cl (if from treated wood)
Waste wood مخلفات الخشب	20	3705; -4159	33.3	0.9	50	Cl, toxics if treated or painted
Animal waste (none meal, fat) المخلفات الحيوانية (العظام والدهون)		3824 -4063; 4541	15		34	
Chemical and hazardous waste المخلفات الكيمياوية والخطرة						
Spent solvent المذيبات المستهلكة		Range: 0-9560 Avg.: 5019 - 5975	10.3; 16.5		47.7	dioxins
Paint residues بقايا الطلاء		3896	9	34	41- 51	
Hazardous waste (misc.) المخلفات الخطرة (متنوع)					50	Dioxins, heavy metals
Obsolete pesticides (مبيدات الأفات المتقادمة)	57	7958				NOx

Fuel الوقود	Substitution rate (%) نسبة الاستبدال	Lower heat value (kcal/Dry kg) القيمة الحرارية الأقل	Water content (%) محتوى الماء	Ash content (%) محتوى الرماد	C content % (by dry wt.) محتوى الكاربون (الوزن الجاف)	Associated Emissions الانبعاثات المرافقة
Petroleum - based waste المخلفات المستندة على البترول						
Tires الاطارات	< 20 %	6644; 8867	0.3			NOx, SO2, CO
Polyethylene بولي اثيلين		10994	2.1	27.4	71	Cl
Polypropylene بولي بروبلين		10994	2.1	27.4	71	Cl
Polystyrene بوليسترين		9799	2.1	27.4	71	Cl
Waste oils مخلفات الزيوت		5163	5		46	Zn, CD, Cu, Pb
Petroleum coke (pet-coke) الفحم البترولي		4517; 8054	0.4		78.24% C	SO2, NOx, CO, V2O5
Miscellaneous waste المخلفات المتفرقة						
Polypropylene carpet residues متبقي سجاد بولي بروباين		6716.1	0.2	21.2	56.9	Cl, Sb, Cr, Zn
Nylon carpet Residues متبقي سجاد النايلون		6788	0.9	25.4	42.2	Cl, Sb, Cr, Zn, NOx
Textiles المنسوجات	30	3896	5.8	1.2	44.6	Sb, Cr, Zn
Automotive shredder residues متبقي تقطيع السيارات	2	3943	2.2	36.2	46.2	Cl, heavy metals
Demolition and commercial wastes الهدم والمخلفات التجارية		5975	18.8	20.6		
Landfill gas غازات المكب		4708				
MSW (hh) مخلفات البلدية الصلبة		2868 -3824	10- 35		40	Cl, heavy metals, NOx

Alternative Fuel preparing

تحضير الوقود البديل

تتنوع مصادر الوقود البديل ولذلك تختلف طريقة التعامل معها لجعلها جاهزة للحرق في منظومة الفرن، وتعتمد حاجة الوقود البديل من عمليات التحضير على الحالة الاولية من المصدر الرئيسي والتي بالغالب هي عبارة عن مخلفات زراعية وصناعية او مخلفات البلدية والتي لا تهتم بتحضير مخلفاتها ليتم حرقها في معامل الاسمنت لذلك يبقى على عاتق منتجي الاسمنت عمليات المعالجة والتحضير لاستخدامها في منظومة الفرن.

عمليات معالجة الوقود البديل بصورة عامة تحتاج الى الكثير من الخطوات لكونها غالبا تكون غير نقية او مختلفة الاحجام و المكونات فمثلا تحتاج الى عمليات فصل وتنقية وفرز كما هي الحال مع مخلفات البلدية و المواد البلاستيكية او تكون نسبة الرطوبة فيها عالية تصل الى حوالي ٧٠ % و تحتاج الى عمليات التجفيف لتقليل الرطوبة التي تؤثر على جودة الوقود البديل كما هو الحال عند استخدام اوحال البلدية و تختلف تركيبها كالإطارات المستعملة من حيث كونها تستعمل للسيارات الصغير او الشاحنات الكبيرة و حسب الشركة المصنعة للإطارات او بالنسبة للإطارات المستعملة و تتم اما استخدامها بصورة كاملة دون تقطيعها او يتم تقطيعها و تعتمد على طريقة المنظومة التي تتم استخدامها لحرق الاطارات في منظومة الفرن. قشور الارز تحتاج الى عملية ضغط وقولبة قبل استخدامها كوقود بديل في منظومة الفرن للسيطرة على عملية الاحتراق والحرارة المتولدة داخل منظومة الفرن.

لكثرة طرق ومراحل الوقود البديل من التقطيع والتجفيف والتنقية، لذلك قد نحتاج الى طرف ثالث يقوم بتحضير الوقود البديل للمعامل الاسمنت خارجيا وذلك لتسهيل وتقليل التعقيدات الموجودة مع تحضير الوقود البديل إذا ما تم اجرائها داخل المعمل.

مراقبة جودة الوقود البديل من المسائل الضرورية وتعتبر عملية مكملة لعمليات تحضير الوقود البديل ويجب توفير المعدات والبنى التحتية الازمة لمراقبة الجودة وحسب نوع الوقود البديل المستخدم.

Alternative fuel storing

خزن الوقود البديل

عمليات خزن الوقود البديل تعتمد على الصورة التي تصل بها الى المعمل ونوعيتها فاذا كانت بصورة سائلة تتم خزنها في خزانات وإذا كانت صلبة تتم خزنها في حاويات خاصة بأحجام وقياسات معينة او يتم خزنها بمخازن مفتوحة لحين نقلها الى منظومة المشاعل الخاصة لحرقها في منظومة الفرن وقد تكون هناك حاجة لظروف خزن خاصة في حال كون الوقود البديل المستخدم عبارة عن مواد سامة او تحتوي عليها وعندها تزداد مخاطر استخدام الوقود البديل.

قد تحتاج الى أكثر من مرحلة خزن داخل معمل الاسمنت في حالة وجود الحاجة الى أكثر من مرحلة تحضيرية قبل الاستخدام وبأحجام وانواع مختلفة فمثلا هناك الحاجة لعمليات فرز لبعض من الوقود البديل على اساس مقدار الطاقة الحرارية المتولدة منها مثل النفايات البلاستيكية من مصادر متنوعة حيث نحتاج الى مراحل خزن اضافية وحسب طريقة عمليات الفرز.

كثافة الوقود البديل مع الطاقة الحرارية التي تحتويها لهما دورا جوهريا في اختيار احجام المخازن المطلوبة حيث الكثافة

العالية للوقود البديل بشكل عام تحتاج الى مخزن ذات حجم أصغر من الوقود البديل ذي الكثافة الاقل.[١].

Short illustration on clinker production in dry process

توضيح مختصر عن انتاج الكلنكر في الطريقة الجافة

تجهز خام حجر الكلس من المقلع و تنقل الى الكسارة الرئيسية حيث يتم التكسير مع او بدون الطين و حسب الحاجة و بعد ذلك تنقل المواد الى سرير المخلوط لعمل مجانسة اولية للمواد و الخزن و من ثم تنقل الى الصوامع النسبية للقيام بتعديل نسب المواد و تحضيرها للطحن في طاحونة المواد الاولية و بعد الطحن تنقل المواد الى صومعة التجانس للخلط و الخزن, ليتم بعد ذلك أرسالها الى الفرن لإنتاج الكلنكر و الذي يتم خزنه في مخزن الكلنكر بعد التبريد في مبرد الكلنكر، هذا باختصار عملية انتاج الكلنكر لمعمل اسمنت حديث حيث يتم استخدام الوقود في مرحلة الفرن التي تتكون من ثلاث اجزاء رئيسية و هي اولا المسخن الاولي و التي هي عبارة عن مجموعة السايكلونات على مراحل تقوم برفع درجة حرارة المواد الداخلة اليها من ٨٠ درجة مئوية الى ٨٠٠ درجة مئوية و تحصل على الحرارة من المرحلة الثانية التي تليها و هي المكلسنة التي تحتوي على مشاعل ترفع درجة حرارة المواد الاولية من ٨٠٠ درجة مئوية الى حوالي ١٠٠٠ درجة مئوية لإتمام تفاعل الكلسنة الماصة للحرارة و يستهلك مشعل او مشاعل المكلسنة حوالي ٦٠ % من الوقود المستهلك في منظومة الفرن، و تنتقل المواد بعد ذلك الى المرحلة الثالثة الذي يتمثل بالفرن الدوار حيث ترفع درجة حرارة المواد الى حوالي ١٤٠٠ درجة مئوية بواسطة المشعل الرئيسي و التي تستهلك حوالي ٤٠ % من الوقود الكلي لمنظومة الفرن و تحدث فيها تفاعلات ماصة و باعثة للحرارة لإنتاج معادن الكلنكر الرئيسية (C3S, C2S, C3A, C4A).[١].

How to burning the alternative fuel in kiln system

كيف يتم حرق الوقود البديل في منظومة الفرن

تختلف خواص الوقود البديل بين انواعها المختلفة وتتذبذب ايضا ضمن النوع الواحد من الوقود البديل، لذلك تحتاج الى طرق مختلفة لتسهيل عملية حرقها والاستفادة منها بصورة مثلى فمثلا يمكن استخدام الوقود البديل المستخلص من اوحال البلدية بخلطها مع الفحم الحجري بنسبة معينة وحرقها في منظومة الفرن او استخدام مشاعل متعددة القنوات وحرقها بصورة منفصلة، بالنسبة للإطارات المستعملة يمكن ادخالها الى منظومة الفرن وبالأخص من أسفل المكلسنة بمنظومات بسيطة على شكل قطع او بصورة كاملة.

عند استخدام الفحم البترولي كوقود بديل والتي هي عبارة عن متبقي تصفية البترول بعد ازالة اغلب المواد السائلة والغازية ذات القيمة العالية يتم بعد طحنها بنعومة عالية أكثر من الفحم الحجري لكي يمكن استخدامها في منظومات الفرن التقليدية التي تستخدم الفحم الحجري كوقود رئيسي، لكون الفحم البترولي قليل التطايرية وأصعب في الحرق.

يفضل حرق الوقود البديل في مرحلة المكلسنة لعدة اسباب منها كون تفاعل الكلسنة أكثر تفاعل ماص للحرارة داخل منظومة الفرن وتحتاج للحرارة لإتمام التفاعل ولصعوبة السيطرة على الظروف

التشغيلية والسيطرة على جودة الكلنكر المنتج في حال استخدام الوقود البديل في المشعل الرئيسي للفرن الدوار لحساسية وتعقيد التفاعلات وتحتاج الى استقرار في الحرارة الامر الذي يستحيل السيطرة عليها بالغالب مع استخدام الوقود البديل.

نسبة الوقود البديل الذي يمكن حرقها في منظومة الفرن تعتمد على عدة عوامل منها توفر الكميات المناسبة وعلى طول السنة وجودتها، حيث بالغالب يتم استخدام الوقود البديل بنسبة ٢٠ % من المجموع الكلي للوقود العادي (الاحفوري) ويتم حرقها في المكلسنة.[٤]. جدول رقم (١).

استخدام المنظومات المنفصلة لحرق الوقود البديل تكون ضرورية لأنواع الوقود قليلة الحرارة عند الحرق او للسيطرة الافضل لعملية الحرق مثل الهوت دسك (Hot Disk) من شركة FLS **لسيطرة** أفضل على عملية الحرق.[١]ولكنها تكلف أكثر ويفضل استخدامها عند حرق انواع الوقود البديل مصدرها من الكتلة الحيوية (زراعية) او مخلفات حيوانية لكونها تحرر حرارة اقل مع تذبذبها.

مدة استبقاء الوقود البديل داخل منظومة الفرن لها دور مهم حيث الانواع المختلفة من الوقود البديل لها فترات استبقاء مختلفة، وتعتمد على الخواص الفيزيائية لها و بالأخص للأنواع في الحالة الصلبة مثلا يتم تقطيع الاطارات المستعملة الى ٢٥ سم الى ١٠ سم للتقليل من مدة الاستبقاء و في حالة اخرى يتم كبس قشر الارز في مقولبة خاصة على شكل قطع بأبعاد معينة لزيادة مدة الاستبقاء حيث الغاية من السيطرة على مدة الاستبقاء لتحكم افضل على الحرارة المتولدة من عملية حرق الوقود البديل و منع استمرار عملية الاحتراق في مناطق من منظومة الفرن لا تحتاج الى حرارة عالية و بالعكس عند تأخر عملية احتراق الوقود البديل سوف تحدد من الكمية التي يمكن اضافتها من الوقود البديل الى منظومة الفرن نتيجة لارتفاع مدة الاستبقاء، لذلك يجب تعيير زمن الاستبقاء مع الحرارة المتولدة من حرق الوقود البديل.

Alternative fuel effect on kiln System Operation

تأثير استخدام الوقود البديل على تشغيل منظومة الفرن

البدء استخدام الوقود البديل بدل الوقود الاحفور المعتاد استخدامها في معامل الاسمنت سوف تؤدي الى تولد تحديات جديدة مثل التوزيع الرديء للحرارة، التشغيل الغير المستقر للمكلسنة، انسدادات في المسخن الاولي، تراكم المواد بالقرب من مدخل الفرن، زيادة انبعاث الغازات SO_2، NO_x، CO وزيادة في الاتربة داخل الفرن الدوار وتعتبر هذه اغلب المشاكل التي سوف تواجهنا مع حرق الوقود البديل.[١].

المشاكل المتولدة مع البدء باستخدام الوقود البديل سببها بالغالب مكوناتها الكيمياوية حيث وجود المواد القلوية و الكبريت و الكلور ضمن تركيبها و بنسب عالية تؤدي الى مشاكل تشغيلية في منظومة الفرن مثل حدوث دورات القلويات و الكبريتات او الكلور، رغم كون نسبها قليلة بالمقارنة مع معادن الكلنكر الرئيسية و لكن تأثيرها كبير على الظروف التشغيلية لمنظومة الفرن و بالأخص الكلور التي اذا ما ازدادت نسبتها في الوقود البديل بين(٠,٢ -٠,٥) % قد تؤدي الى انسدادات في المسخن الاولي، يمكن معالجتها بإضافة منظومة الممر الجاني لهذه الغازات على منظومة الفرن ان لم تكن توجد لتقليل من تركيزها ضمن غازات الفرن و التقليل من تأثيراتها.

المعادن الثقيلة مع الوقود البديل يكون تأثيرها على منظومة الفرن معدومة لكون نسبها بصورة عامة ضئيلة وتهمل، ولكن معدن مثل الفلور لها تأثير وأضح على منظومة الفرن حيث يقوم الفلور بزيادة التدفق للطور السائل في درجات حرارة اقل داخل منظومة الفرن وقد تؤدي الى مشاكل مثل الانسداد في ممرات المسخن الاولي.

كما ذكرنا في بداية الفقرة من المشاكل التي تواجهنا هي التوزيع الرديء للحرارة والتشغيل الغير المستقر للمكلسنة فمثلا عند استخدام وقود بديل مصدرها الرئيسي من البترول مثل الفحم البترولي والمخلفات البلاستيكية التي تحتوي على انواع مختلفة منها ذات قيم حرارية مختلفة تولد مقدار حرارة متباينة مما يؤدي الى صعوبة السيطرة على الحرارة داخل منظومة الفرن وتعتمد بالدرجة الاساس على جودة عمليات التحضير والفرز للوقود البديل.

Alternative fuel using benefits

فوائد استخدام الوقود البديل

استخدام المخلفات كوقود بديل في صناعة الاسمنت يقلل الاعتماد على مصادر الطاقة الغير متجددة مثل الوقود الاحفوري وبذلك يتم تقليل غازات البيوت الزجاجية من ثاني اوكسيد الكاربون وتضاف بذلك قيمة للمخلفات لإعادة استخدامها والتقليل من اضرارها المحتملة على البيئة في حال بقائها بصورة نفايات.

في الغالب الحكومات البلدية تقوم بتشجيع تبني استخدام الوقود البديل للتخلص منها وتكون عديمة التكلفة او قليلة بالمقارنة مع الاسعار المتزايدة بصورة عامة للوقود الاحفوري.[٥].

نحتاج حوالي ٠,١٥ كغم فحم حجري لإنتاج كغم واحد من الكلنكر، باستبدالها بالوقود البديل الاقل تكلفة بنسبة ٢٠ % ومن مصادر متجددة سوف تقل تكلفة الكلنكر والاسمنت المنتج.

تقل انبعاثات الغازات الضارة من منظومة الفرن مع استخدام انواع من الوقود البديل فمثلا عند استخدام العظام والفضلات الحيوانية تقل احتمالية انبعاثات غاز ثنائي اوكسيد الكبريت، كذلك الحال عند استخدام الوقود البديل الذي مصدره من الكتلة الحيوية (زراعية) يمكن ان تقل نسبة غازات النتروجين (NOx) المنبعثة من منظومة الفرن.[٢].

بالإضافة الى الفوائد التي تم ذكرها هناك فائدة مهمة اخرى و هي الرماد المتكون من حرق الوقود البديل مثلا عند استخدام قشر الارز كوقد تقل الحاجة الى اضافة الرمل لرفع مقدار السليكا (SiO_2) في المواد الاولية لكون رماد قشر الارز المتكون في الفرن تحتوي على نسبة عالية من السليكا حوالي (٧٨ % - ٩٠ %) و كذلك الحال عند استخدام الاطارات المستعملة كوقود بديل تقل الحاجة على اضافة خام الحديد للمواد الاولية لكون الاسلاك المعدنية للإطارات المستعملة تحوي على الحديد فتعوض بذلك جزءا من خام الحديد المضاف للمواد الاولية.

Alternative fuel using disadvantage

مساوئ استخدام الوقود البديل

الوقود البديل كذلك لها مساوئ ومضار منها زيادة نسبة الكلور في الكلنكر في حال كون الوقود البديل المستخدم تحتوي على

نسبة عالية من الكلور التي تؤدي الى تآكل حديد التسليح في الخرسانة بالإضافة الى المشاكل التشغيلية في الفرن التي تم ذكرها.

المواد القلوية بزيادتها في الاسمنت تؤدي الى التشققات في الخرسانة كذلك الحال مع مركبات الكبريت بزيادتها في الاسمنت تؤدي الى السرعة في (وقت التصلب) (Setting Time) للخرسانة وتؤدي الى فشلها.

ان مقدار قليل من الزنك حوالي (٠,٠١ % - ٠,٢%) والتي تأتي بالغالب مع استخدام الاطارات المستعملة تؤثر سلبا على (وقت التصلب) (Setting Time) للخرسانة وتؤدي الى فشله.

وكذلك من المشاكل التي قد تظهر عند حرق الاطارات في منظومة الفرن وبالأخص عند استخدام الإطارات بصورة مقطعة اتحاد الكاربون من مكونات الإطار مع الكالسيوم من المواد الاولية وتؤدي الى التأثير على جودة الاسمنت لتسريع تأكل حديد التسليح في الخرسانة ولامتصاصها الماء في الخرسانة تقل بذلك كمية الماء المطلوب لتفاعلات الهدرجة للخرسانة وتؤثر بذلك على قوة الخرسانة.[٢].

الفيورانات (Furans) والديوكسينات (Dioxins) غالبا تنتج من حرق الوقود البديل المكونة من البلاستيك والمطاط، رغم نسبة انبعاثاتها القليلة التي قد تصل الى عدة غرامات في السنة الواحدة لكنها مؤذية جدا تسبب السرطان وامراض جلدية متعددة حيث تعلق في جسم الكائنات الحية، وأحسن طريقة لتجنب تكون هذه المركبات الخطرة هي بمنع خروج بقايا المواد العضوية الغير المحترقة من منظومة الفرن باستخدام منظومات كفوء للحرق.[١].

ليست بالضرورة المساوئ التي تم ذكرها ان تحدث فقط مع استخدام الوقود البديل بل تعتمد على طبيعة مكونات المواد الولية والوقود المستخدم في منظومة الفرن ولكن تزداد احتمالية حدوثها مع البدء بحرق الوقود البديل إذا ما كانت تحتوي على هذه العناصر والمركبات التي قد تؤدي الى حدوث مشاكل تشغيلية في الفرن او تؤثر على جودة الاسمنت المنتج.

Feasibility calculations for the use of alternative fuels

حسابات الجدوى الاقتصادية لاستخدام الوقود البديل

* افتراض تكلفة الطن الواحد من الوقود الاحفوري ١٠٠(وحدة عملة) واقل قيمة حرارية ٧٠٠٠ (كيلوكلري \ كيلوغرام وقود احفوري).

* افتراض تكلفة الوقود البديل ٢٥ (وحدة عملة) واقل قيمة حرارية ٦٠٠٠ (كيلو كلري \ كيلوغرام وقود بديل).

* افتراض مقدار الحرارة الازمة لإنتاج كيلوغرام واحد من الكلنكر ٧٠٠ (كيلوكلري).

* افتراض مقدار الاستبدال الى الوقود البديل ٢٠ %.

* افتراض:-
١ طن وقود احفوري = ١٠٠ (وحدة عملة)
١ كيلوغرام وقود احفوري = ٠,١ (وحدة عملة)
١ طن وقود بديل = ٢٥ (وحدة عملة)
١ كيلوغرام وقود بديل = ٠,٠٢٥ (وحدة عملة)

تم احتساب تكلفة الوقود البديل بربع تكلفة الوقود الاحفوري.

* مقدار الاستهلاك من الوقود الاحفوري لإنتاج كيلوغرام واحد من الكلنكر = ٧٠٠

(كيلوكلري\كيلوغرام كلنكر) \ ٧٠٠٠ (كيلوكلري \ كيلوغرام وقود احفوري) = ٠,١ (كيلوغرام وقود احفوري \ كيلوغرام كلنكر).

* تكلفة الطن الواحد من الكلنكر (للوقود فقط) باستخدام الوقود الاحفوري = ٠,١ (طن وقود احفوري \ طن كلنكر) * ٠,١ (وحدة عملة \ كيلوغرام وقود احفوري) * ١٠٠٠(كيلو غرام \ طن) = ١٠ (وحدة عملة تكلفة الوقود الاحفوري \طن كلنكر).

* مقدار الاستهلاك من الوقود البديل لإنتاج كيلوغرام واحد من الكلنكر= ٧٠٠ (كيلوكلري\كيلوغرام كلنكر) \ ٦٠٠٠ (كيلوكلري \ كيلوغرام وقود بديل) = ٠,١١٦ (كيلوغرام وقود بديل \ كيلوغرام كلنكر).

* تكلفة الطن الواحد من الكلنكر (للوقود فقط) باستخدام الوقود البديل = ٠,١١٦(طن وقود بديل \ طن كلنكر)*٠,٠٢٥(وحدة عملة \ كيلوغرام وقود بديل) *١٠٠٠ (كيلو غرام \ طن) =٢,٩ (وحدة عملة).

(٢٠ % وقود احفوري \ ٠,١) =(؟ % وقود بديل \ ٠,١١٦).

النسبة المئوية للوقود البديل التي تعادل ٢٠ من الوقود الاحفوري = (٠,٢*٠,١١٦ \ ٠,١) = ٠,٢٣٢ = ٢٣,٢ % (وقود بديل).

ذلك يعني زيادة بنسبة= ((٢٠-٢٣,٢)) \٢٠) *١٠٠= ١٦ % على الوقود الاحفوري المستخدم بحالة استبدالها بالوقود البديل لكون القيمة الحرارية للوقود البديل المفترض اقل من القيمة الحرارية للوقود الاحفوري.

* تكلفة الطن الواحد عند استخدام الوقود البديل بنسبة ٢٠ % بافتراض ١ طن كلنكر = (٨٠ % تكلفة الوقود الاحفوري) + (٢٠ % تكلفة الوقود البديل) + (٢٠ % * ١٦ % * فرق تكلفة الوقود البديل)
= ٠,٨ * ١٠ + (٠,٢ * ٢,٩) + (٠,٢ * ٢,٩ * ٠,١٦)
= ٨ + ٠,٥٨ + ٠,٠٩٢٨ = ٨,٦٧ (وحدة عملة) لكل طن منتج من الكلنكر

حيث نلاحظ انخفاض تكلفة الطن الواحد المنتج من الكلنكر (بالنسبة لتكلفة الوقود) من ١٠ (وحدة عملة) الى ٨,٦٧(وحدة عملة) وذلك يعني انخفاض بالتكلفة (بالنسبة لتكلفة الوقود) بنسبة ١٣,٣ % وتساوي١,٤ (وحدة عملة).

* افتراض ١ وحدة عملة = ١ دولار امريكي
* افتراض معمل اسمنت بطاقة انتاجية ٥٠٠٠(طن كلنكر\ اليوم)
* افتراض عدد ايام الانتاج للفرن في السنة الواحدة ٣٣٠ يوم

تكون بذلك مقدار الربح من فرق تكلفة انتاج الطن الواحد من الكلنكر لسنة كاملة باستخدام الوقود البديل
= ٥٠٠٠ * ١,٤ *٣٣٠ = ٢,٣١٠,٠٠٠ دولار امريكي في السنة التشغيلية الواحدة

* عدد الاطنان من الوقود البديل بنسبة استبدال ٢٠ % التي نحتاجها في سنة تشغيله واحدة للفرن وحسب الفرضيات المعينة = ٥٠٠٠ (طن كلنكر\يوم) *٣٣٠ (يوم\سنة) *٢٠% *٠,١١٦ (طن وقود بديل\طن كلنكر) = ٣٨٢٨٠ (طن وقود بديل\سنة)

بطريقة أخرى:-
= (طن كلنكر\يوم) *٣٣٠ (يوم\سنة) *٢٠% *٠,١ (طن وقود احفوري\طن كلنكر)
= ٣٣٠٠٠ (طن وقود احفوري\طن كلنكر) معلوم نسبة الزيادة عند استخدام الوقود البديل المفترض ١٦ %
تكون بذلك عدد الاطنان من الوقود البديل = (٣٣٠٠٠*٠,١٦) +٣٣٠٠٠= ٣٨٢٨٠ (طن وقود بديل\سنة)

ملاحظات: -

* تزداد مقدار الارباح كلما ازدادت فرق السعر بين الوقود الاحفوري والوقود البديل من الاسعار المفترضة في الحسابات.
* تقل مقدار استهلاك الوقود البديل وبالتالي تقل التكلفة كلما ازدادت القيمة الحرارية للوقود البديل وذلك لاستخدام كميات اقل منها.
* لم يتم احتساب مقدار مساهمة الرماد الناتج من حرق الوقود البديل وتأثيرها على تكلفة الكلنكر المنتج.
* لم يتم احتساب تكلفة معدات العمليات التي تتم اضافتها لمعمل الاسمنت لتمكنها من استخدام الوقود البديل التي يمكن استرداد قيمتها بالغالب خلال (٦ أشهر الى ١٨ شهر) مع البدء باستخدام الوقود البديل.
* لم يتم احتساب مصاريف التشغيل والصيانة المرادفة لاستخدام الوقود البديل والتي تعتمد على المعدات المستخدمة ومدى تعقيدها.

التخطيط الجيد قبل استخدام الوقود البديل مع توفر البنى التحتية الازمة ضروريتان للاستفادة بصورة كاملة من عملية حرق الوقود البديل التي يمكن الحصول عليها من مصادر متجددة بالغالب بدلا من الوقود الاحفوري غير المتجددة والتي يتم استخدامها بصورة واسعة في صناعة الاسمنت.

Conclusions

الاستنتاجات

استخدام الوقود البديل في صناعة الاسمنت لها صدى كبير حول العالم ليس فقط في البلدان المتقدمة صناعيا بل في كثير من البلدان النامية للفوائد الاقتصادية و البيئية، و تتم تطوير المعدات المناسبة لحرقها لزيادة مقدار الاستفادة و تقليل اضرارها على البيئية و تزداد المنافسة في تبني استخدام الوقود البديل لكونها بالغالب عبارة عن نفايات مهملة سوآءا زراعية، صناعية، مخلفات بشرية بدون او قليلة التكلفة بتحويلها الى مواد ذات قيمة عالية لتقلل من تكلفة الاسمنت المنتج و في نفس الوقت تكون لها دور فعال في المحافظة على البيئة لتخليصها من مضار النفايات في حال بقائها دون معالجة.

المراجع (References)

١- كتاب انتاج الاسمنت بالطريقة الجافة (على بلاوالي).

٢- Alternative Fuel in Cement Manufacturing (Moses P.M. Chinyama).

٣- Use of alternative fuels in cement industry (Constantinos S. Psomopoulos & Nickolas J. Themelis).

٤- Designing Green Cement Plant (S.P. Deolalkar).

٥- Use of Alternative Fuels in Cement Manufacture: Analysis of Fuel Characteristics and

Feasibility for Use in the Chinese Cement Sector. (ERNEST ORLANDO LAWRENCE BERKELEY NATIONAL LABORATORY).

٦- alternative energy source in cement manufacturing A Review of the Systematic Body of Knowle.